



Veracruz 2019

ISSN: 2594-147X

# Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático





Veracruz 2019

## **Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Este libro digital se elaboró en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, en Medellín, Veracruz, en noviembre de 2019. C. P. 94277. Teléfonos: (229) 262 22 03, 04, 05. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 3, No. 1, noviembre 2019, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. (55) 3871-8700, [www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx). Editor responsable: M.C.

Sergio Alberto Curti Díaz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-020610452000-203, ISSN: 2594-147X on line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Julio César Vinay Vadillo, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio. Medellín de Bravo, Ver. CP. 94277, Teléfonos: 229 262 22 03 al 05 y 01800 088 22 22, ext. 87809

<http://rctveracruz.org/doc/AvancesInvestigacionRC2019.pdf>

La cita correcta es:

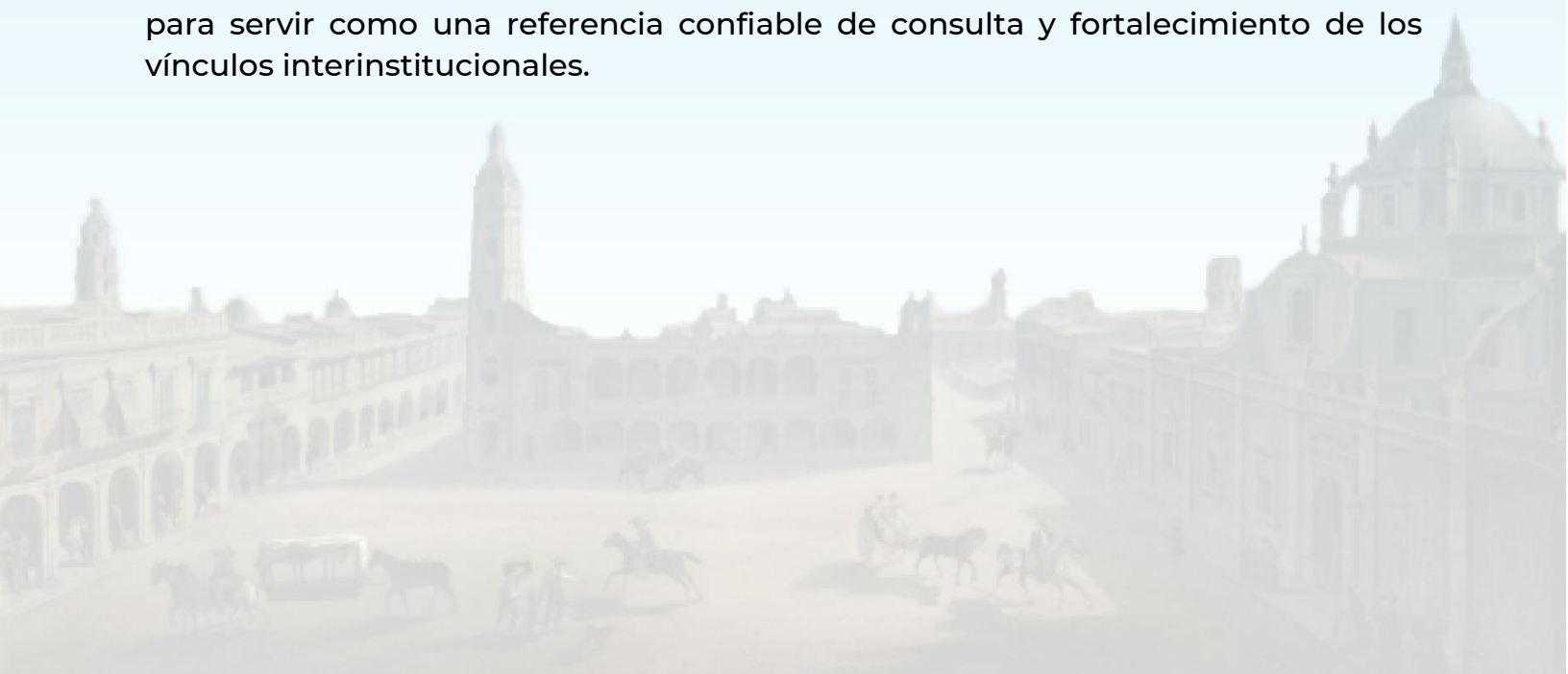
Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. Del Angel P. y C. Perdomo M. (comps.). 2019. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver., México. Año 3, Núm. 1, 2488 p.





# Prólogo

La trigésima segunda Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Veracruz 2019, es organizada con la participación de instituciones y organismos del gobierno federal y estatal, lo cual permitió invitar a través de la convocatoria a más de 280 instituciones de investigación y enseñanza de áreas afines en un entorno estatal, nacional e internacional y se logró la participación de más de 40 instituciones con 225 trabajos, consolidándose como la reunión científica más importante del sur-sureste de México. Con los trabajos aceptados en esta reunión se elaboró el presente libro científico titulado: “Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático” con número de registro ISSN:2594-147X, que incluye 212 trabajos in extenso, seleccionados a través de un proceso riguroso de revisión técnica y presentados en 11 áreas temáticas (Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático, Agroecosistemas y Cítricos). El propósito de la reunión científica es difundir los resultados de investigación, validación y transferencia de tecnología, que se generan en las instituciones de investigación y enseñanza superior, en beneficio de los usuarios de las áreas y sectores antes mencionados. Para la revisión técnica y edición de esta publicación, se requirió del esfuerzo de 222 investigadores, de diversas instituciones de investigación y enseñanza, así como de personal de apoyo técnico y administrativo del INIFAP. Esta publicación se pone a disposición de investigadores, académicos, profesionistas y técnicos, para servir como una referencia confiable de consulta y fortalecimiento de los vínculos interinstitucionales.





## Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático

### Agrícola

CONTROL DE <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid y White) Chitwood POR <i>Trichoderma</i> EN Capsicum chinense Jacq.	Elizabeth Herrera Parra, Jairo Cristóbal Alejo, María Manuela Reyes Estébanez y José María Tun Suárez	2
PROGRAMACION DE RIEGOS OFF-LINE, MEDIANTE UN MODELO DE TRANSPIRACIÓN PARA CULTIVOS EN INVERNADERO	Antonio Martínez Ruiz, Julio Torres Sandoval, Rocío Cervantes Osornio y Cándido Mendoza Pérez	11
BIOFERTILIZANTES DE HONGO MICORRÍZICO Y <i>Trichoderma harzianum</i> EN EL DESARROLLO DE <i>Aloe vera</i> A NIVEL DE VIVERO	Oscar David Méndez Brindís, Hortensia Brito Vega, José Manuel Salaya Domínguez, Rosa María Salinas Hernández, Edmundo Gómez Méndez y Nicolás de Jesús Cruz López	23
DESEMPEÑO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR ( <i>Saccharum</i> spp.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN COLIMA	Jeovani Francisco Cervantes-Preciado, Marcelino Álvarez Silva y Gabriela Orozco Gutiérrez	36
CARACTERÍSTICAS ELOTERAS DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ	Bulmaro Coutiño Estrada	43
PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DE FRIJOL COMO MONOCULTIVO Y ASOCIADO CON LIMÓN PERSA	José Raúl Rodríguez Rodríguez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Ernesto López Salinas y Francisco Javier Ibarra Pérez	49
USO DE AGENTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN GUANAJUATO	Luis Antonio Mariscal Amaro, Ernesto Solís Moya, Héctor Eduardo Villaseñor Mir, Aquilino Ramírez Ramírez y Blanca Moreno Gómez	59
EVALUACIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA EN YUCA ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) EN EL CENTRO DE VERACRUZ	Arturo Durán Prado, Rutilo López López†, Andrés Vásquez Hernández e Isaac Meneses Márquez	70
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUSANO CORNUDO DEL TABACO, <i>Manduca sexta sexta</i> (Linnaeus, 1763), EN MÉXICO	Eder Zaragoza Villela, Martín Roberto Gámez Pastrana y Fernando Hernández Baz	84
EFECTO DE LA ROTACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE CULTIVOS (maíz, frijol, haba, avena, chícharo) Y LOS NIVELES DE LA FERTILIDAD DEL SUELO	Alejandro Otlica Rosario, Rodolfo Francisco Sánchez Román y Juan Contreras Ramos	103
FECHAS DE SIEMBRA DE REMOLACHA AZUCARERA EN GUANAJUATO	Miguel Hernández Martínez	115





# Índice

<b>EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE CEBADA MALTERA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA EN GUANAJUATO</b>	<i>Salomón Solano Hernández y Miguel Hernández Martínez</i>	<b>124</b>
<b>FAUNA EDÁFICA EN CAÑA DE AZÚCAR Y LIMÓN PERSA COMO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<i>Imelda Guadalupe Martínez Ignacio, Héctor Cabrera Mireles, Félix D. Murillo Cuevas, Jacel Adame García y Jazmín Villegas Narváez</i>	<b>130</b>
<b>FAUNA EDÁFICA EN UN SISTEMA DE PASTO, SILVOPASTORIL Y ACAHUAL EN ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ</b>	<i>Nidia Neyra Olavarria Sosa, Félix D. Murillo Cuevas, Jacel Adame García, Héctor Cabrera Mireles y Adriana Elena Rivera Meza</i>	<b>143</b>
<b>FAUNA EDÁFICA EN UN SISTEMA MONOCULTIVO Y DIVERSIFICADO DE LIMÓN PERSA EN ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ</b>	<i>Ángeles Daniela Anell Santamaría, Jacel Adame García, Félix D. Murillo Cuevas, Héctor Cabrera Mireles y Sara Márquez Bueno</i>	<b>156</b>
<b>CONTENIDO DE ACEITE Y MORFOMETRIA DE FRUTOS DE PIMIENTA GORDA (<i>Pimenta dioica</i> (L.) MERR.)</b>	<i>José Amador Honorato Salazar, José de Jesús Mario Ramírez González y Jesús Santacruz Pérez</i>	<b>167</b>
<b>TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA SIEMBRA DE TRIGO EN TEMPORAL, EN GUANAJUATO</b>	<i>Aquilino Ramírez Ramírez, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Alfaro y Lourdes Ledezma Ramírez</i>	<b>182</b>
<b>PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) EN INVERNADERO CON EL EMPLEO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS</b>	<i>Arturo Durán Prado, Andrés Vásquez Hernández, Isaac Meneses Márquez, Rigoberto Zetina Lezama, Gerardo Armando Aguado Santacruz y Blanca Moreno Gómez</i>	<b>188</b>
<b>HERBICIDAS CONVENCIONALES Y ORGÁNICOS PARA CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE PIÑA</b>	<i>Laureano Rebolledo-Martínez, Andrés Rebolledo-Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, María Enriqueta López Vázquez, Nain Peralta Antonio, Rosa Laura Rebolledo García y Daniel Emigdio Uriza Ávila</i>	<b>201</b>
<b>ESTANDARIZACIÓN DE MEDICIÓN CERCANA DE REFLECTANCIA EN HOJAS DE <i>Carica papaya</i> L. INFECTADAS CON PRSV-p</b>	<i>Alejandro del Jesús Trejo Pérez, Juan Antonio Villanueva Jiménez, José López Collado, Mónica de la Cruz Vargas Mendoza y Luis René Sagredo Hernández</i>	<b>211</b>
<b>OBTENCIÓN DE BIOGÁS A NIVEL LABORATORIO A PARTIR DE DESECHOS DEL GRANO DE CAFÉ ARÁBIGA Y ROBUSTA</b>	<i>Julio Hernández Fernández, Noemí Nava Valente y Alejandra Ramírez Martínez</i>	<b>224</b>
<b>PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA CONTROL DEL ÁCARO ROJO <i>Dolichotetranychus floridanus</i> Banks EN EL CULTIVO DE PIÑA</b>	<i>Gerardo Montiel Vicencio, Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, María Enriqueta López Vázquez, Rosa Laura Rebolledo García, Nain Peralta Antonio y Daniel Emigdio Uriza Ávila</i>	<b>240</b>
<b>CONTROL QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE <i>Epicaerus operculatus</i> Say (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DEL AJO</b>	<i>Gerardo Montiel Vicencio, Néstor Bautista Martínez y Carlos Patricio Illescas Riquelme</i>	<b>250</b>



<b>IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE FRIJOL NEGRO RESISTENTES A LA SEQUÍA TERMINAL</b>	<i>Francisco Javier Ibarra Pérez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Rigoberto Zetina Lezama, Ernesto López Salinas y José Raúl Rodríguez Rodríguez</i>	<b>261</b>
<b>INDUCCIÓN A FLORACIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS EN CIRUELA MEXICANA (<i>Spondias purpurea</i> L.) EN GUERRERO, MÉXICO</b>	<i>Juan Pereyda Hernández, Saúl Arismendi Urrutia, José Manuel Castro Salas, Alejandro Sotelo Aguilar y Víctor Manuel Domínguez Márquez</i>	<b>274</b>
<b>EFFECTO DEL CONTROL DE HIERBAS, GUSANO ELOTERO Y COGOLLERO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ</b>	<i>Cristopher Said Vázquez Helguera, José Manuel Castro Salas, Cesario Catalán Heverastico, Juan Pereyda Hernández, Edgar Jesús Delgado Núñez y Alejandro Sotelo Aguilar</i>	<b>288</b>
<b>INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES DEL FOLLAJE EN CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) EN ILIATENCO, GUERRERO, MÉXICO</b>	<i>Juan Pereyda Hernández, Fernando Ramírez Mayo, Cutberto Pacheco Flores, Marisa Silva Aparicio y Rocío Santos Mendoza</i>	<b>301</b>
<b>CARACTERIZACIÓN PARCIAL DEL GUANO DE MURCIÉLAGO Y SU APROVECHAMIENTO COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA</b>	<i>Franklin Arturo Rodríguez Contreras, Teresa Aguas Rendón, Marycruz Abato Zárate, Noel Reyes Pérez y Nancy Domínguez González</i>	<b>310</b>
<b>USO COMBINADO DE MICRORGANISMOS BENÉFICOS Y MATERIA ORGÁNICA COMO ALTERNATIVAS A LA NUTRICIÓN EDÁFICA EN PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L)</b>	<i>Alfredo Lino Brito, Maribel Apolinar Aguilar, Daniel Gómez Monrroy, Nancy Gómez Flores y José Alberto García Hernández</i>	<b>318</b>
<b>COLECTA DE MATERIAL VEGETAL DE FRIJOL INFECTADO CON ROYA Y ANTRACNOSIS EN VERACRUZ Y CHIAPAS</b>	<i>Valentín A. Esqueda Esquivel, Oscar Hugo Tosquy Valle, Eduardo Raymundo Garrido Ramírez, José Raúl Rodríguez Rodríguez y Francisco Javier Ibarra Pérez</i>	<b>335</b>
<b>PRODUCCIÓN DE PIÑA EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN, CUBIERTA PLÁSTICA Y FERTILIZACIÓN</b>	<i>Nain Peralta Antonio, Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, María Enriqueta López Vázquez, Rosa Laura Rebolledo García, Rigoberto Zetina Lezama, Carlos A. Tinoco Alfaro, Daniel Uriza Ávila, Cynthia Cervantes Martínez y Yokebeth Atlamaic Toxtle</i>	<b>343</b>
<b>EFFECTO DEL PORTAINJERTO EN LA PRODUCCIÓN Y CAÍDA DE FRUTOS DE MANGO “MANILA”</b>	<i>Nain Peralta Antonio, Andrés Rebolledo Martínez, Yokebeth Atlamaic Toxtle, Cynthia Cervantes Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, Rosa Laura Rebolledo García y María Enriqueta López Vázquez</i>	<b>357</b>
<b>FUNGICIDAS ORGÁNICOS COMO ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN DE COGOLLO Y RAÍZ EN PIÑA MD-2</b>	<i>María Enriqueta López Vázquez, Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, Nain Peralta Antonio, Luis Pérez Aguilar, Daniel Emigdio Uriza Ávila, Rosa Laura Rebolledo García, Carlos Alberto Tinoco Alfaro y Rigoberto Zetina Lezama</i>	<b>366</b>
<b>PIMIENTA GORDA <i>Pimenta dioica</i> EN CAFETALES DEL NORORIENTE DE PUEBLA Y CENTRO-NORTE DE VERACRUZ</b>	<i>Rosalío López Morgado, Rafael Alberto Guajardo Panes y Luis Eduardo García Mayoral</i>	<b>378</b>





# Índice

<b>VARIEDADES SINTÉTICAS DE MAÍZ CONVENCIONALES Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA EN EL ÁREA TROPICAL DEL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Mauro Sierra Macías, Clara Ríos Isidro, Flavio A. Rodríguez Montalvo, Marcos Ventura Vázquez Hernández, Oscar Hugo Tosquy Valle y Pablo Andrés Meza</i>	<b>394</b>
<b>COMPORTAMIENTO PRECOSECHA DE GENOTIPOS DE PAPAYA DURANTE LA PRIMAVERA EN EL CENTRO DE VERACRUZ</b>	<i>Rebeca Rodríguez Falconi y Jorge Gustavo Rodríguez Escobar</i>	<b>403</b>
<b>PARÁMETROS DE CALIDAD PARA PELLETS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS</b>	<i>Patricia Aguilar Sánchez, Casimiro Ordóñez Prado, Noel Carrillo Ávila y Manuel Alejandro Méndez Vázquez</i>	<b>417</b>
<b>EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SITIO-ESPECÍFICO SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE AGUACATE "MÉNDEZ"</b>	<i>Juan Antonio Herrera González, Samuel Salazar García, Arturo Álvarez Bravo y Martha Elva Ibarra Estrada</i>	<b>425</b>
<b>COMPORTAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL CENTRO DE VERACRUZ</b>	<i>Rogelio Miranda Marini, Jeovani Francisco Cervantes Preciado, Maurilio Mendoza Mexicano y Carmen Aridai Hernández Estrada</i>	<b>436</b>
<b>PRODUCCION SUSTENTABLE DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i>) Mill, EN INVERNADERO TROPICAL MEDIANTE FERTILIZACIÓN RACIONAL Y BIOFERTILIZANTES</b>	<i>Andrés Vásquez Hernández, Héctor Cabrera Mireles, Arturo Durán Prado, Isaac Meneses Márquez y Arturo Andrés Gómez</i>	<b>447</b>
<b>RENDIMIENTO DE FRUTO Y SEMILLA DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS MATERNOS DE CALABAZA PIPIANA</b>	<i>Isaac Meneses Márquez, Arturo Andrés Gómez, Andrés Vásquez Hernández, Héctor Cabrera Mireles y Antonio Villalobos González</i>	<b>460</b>
<b>SINCRONIZACIÓN DE LA FLORACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-567</b>	<i>Marcos V. Vázquez Hernández, Flavio Rodríguez Montalvo y Mauro Sierra Macías</i>	<b>472</b>
<b>MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO</b>	<i>Sierra Macías Mauro, Rodríguez Montalvo Flavio, Gómez Montiel Noel, Espinosa Calderón Alejandro, Ugalde Acosta Francisco Javier y Andrés Meza Pablo</i>	<b>482</b>
<b>APLICACIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ EN TRES LOCALIDADES DEL TRÓPICO HÚMEDO</b>	<i>Ángel Capetillo Burela, Catalino Jorge López Collado, Rigoberto Zetina Lezama, Sergio Uribe Gómez, Cristian Matilde Hernández e Isaac Meneses Márquez</i>	<b>500</b>
<b>EFFECTO DE TRES ANTIBIÓTICOS ADMINISTRADOS A <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc. PARA ELIMINAR A <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i></b>	<i>Pablo Ulises Hernández Lara, Ernesto Cerna Chávez, Yisa María Ochoa Fuentes, Agustín Hernández Juárez, Juan Carlos Delgado Ortiz y Yolanda Rodríguez Pagaza</i>	<b>514</b>
<b>OCURRENCIA DE AISLAMIENTOS SEVEROS DEL Citrus tristeza VIRUS EN ÁRBOLES DE NARANJA DULCE EN VERACRUZ</b>	<i>Eric Eugenio López Vera, Santiago Domínguez Monge, Ricardo Santillán Mendoza, Cynthia Rodríguez Quibrera y Narciso Martínez Rivera</i>	<b>529</b>
<b>PRESENCIA DE MOSCAS DROSOPHILIDAE (DIPTERA: EPHYDROIDEA) ASOCIADAS A HIGO EN MORELOS</b>	<i>Víctor López Martínez, Santiago Domínguez Monge, Arturo Martínez Mirafuente y Dagoberto Guillen Sánchez</i>	<b>535</b>



<b>RENTABILIDAD Y EFICIENCIA EN EL USO DE LA TIERRA DEL FRIJOL ASOCIADO Y EN MONOCULTIVO</b>	<i>José Raúl Rodríguez Rodríguez, Oscar Hugo Tosquy Valle y Ernesto López Salinas</i>	<b>541</b>
<b>CAMBIOS EN LA SEVERIDAD DE LA INFECCIÓN DE ROYA EN PLANTA INJERTADA DE CAFÉ ARABICA</b>	<i>Edgar Couttolenc Brenis, Martín Mata Rosas, Alfonso Méndez Bravo, Luc Villain y Gloria Carrión</i>	<b>549</b>
<b>AVANCE GENETICO DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO GENERADAS PARA EL BAJÍO</b>	<i>María Rebeca Rendón Reyes, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Brenda Karina Mendoza Gamez, Aquilino Ramírez Ramírez y Lourdes Ledesma Ramírez</i>	<b>558</b>
<b>AVANCE GENÉTICO EN ROYA LINEAL AMARILLA EN OCHO VARIEDADES DE TRIGO</b>	<i>Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Lourdes Ledesma Ramírez, María Rebeca Rendón Reyes y Brenda Karina Mendoza Cámez</i>	<b>574</b>
<b>CONTENIDO LIGNOCELULÓSICO EN PAJA DE CINCO VARIEDADES DE TRIGO (<i>Triticum</i> spp. L.) EN AMBIENTES DIFERENTES</b>	<i>Miguel Ángel Gamucero Zárate, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Lourdes Ledesma Ramírez, Mariano Díaz Ruiz99 y Manuel Jerónimo Arriaga</i>	<b>581</b>
<b>INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE DE TRIGO EN LA REGION BAJÍO</b>	<i>Mariano Díaz Ruiz, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Lourdes Ledesma Ramírez, María Rebeca Rendón Reyes y Miguel Ángel Gamucero Zárate</i>	<b>588</b>
<b>RENDIMIENTO DE TRIGO EN TRES CALENDARIOS DE RIEGO</b>	<i>Brenda Karina Mendoza Cámez, Ernesto Solís Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Aquilino Ramírez Ramirez, Mariano Díaz Ruiz y Manuel Jerónimo Arriaga</i>	<b>598</b>
<b>RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN 32 GENOTIPOS DE TRIGO EVALUADOS EN TRES LOCALIDADES</b>	<i>Manuel Jeronimo Arriaga, Ernesto Solís-Moya, Luis Antonio Mariscal Amaro, Lourdes Ledesma Ramírez, María del Pilar Suaste Franco y Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño</i>	<b>605</b>
<b>VALIDACIÓN DE VARIEDADES DE TRIGO LIBERADAS EN 2016 PARA EL BAJÍO</b>	<i>Ernesto Solís Moya, Lourdes Ledesma Ramírez, Luis Antonio Mariscal Amaro, María del Pilar Suaste Franco, Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño y Miguel Ángel Gamucero Zárate</i>	<b>614</b>
<b>USO DE ACOLCHADOS Y COMPOSTA DE BOVINO EN EL CULTIVO DE JÍCAMA (<i>Pachyrhizus erosus</i> [L.] Urb.) EN LA ZONA CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Guadalupe Contreras Martínez, Ramón Zulueta Rodríguez, Isabel Alemán Chávez, Doris Guadalupe Castillo Rocha, Fernando Hernández Baz y Liliana Lara Capistrán</i>	<b>630</b>
<b>EFFECTO DEL USO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL, LOMBRICOMPOSTA Y ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EJOTERO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Strike EN CAMPO</b>	<i>Zaraida Guarneros Rentería, Jacqueline Oyani Santiago Luis, Ramón Zulueta Rodríguez, Isabel Alemán Chávez, Teresita de Jesús May Mora y Liliana Lara Capistrán</i>	<b>645</b>





## Pecuaria

<b>ANÁLISIS REPRODUCTIVO DE VACAS CRUZADAS SUIZO PARDO X CEBÚ Y SIMMENTAL X CEBÚ EN CONDICIONES TROPICALES</b>	<i>Ángel Ríos Utrera, Eugenio Villagómez Amezcua Manjarrez, Juan Prisciliano Zárate Martínez, René Carlos Calderón Robles y Vicente Eliezer Vega Murillo</i>	<b>659</b>
<b>DAÑOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS EN UN REBAÑO OVINO DE YUCATÁN POR ATAQUES DE PERROS</b>	<i>María de la Luz Murguía Olmedo y Octavio Rojas Rodríguez</i>	<b>675</b>
<b>FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN LACTEA EN BOVINOS. I. NÚMERO DE LACTACIÓN Y EDAD</b>	<i>Octavio Rojas Rodríguez, Justo Tepal Chale y María de la Luz Murguía Olmedo</i>	<b>687</b>
<b>ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN EL PESO AL DESTETE EN UN REBAÑO OVINO EN YUCATÁN</b>	<i>Octavio Rojas Rodríguez, María de la Luz Murguía Olmedo, Alejandro Josué Borges Uc y Benjamín Ortiz de la Rosa</i>	<b>696</b>
<b>ETNOVETERINARIA EN EL TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES EN LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN EL ESTADO DE CAMPECHE</b>	<i>José Fernando de la Cruz García, Jaime Bautista Ortega y Ángel Juárez Zárate</i>	<b>705</b>
<b>DEMANDA DE MACRONUTRIENTES DEL PASTO TAIWÁN EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO Y FRECUENCIAS DE CORTE</b>	<i>Gloria Esperanza De Dios León, Armando Guerrero Peña, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar, Catalino Jorge López Collado, Eusebio Ortega Jiménez y Alejandro Alonso López</i>	<b>716</b>
<b>PREVALENCIA A RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN HATO LECHERO DEL SUBTRÓPICO HÚMEDO Y RESPUESTA INMUNE POSVACUNACIÓN</b>	<i>Rebeca Tejeda Castro, Jorge Víctor Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas, Sara Olazarán Jenkins y David Itzcóatl Martínez Herrera</i>	<b>726</b>
<b>PREVALENCIA DE RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN TOROS Y LA ELIMINACIÓN DEL VIRUS EN EL SEMEN</b>	<i>José Alexis Cruz Díaz, Jorge Víctor Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas, Sara Olazarán Jenkins y Raymundo Ávila Benitez</i>	<b>741</b>
<b>RESPUESTA PRODUCTIVA DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS FORRAJERAS EN TRES ÉPOCAS DEL AÑO EN YUCATÁN</b>	<i>Javier E. Castillo Huchim, María A. López Herrera, Rosendo A. Alcaraz Romero, Gonzalo J. Coronado Martín y Alejandro Durán Celmo</i>	<b>753</b>
<b>EFFECTO DE ÉPOCA DE NACIMIENTO Y SEXO EN BECERROS BEEFMASTER DEL SUR DE VERACRUZ</b>	<i>Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa, Pablo Tadeo Cruz y Nayib Bechara Acar Martínez</i>	<b>761</b>
<b>EVALUACIÓN DE RACIONES CON DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA PARA PRODUCIR LECHE CON VACAS DOBLE PROPÓSITO</b>	<i>Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa, Ana Karen García Cortez, Tadeo Cruz Pablo y Acar Martínez Nayib Bechara</i>	<b>770</b>
<b>PREVALENCIA A DIARREA VIRAL BOVINA EN GANADO LECHERO DEL SUBTRÓPICO HÚMEDO Y RESPUESTA INMUNE POSVACUNACIÓN</b>	<i>Daniel Guzmán Clara, Jorge Víctor Rosete Fernández, Guadalupe A. Socci Escatell, Ángel Ríos Utrera, Abraham Fragoso Islas, Sara Olazarán Jenkins y Anabel Romero Cruz</i>	<b>777</b>



<b>CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE TRES LEGUMINOSAS EN SUELO LITOSOL EN YUCATÁN, MÉXICO</b>	<i>María Aurelia López Herrera, Javier Enrique Castillo Huchim y Rosendo Alberto Alcaraz Romero</i>	<b>788</b>
<b>TENDENCIAS PRODUCTIVAS DURANTE UNA DÉCADA EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DEL RANCHO EL PARAÍSO QUE ADOPTA LA TECNOLOGÍA GENERADA EN EL MÓDULO DE DOBLE PROPÓSITO “LA DOÑA” DEL INIFAP</b>	<i>René Carlos Calderón Robles, René Calderón Chagoya, Ángel Ríos Utrera, Vicente Eliezer Vega Murillo y Juvencio Lagunes Lagunes</i>	<b>794</b>
<b>EFFECTO DEL CONSUMO DE MS, DESDE 21 DÍAS ANTES DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO Y GANANCIA DE PESO DE LAS CRÍAS DE VACAS EN EL TRÓPICO</b>	<i>Juan Prisciliano Zárate Martínez, Ángel Ríos Utrera, Maribel Montero Lagunes, Jaime Rangel Quintos, Abraham Fragoso Islas</i>	<b>805</b>
<b>DEGRADABILIDAD RUMINAL DEL FOLLAJE DE <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray EN NOVILLAS CRUZADAS</b>	<i>Edwin Feliciano Osorio May, Agustín Manrique Martín, Armín Abelardo Luna Mendicuti, Nery María Ruz Febles, María José Campos Navarrete, Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo, Luis Enrique Castillo Sánchez y Jorge Rodolfo Canul Solís</i>	<b>815</b>
<b>VALOR NUTRITIVO DE DIETAS A BASE DE FORRAJE Y CONCENTRADO PARA CORDEROS</b>	<i>Javier Enrique Castillo Huchim, Javier G. Cantón Castillo, María Aurelia López Herrera, Rosendo Alberto Alcaraz Romero y Lenny Malu Dzul Tepal</i>	<b>822</b>
<b>CONCEPCIÓN EN BOVINOS CÁRNICOS CON INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN EL TRÓPICO MEXICANO</b>	<i>José Antonio Fernández Figueroa, José Orlando Ramírez Valencia, Maximino Zito Romero Figueroa, Carlos Lamothe Zavaleta y Ronnie de Jesús Arrieta Román</i>	<b>831</b>
<b>EFFECTO DEL ORÉGANO (<i>Lippia palmeri</i> Wats) EN DIETAS ASINCRÓNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA</b>	<i>Emanuel Junco Carlón, Humberto González Rodríguez, Israel Cantú Silva, Andrés Eduardo Estrada Castrillon, Mauricio Cotera Correa, José Ángel Armenta Quintana y Rafael Ramírez Orduña</i>	<b>836</b>
<b>RENDIMIENTO DE UROCHLOA'S HÍBRIDOS CON RIEGO Y UREA DURANTE LA ÉPOCA DE SEQUÍA</b>	<i>Erika Andrea Hernández, Javier Francisco Enríquez Quiróz, Maribel Montero Lagunes, Francisco Indalecio Juárez Lagunes y Juan Manuel Pinos Rodríguez</i>	<b>845</b>
<b>DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE BRACHIARIAS A TRES PERIODOS DE CORTE EN OTOÑO DURANTE DOS AÑOS EN TUXPAN, GUERRERO, MÉXICO</b>	<i>José Manuel Castro Salas, Claudia Carreón Corral, Cesario Catalán Heverastico, Raúl Valdez Delgado, Juan Pereyda Hernández y Alejandro Sotelo Aguilar</i>	<b>856</b>
<b>DESARROLLO IN VITRO DE EMBRIONES BOVINOS FERTILIZADOS IN VITRO BIPARTIDOS POSCALENTAMIENTO</b>	<i>Gustavo Contreras Hernández, Felipe Montiel Palacios, Luis A. García Bravo, Rodolfo Canseco Sedano, Oscar E. Zárate Guevara, Concepción del C. Ahuja Aguirre, y Bertha C. Hernández Cruz</i>	<b>868</b>





# Índice

<b>CRECIMIENTO DE BECERROS HOLSTEIN O SUIZO PARDO X CEBÚ DE HATO EXPERIMENTAL EN DOBLE PROPÓSITO</b>	<i>Benjamín Alfredo Piña Cárdenas, Ángel Ríos Utrera, Juan Prisciliano Zárate Martínez, Martha Eugenia Valdovinos Terán, Vicente Eliezer Vega Murillo, Francisco Tobías Barradas Piña, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Maribel Montero Lagunes y Jaime Rangel Quintos</i>	<b>881</b>
<b>ANÁLISIS DE EMPRESAS FORRAJERAS PROVEEDORAS DE INSUMOS ALIMENTICIOS PARA GANADO BOVINO EN TLALIXCOYAN, VERACRUZ</b>	<i>Jaime Rangel Quintos, Venancio Cuevas Reyes, Betsy Yadira Reyes Balderas, Patricia Devezé Murillo y Javier Francisco Enríquez Quiroz</i>	<b>894</b>
<b>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL QUÍMICO DE ZARZA [<i>Mimosa pigra</i> var. <i>berlandieri</i> (A. Gray) B. L. Turner] EN PRADERAS TROPICALES DEL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Javier Francisco Enríquez Quiroz, Valentín A. Esqueda Esquivel y Francisco Enrique Cab Jiménez</i>	<b>903</b>
<b>PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MAVUNO <i>Brachiaria</i> HÍBRIDO EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE <i>Glomus intraradices</i></b>	<i>Mario Pérez Lemarroy, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Erika Andrea Hernández, Maximino Zito Romero Figueroa</i>	<b>911</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS DE PASTO MOMBASA <i>Megathyrus maximus</i> SOLO Y ASOCIADO CON LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ</b>	<i>Javier Francisco Enríquez Quiroz, José Pablo Manrique Martínez, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar y Abraham Fragoso Islas</i>	<b>918</b>
<b>SELECCIÓN DE MODELOS PARA CURVAS DE LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL HUMEDO CON DISTINTOS TIPOS DE INFORMACIÓN</b>	<i>Julio Antonio Hernandez Zamudio, Selene Piscidia García Sarabia, Vicente Eliezer Vega Murillo, José Alfredo Villagomez Cortés, Sergio Iván Román Ponce, Moisés Montañó Bermúdez, René Carlos Calderón Robles, Ángel Ríos Utrera, Guillermo Martínez Velázquez, Juan José Baeza Rodríguez y Miguel Enrique Arechavaleta Velasco</i>	<b>928</b>
<b>ARREGLOS TOPOLÓGICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TAIWÁN (<i>Pennisetum purpureum</i>) EN PIEDRAS NEGRAS, VERACRUZ</b>	<i>Angel Capetillo Burela, Rigoberto Zetina Lezama, Sergio Uribe Gómez, Isaac Meneses Márquez, Cristian Matilde Hernández, Eusebio Ortega Jiménez y Catalino Jorge LópezCollado</i>	<b>939</b>
<b>EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PREDESTETE SOBRE LA EDAD A LA PUBERTAD DE CORDERAS FI KATAHDIN x PELIBUEY</b>	<i>Rosendo Alberto Alcaraz Romero, José Javier G. Cantón Castillo, Javier Enrique Catillo Huchim, Jorge Alfredo Quintal Franco y Felipe Chin Montenegro</i>	<b>954</b>
<b>CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS FI KATAHDIN x PELIBUEY ALIMENTADOS CON FORRAJE Y CONCENTRADO</b>	<i>Javier G. Cantón Castillo, Yolanda Moguel Ordoñez, Javier Castillo Huchim, Alberto Alcaraz Romero, Auri Pérez Chávez y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas</i>	<b>963</b>
<b>EFECTO DEL FORRAJE Y CONCENTRADO SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LA CANAL DE CORDEROS FI KATAHDIN x PELIBUEY</b>	<i>José Javier G. Cantón Castillo, Rosendo Alberto Alcaraz Romero, Javier Enrique Castillo Huchim, Auri Pérez Chávez y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas</i>	<b>970</b>



<b>FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A BRUCELOSIS POR CONSUMO DE QUESO FRESCO EN VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Gabriela Romina Hernández Carbajal, David Itzcoatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Rodolfo Quintana Castro, Karla María López Hernández, Rosa María Oliart Ros, José Francisco Morales Álvarez, José Alfredo Villagómez Cortés y Javier Cruz Huerta Peña</i>	<b>976</b>
<b>SEROPREVALENCIA DE LEPTOSPIROSIS OVINA EN EL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Blanca Lilia Gabriel Véjar, David Itzcoatl Martínez Herrera, Dinora Vázquez Luna, José Alfredo Villagómez Cortés, Jorge Issac Torres Barranca, Otto Leyva Ovalle y Patricia Meléndez Valadez</i>	<b>988</b>
<b>SEROPREVALENCIA DE PARATUBERCULOSIS OVINA EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Rebeca Isabel Vergara Reyes, David Itzcoatl Martínez Herrera, Mauricio Luna Rodríguez, Argel Flores Primo, Guillermo Mendoza Cervantes, Wendy Sangabriel Conde y José Alfredo Villagómez Cortés</i>	<b>999</b>

## Forestal

<b>MODELO ALTURA-DIÁMETRO PARA CULMOS MADUROS DE <i>Guadua aculeata</i> E. Fourn. EN RODALES NATURALES DE PUEBLA MÉXICO</b>	<i>Casimiro Ordóñez Prado, Juan Carlos Tamarit Urias, Pedro Hernández Zaragoza y Melchor Rodríguez Acosta</i>	<b>1013</b>
<b>AUTO-ACLAREO Y GUÍA DE DENSIDAD BASADA EN YODA PARA RODALES NATURALES DE <i>Pinus montezumae</i> Lamb.</b>	<i>Juan Carlos Tamarit Urias, Casimiro Ordóñez Prado, Melchor Rodríguez Acosta y Gerónimo Quiñonez Barraza</i>	<b>1021</b>
<b>RIQUEZA DE MAMÍFEROS MEDIANOS DE LOS BOSQUES TROPICALES DE HUEYTAMALCO, PUEBLA, MÉXICO</b>	<i>Guillermo Ortega Vázquez, Casimiro Ordóñez Prado, Maribel Álvarez Muñoz y Ana Gabriela Colodner Chamudis</i>	<b>1038</b>
<b>ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA FORESTAL GENERADA EN EL TORMENTO ESCÁRCEGA, CAMPECHE</b>	<i>Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez, Aixchel Maya Martínez, Yameli Aguilar Duarte y Ligia Esparza Olguín</i>	<b>1049</b>
<b>SECUENCIA Y REGISTRO DE ESCOLÍTINOS ASOCIADOS A BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA-PINAR EN COXMATLA, VERACRUZ</b>	<i>Claudia Guadalupe Gómez Falcón, Héctor Viveros Viveros, Armando Aparicio Rentería, Rodolfo Sánchez González y César Ruíz Montiel</i>	<b>1058</b>
<b>MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN TOTAL ÁRBOL DEL GÉNERO <i>Quercus</i> DE PUEBLA, MÉXICO</b>	<i>Juan Carlos Tamarit Urias, José Carlos Monárrez González y Xavier García Cuevas</i>	<b>1070</b>
<b>LA FORMA DE FUSTE EN LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES DE CEDRO ROJO (<i>Cedrela odorata</i> L.)</b>	<i>Vicente Sánchez Monsalvo y José Amador Honorato Salazar</i>	<b>1085</b>
<b>CRECIMIENTO, TOLERANCIA A ENFERMEDADES Y RENDIMIENTO DE CLONES DE HULE EN UXPANAPA, VERACRUZ. MÉXICO</b>	<i>Elías Ortiz Cervantes</i>	<b>1093</b>



<b>EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE CRECIMIENTO EN LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE CLONES DE CEDRO ROJO</b>	José Amador Honorato Salazar, Vicente Sánchez Monsalvo y Jesús Santacruz Pérez	<b>1110</b>
<b>CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES FORESTALES AL PIB DE MÉXICO EN EL PERIODO 2003 – 2017</b>	Georgel Moctezuma López, Eric Uriel Ramírez Sánchez y Lourdes Velázquez Fragoso	<b>1120</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DEL ÁRBOL MADERABLE <i>Andira galeottiana</i> Standl “MACAYA” (FABACEAE) EN MÁRGENES DEL RÍO COATZACOALCOS, VERACRUZ</b>	Aarón Mosqueda Aguilar, Saúl Hernández Carmona y Gustavo Carmona Díaz	<b>1132</b>
<b>LAS PLANTACIONES DE <i>Bambusa oldhamii</i> Y <i>Guadua angustifolia</i> EN EL ESTADO DE PUEBLA</b>	Martha Elena Fuentes López, Idalia Zaragoza Hernández, Edna Elena Suárez Patlán, Casimiro Ordóñez Prado y Noel Carrillo Ávila	<b>1143</b>
<b>ACTORES DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL BAMBÚ EN PUEBLA</b>	Martha Elena Fuentes López, Edna Elena Suárez Patlán, Idalia Zaragoza Hernández, Casimiro Ordóñez Prado y Noel Carrillo Ávila	<b>1155</b>
<b>CONTENIDO RELATIVO DE AGUA, ÁREA FOLIAR Y PRODUCCIÓN DE UNA ESPECIE FORESTAL NO MADERABLE (<i>Hylocerus undatus</i>) COMO ALTERNATIVA AGRÍCOLA</b>	Jeremías Nataren Velázquez, Ana Lid del Ángel Pérez y Carmen Aridai Hernández Estrada	<b>1167</b>
<b>ATRIBUTOS PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE NATIVA MADERABLE <i>Trema micrantha</i> L. (Blume) EN EL SOMBREADO DE CAFETALES</b>	Rosalío López Morgado y Luis Eduardo García Mayoral	<b>1176</b>
<b>CRECIMIENTO INICIAL EN DIÁMETRO Y ALTURA DEL CLON IAN-710 DE <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.</b>	Carlos Rutilio Monroy Rivera, Olga Santiago Trinidad, Edgar Hernández Máximo y Rolando Misael Tlaxcala Méndez	<b>1192</b>

## Acuícola

<b>HISTORIA DE VIDA DE <i>Poecilia catemacensis</i></b>	Marcos Hernández López, María Isabel Jiménez García, Leonardo Navarro Ángulo, Luis Alfredo Ortega Clemente y Carlos Iván Pérez Rostro	<b>1205</b>
<b>VARIACIÓN ESTACIONAL DEL RIESGO A LA SALUD POR CONSUMO DE OSTIÓN CONTAMINADO CON <i>Vibrio parahaemolyticus</i></b>	Francisco G. Alarcón Elvira, Violeta T. Pardío Sedas, David Martínez Herrera, Rodolfo Quintana Castro, Rosa M. Oliart Ros, Karla M. López Hernández, Argel Flores Primo y Karen Ramírez Elvira	<b>1222</b>
<b>LA PRODUCCIÓN DEL POLICULTIVO TLAPIA-LANGOSTINO, UNA ALTERNATIVA FACTIBLE PARA LOS PRODUCTORES ACUÍCOLAS</b>	Alejandra Iyonne García Sánchez, Juan Lorenzo Reta Mendiola, Alberto Asiain Hoyos y Liliána Armida Alcudia	<b>1240</b>
<b>USO DE REDES COMPLEJAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE LA ACUACULTURA ANTE EL CALENTAMIENTO GLOBAL</b>	Juan Acosta Jimeno, Alberto Asiain Hoyos, Juan L. Reta Mendiola, Diego E. Platas Rosado y J.F. Eucario Gasca Leyva	<b>1253</b>





## Pesquería

<b>ESTRUCTURA DE TALLAS Y RELACIÓN LONGITUD-PESO DE LA JAIBA <i>Callinectes sapidus</i> (DECAPODA: PORTUNIDAE) EN CAMPECHE</b>	<i>Ana Gabriela Díaz Álvarez y Sebastián Caña Hernández</i>	<b>1270</b>
<b>ALGUNOS INDICADORES BIOLÓGICO-PESQUEROS DE LA CAPTURA DE ROBALO BLANCO <i>Centropomus undecimalis</i> (PISCES: CENTROPOMIDAE) EN TABASCO</b>	<i>Ana Gabriela Díaz Álvarez y Vequi Caballero Chávez</i>	<b>1282</b>
<b>TALLA DE MADUREZ SEXUAL EN HEMBRAS DE LA JAIBA PRIETA, <i>Callinectes rathbunae</i> CONTRERAS, 1930, DEL LITORAL DE TABASCO</b>	<i>Sebastián Caña Hernández, Raúl E. Lara Mendoza y Ana G. Díaz Álvarez</i>	<b>1295</b>
<b>EL MERCADO DEL ATÚN ALETA AMARILLA (<i>Thunnus albacares</i>) CAPTURADO EN EL GOLFO DE MÉXICO.</b>	<i>Argenis Morales Télles, Patricia Devezé Murillo, Karina Ramírez López y Bernardo Alberto López Yáñez</i>	<b>1303</b>
<b>DESCRIPCIÓN, CUANTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TRAMPAS JAIBERAS EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VERACRUZ</b>	<i>Eduardo Oliver Cruz Fonseca y Gabriel Núñez Márquez</i>	<b>1319</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES MARINAS DE CAPTURA INCIDENTAL CON INTERÉS COMERCIAL EN LAS CIUDADES DE CUITLÁHUAC Y CÓRDOBA, VER., EN LA PESCA DE ATÚN ALETA AMARILLA (<i>Thunnus Albacares</i>) DEL PUERTO DE TUXPAN, VERACRUZ</b>	<i>Rafael Cancino San Juan y Patricia Devezé Murillo</i>	<b>1326</b>
<b>COMPORTAMIENTO DE LA CAPTURA EN LA PESQUERÍA DE JAIBA DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Gabriel Núñez Márquez, Osvaldo Gutiérrez Benítez y Heber Zea de la Cruz</i>	<b>1339</b>

## Desarrollo rural

<b>EL TRUEQUE CAMPESINO Y LAS REDES ALIMENTARIAS PARA UNA SOBERANÍA ALIMENTARIA LOCAL</b>	<i>José Fernando de la Cruz García</i>	<b>1353</b>
<b>CAPACITACIÓN PARA NIÑOS Y JÓVENES DE ZONAS RURALES EN TEMAS AGROALIMENTARIOS</b>	<i>Jacel Adame García, Félix David Murillo Cuevas, Jazmín Villegas Narváez, José Antonio Fernández Viveros y Adriana Elena Rivera Meza</i>	<b>1370</b>
<b>PLANTAS MEDICINALES DE CINCO COMUNIDADES ALEDAÑAS A TAMULTÉ DE LAS SABANAS, CENTRO, TABASCO, MÉXICO</b>	<i>Miguel Alberto Magaña Alejandro y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez</i>	<b>1381</b>



<b>PRODUCTOS AGROPECUARIOS: UNA OPORTUNIDAD DE AGRONEGOCIO EN HOTELES DE LA ZONA TURÍSTICA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO</b>	<i>Brianda Michell Vilorio Castillo, Carmen Aridai Hernández Estrada y Ángel Homero Mora Brito</i>	<b>1394</b>
<b>SISTEMA AGROALIMENTARIO LOCALIZADO Y POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA AGROINDUSTRIA RURAL EN MÉXICO</b>	<i>Marcelo Bautista Tolentino, Pablo Díaz Rivera, Ponciano Pérez Hernández, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos</i>	<b>1411</b>
<b>PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2011 – 2013. MATÍAS ROMERO AVENDAÑO, OAX. PERSPECTIVA DEL SECTOR AGROPECUARIO</b>	<i>Raúl Cruz Ángeles, Leticia Myriam Sagarnaga Villegas, José María Salas González, Hermilo Suarez Domínguez, Fernando Copado Bueno y Carlos Felino Marcof Álvarez</i>	<b>1428</b>
<b>CAPITAL SOCIAL Y HUMEDALES ARTIFICIALES COMO ESTRATEGIAS DE CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE</b>	<i>Irma Zitácuaro Contreras y José Luis Marín Muñiz</i>	<b>1448</b>
<b>ESTRATEGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE POSTLARVA DE LANGOSTINO MALAYO (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>): PANORAMA DE POLÍTICAS PÚBLICAS</b>	<i>Arminda González Alfonso, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos</i>	<b>1462</b>
<b>HARINA DE CHICHARO EMANS, UNA OPCION DE DESARROLLO PARA LA REGIÓN DE ZONGOLICA</b>	<i>Eduardo Lara Santamaría, Jazmín Villegas Narváez, Jacel Adame García, Félix David Murillo Cuevas, Aquileo Temoxtle Chipahua, Mauricio Quiahua Temoxtle y Abdul Domínguez Capistran</i>	<b>1470</b>
<b>MERCADO DEL CAFÉ EN LA CIUDAD DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO</b>	<i>Karla Johely Hernández Mendoza, Benigno Rodríguez Padrón, Emiliano Pérez Portilla, Vinicio Horacio Santoyo Cortés y Juan Ángel Tinoco Rueda</i>	<b>1481</b>
<b>LA DETECCIÓN DE POTENCIAL DE NEGOCIOS EN PRODUCTOS DE PRODUCTORES DE ALTA MARGINACIÓN, PARA MEJORAR SUS INGRESOS, EN SAN LORENZO, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA ECATEPEC, OAXACA</b>	<i>E. Salinas-Cruz, J. Martínez-Sánchez, G.M. Morales, O.R. Vásquez, C.D.H. Noriega, I.P. Cadena y H.J.R. Contreras</i>	<b>1496</b>
<b>PENSAMIENTO SISTÉMICO EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<i>Carmen Aridai Hernández Estrada, Rogelio Miranda Marini, Ana Lid Del Ángel Pérez, Jeremías Nataren Velázquez y Marcos Ventura Vázquez Hernández</i>	<b>1506</b>
<b>PLANTAS AROMÁTICAS, MEDICINALES Y DE CONDIMENTO EN CONTENEDORES DE PVC PARA ZONAS URBANAS</b>	<i>Ana Lid del Ángel Pérez, Jeremías Nataren Velázquez, Carmen Aridai Hernández Estrada y Carlos Nahin Castro José</i>	<b>1519</b>



## Transferencia de tecnología

<b>ESTRATEGIA DE APLICACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA DE LIXIVIADO ORGÁNICO, AL CULTIVO DE HIGO (<i>Ficus carica</i> L.)</b>	<i>Mónica Del Ángel Ocampo, Juan Pablo Martínez Dávila, Javier Cruz Hernández y Gustavo López Romero</i>	<b>1537</b>
<b>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN HUERTOS FAMILIARES, BAJO ESCUELAS DE CAMPO</b>	<i>Romualdo Vásquez Ortiz, David H. Noriega Cantú, Mariano Morales Guerra, Jesus Martínez Sánchez, Eileen Salinas Cruz y José R. Contreras Hinojosa</i>	<b>1548</b>
<b>FACTORES QUE DETERMINAN LA ADOPCIÓN DE INNOVACIONES NUEVAS EN UNA EMPRESA FORESTAL</b>	<i>Juan Quintanar Olguin</i>	<b>1559</b>
<b>CADERNETAS DE MUJERES: CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO FEMENINO, EN LA PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA DEL NORTE DE BRASIL</b>	<i>Luciane Cristina Costa Soares, Beatriz Luz Cruz, Laetícia Jalil y María del Carmen Álvarez Ávila</i>	<b>1566</b>

## Ambiente, recursos naturales y cambio climático

<b>PRESENCIA DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE JÍCAMA (<i>Pachyrhizus erosus</i> [L.] Urb.) CON DISTINTOS TIPOS DE ACOLCHADO EN CAMPO</b>	<i>Guadalupe Contreras Martínez, Erick D. Homobono Bartolo, Liliana Lara Capistrán, Miguel Ángel Chazáro Basáñez, María del Carmen Núñez Camargo, Fernando Hernández Baz y Ramón Zulueta Rodríguez</i>	<b>1580</b>
<b>MORFOMETRÍA DE VAINA Y SEMILLA EN UN RODAL ARTIFICIAL DE <i>Bauhinia monandra</i> Kurz</b>	<i>Manuel Villarruel Fuentes, Erick Daniel Rodríguez Peralta, Eber David Azamar Morales y Valentín López Hernández</i>	<b>1593</b>
<b>BIODIVERSIDAD DE FAUNA SILVESTRE EN UNA ZONA KÁRSTICA DEL SURESTE MEXICANO</b>	<i>Aixchel Maya Martínez, Eduardo Martínez Romero, Ligia G. Esparza Olguín y Yameli G. Aguilar Duarte</i>	<b>1604</b>
<b>RESCATE DE INDIVIDUOS DE LA CÍCADA <i>Zamia loddigesii</i> (ZAMIACAEAE) EN EL SUR DE VERACRUZ</b>	<i>Gustavo Carmona Díaz, Saúl Hernández Carmona y Alejandro Retureta Aponte</i>	<b>1620</b>





<b>SECUESTRO DE CARBONO EN MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<i>Sergio Uribe Gómez, Rigoberto Zetina Lezama y Cecilia Rosas Vásquez</i>	<b>1630</b>
<b>EFICIENCIA DE LA SEMILLA <i>Moringa Oleifera</i> COMO TRATAMIENTO ALTERNO PARA AGUAS RESIDUALES URBANAS</b>	<i>Miguel Ángel López Ramírez, Mario Rafael Aguilar Rodríguez, Edwin Daniel Méndez Cruz, Leonides Sánchez Mota y Rigo Adalberto Ruíz Alberto</i>	<b>1640</b>
<b>CUANTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO PARA OBTENER ETANOL DE PRIMERA Y SEGUNDA GENERACIÓN</b>	<i>Marco Antonio Reynolds Chávez, Sergio Uribe Gómez y Juan Antonio López López</i>	<b>1651</b>
<b>EVALUACIÓN DEL MÉTODO FENTON PARA EL TRATAMIENTOS DE AGUAS INDUSTRIALES</b>	<i>Miguel Angel López Ramírez, Olaya Pirene Castellanos Onorio, Fabiola Lango Reynoso y María del Refugio Castañeda Chávez</i>	<b>1666</b>
<b>EFFECTO DE SEDIMENTOS SUSPENDIDOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO USUMACINTA</b>	<i>Guadalupe Rodríguez Martínez, Itzel Galaviz Villa y Salvador Partidas Sedas</i>	<b>1678</b>
<b>CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL SISTEMA LAGUNAR DE MANDINGA, VERACRUZ</b>	<i>Karla Teresa González Figueroa, Fabiola Lango Reynoso, Verónica Lango Reynoso, María del Refugio Castañeda Chávez y Jesús Montoya Mendoza</i>	<b>1687</b>
<b>EL CONSUMO DE LEÑA EN EL MUNICIPIO DE ASTACINGA, VERACRUZ</b>	<i>Julio Díaz José, José Luis López Ayala, Verónica Morales Ríos, Alondra Itehua Itehua y Luz Isabel Panzo Coyohua</i>	<b>1697</b>
<b>COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE MACROALGAS COSTERAS DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO</b>	<i>Hillary Báez Martínez, Loyda García Ferrer, Eugenio Rangel León y Ana Leticia Platas Pinos</i>	<b>1709</b>
<b>ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN REGIONES CAFETALERAS DE VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Juan Angel Tinoco Rueda y Esteban Escamilla Prado</i>	<b>1721</b>
<b>EROSIÓN HÍDRICA EN LA SUBCUENCA BAJA DEL RÍO TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Melchor Marroquín José Isidro y Chagoya Fuentes Jorge Luis</i>	<b>1728</b>



## Biotecnología

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE RIZOMAS DE CÚRCUMA ( <i>Curcuma longa</i> L.) DE DESECHO POR ULTRASONIDO	Tonantzin Marcos Ramírez, Rosa María Carrasco Pacheco, Karina Bustos Ramírez, Karen Aylin Vargas García y Elizabeth del Carmen Varela Santos	1744
EXPRESIÓN DE LOS GENES <i>rpoS</i> Y <i>cspA</i> EN <i>Vibrio parahaemolyticus</i> DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO	Francisco G. Alarcón Elvira, Violeta T. Pardío Sedas, David Martínez Herrera, Rodolfo Quintana Castro, Rosa M. Oliart Ros, Karla M. López Hernández, Argel Flores Primo y Karen Ramírez Elvira	1753
USO DE UNA SISTEMA BIOELECTROQUÍMICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL ACUÍCOLA	C. A. Morando Grijalva, M.G. Valdivia Guzmán, M. Corro Sánchez, A. L. Vázquez Larios, R. Alcántara Hernández, L. A. Ortega Clemente y P. N. Robledo Narváez	1770
CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RESIDUOS PORCÍCOLAS: EFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA	Mariela Martínez Torralba, Oscar Andrés Del Ángel Coronel, Luis Antonio López Escobar y Noemí Nava Valente	1782
ESTUDIO DEL CONTENIDO FITOQUÍMICO Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS HOJAS DE CEDRÓN ( <i>Aloysia citrodora</i> )	Teresita de Jesús Ariza Ortega, Nallely Rosalba Román Cortés y Rocío Cruz Muñoz	1793
EFECTO CRÓNICO DE LEPTINA SOBRE EL DESARROLLO NEURONAL, CORRIENTES IONICAS Y EXPRESIÓN DE PROTEÍNAS Nav, Cav, POMC Y CART	Rebeca Isabel Vergara Reyes, Belisario Domínguez Mancera, Manuel Barrientos Morales, Antonio Hernández Beltran y Patricia Cervantes Acosta	1806
CINÉTICA DE CRECIMIENTO MICROBIANO DE <i>Lactobacillus fermentum</i> spp. EN LECHE RECONSTITUÍDA	Judith Jiménez Cortez, Bania Elizabeth Vargas Palma, Alejandra Javier Cruz, Gerónimo Cruz Palacios, Yolanda Retama Ortíz, Elizabetha Hernández Dominguez y Cid Ramón González González	1825
BIOCONTROL DE <i>Pseudomonas</i> sp. MEDIANTE EL EMPLEO DE BACTERIOFAGOS PROTEGIDOS ANTE LA RADIACIÓN UV BAJO INVERNADERO	Itzayana Alely Candelas Delgado, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar, Saúl Fraire Velázquez, Clemente de Jesús García Ávila, Edgar Oliver López Villegas y Gabriel Rincón Enríquez	1835
ESTUDIO DEL POTENCIAL ANTIMICROBIANO DE PLANTAS DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ	Julio Alfonso Armenta Barrios, Jocabel Extocapan Molina, Maricela Ávila Soto y Arturo Cabrera Hernández	1849
PROPAGACIÓN Y VIABILIDAD DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍMICOS ARBUSCULARES REPRODUCIDAS EN DISTINTAS ESPECIES VEGETALES	Guillermo Andrés Díaz Parra, Gabriel Rincón Enríquez, Jhony Navat Enríquez Vara y Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar	1860
COMPARACIÓN DE TRES SISTEMAS DE CULTIVO IN VITRO PARA LA MULTIPLICACIÓN Y ACLIMATIZACIÓN DE <i>Anthurium andreanum</i> Lind.	Bartolo Islas Luna, Ricardo Sánchez Páez, José Antonio Pérez Sato y Jericó Jabín Bello Bello	1875



# Índice

<b>CONSERVACIÓN <i>IN VITRO</i> DE LA MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott) POR CRECIMIENTO MÍNIMO</b>	<i>Eucario Mancilla Álvarez, Marco A. Ramírez Mosqueda, Samantha Arano Avalos, Rosalía Núñez Pastrana, Alberto Asiain Hoyos y Jericó Jabín Bello Bello</i>	<b>1889</b>
<b>EFFECTO ANTIOXIDANTE DE L-CISTEÍNA DURANTE EL ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE PIMIENTA (<i>Pimenta dioica</i> L. Merrill)</b>	<i>Sugey Vásquez Hernández, Carlos Alberto Cruz Cruz, Martín Mata Rosas, Maricela Santiago Santiago, Lizette Paulina Chávez Zepeda y Jericó Jabín Bello Bello</i>	<b>1902</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR VAR. COLPOS CTMEX 05-204 EN BIORREACTOR DE INMERSIÓN TEMPORAL (BIT)</b>	<i>Lagunes Álvez Cristina, Sorcia Morales Monserrat, Gómez Merino Fernando Carlos, Hernández Rosas Francisco, Bello Bello Jericó Jabín</i>	<b>1916</b>
<b>RADIOSENSIBILIDAD A RAYOS GAMMA (CO<sup>60</sup>) EN BROTES <i>IN VITRO</i> DE VAINILLA (<i>Vanilla planifolia</i> Jacks)</b>	<i>Samuel Eduardo Martínez Santos, María Karen Serrano Fuentes, Marco Antonio Ramírez Mosqueda, Serafín Cruz Izquierdo, Maricela Santiago Santiago, Eulogio de la Cruz Torres, José Luis Torres Reyes y Jericó Jabín Bello Bello</i>	<b>1924</b>
<b>EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka) UTILIZANDO UN SISTEMA DE HIDRODESTILACIÓN OPERADO A PRESIONES REDUCIDAS</b>	<i>Neric Missael Cardeña Moctezuma y Lázaro Gabriel Trujillo Juárez</i>	<b>1932</b>
<b>ORGANOGENESIS INDIRECTA DEL CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>)</b>	<i>Anell Soto Contreras, Marco Antonio Ramírez Mosqueda, Jericó Jabín Bello Bello y Rosalía Núñez Pastrana</i>	<b>1943</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD DE <i>Fusarium oxysporum</i> ENDÓFITO DE <i>Vanilla planifolia</i> Jacks A FUNGICIDAS</b>	<i>Nelly Abigail González Oviedo, Lourdes Iglesias Andreu, Andrés Rivera Fernández, Felipe Roberto Flores de la Rosa y Mauricio Luna Rodríguez</i>	<b>1952</b>
<b>LIMPIEZA DE AGUAS RESIDUALES COMUNITARIAS CON MESOCOSMOS DE HUMEDALES: EFECTO DEL TIPO DE VEGETACIÓN ORNAMENTAL Y DIFERENTES CAPAS DE SUSTRATOS</b>	<i>Marín Muñiz José Luis y Sergio Zamora</i>	<b>1958</b>
<b>ESTIMULACIÓN MICORRIZICA APLICADA EN DISTINTAS FECHAS PARA EL CRECIMIENTO VEGETAL EN SOYA (<i>Glycine max</i>)</b>	<i>Liliana Guadalupe Sánchez Arévalo, Nancy García Roa, Gabriel Rincón Enríquez, María Dolores García Parra, Ali Asaff Torres y Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar</i>	<b>1970</b>
<b>ADECUACIÓN DE UN BUFFER DE EXTRACCIÓN PARA PROTEÍNAS FORMADORAS DEL Ca<sub>v</sub> 1.2 <math>\alpha</math>1c EN ESPERMATOZOIDE DE PORCINO</b>	<i>Edelmira Jácome Sosa, Manuel Barrientos Morales, Belisario Domínguez Mancera, Pablo Delgado Sanchez y Marcela Solís Rodríguez</i>	<b>1988</b>
<b>PROBLEMAS DEL PROCESAMIENTO DE AZÚCAR: USO DE MATERIALES ARCILLOSOS COMO ALTERNATIVA EN PROCESOS DE MEMBRANAS</b>	<i>Elisa Yescas Fernández, Karina Bustos Ramírez, Verónica Saucedo Rivalcoba y Karen Aylin Vargas García</i>	<b>1999</b>
<b>HONGO HUITLACOCHÉ (<i>Ustilago maydis</i>). TRANSFERENCIA TECNOLOGÍA HACIA EL SECTOR PRODUCTIVO</b>	<i>Regina María Medina Sauza, Francisco Hernández Quinto, Anayeli Benito González, Marisol Peña Cabrera, Mariana Vázquez Vicente, Hugo Alberto González Hernández y Angélica María Acuca Rabelo</i>	<b>2018</b>





<b>EFFECTO DE LA RADIACIÓN CON <sup>60</sup>COBALTO EN LA MORFOLOGÍA DE GENOTIPOS DE <i>Matthiola incana</i></b>	<i>Genaro Pérez Jiménez, Giovanna. I. Fuentes Escobar, Serafín Cruz Izquierdo y Eulogio de la Cruz Torres</i>	<b>2038</b>
<b>FISIOLOGÍA POSTCOSECHA DE MUTANTES DE TOMATE SILENCIADOS CON EL GEN <i>TOMLOXB</i></b>	<i>Elizabeth León García, Oscar A. del Ángel Coronel, Hugo S. García Galindo, Miguel Ángel Gómez Lim, Gilber Vela Gutiérrez y Javier de la Cruz Medina</i>	<b>2048</b>
<b>POLIFENOLES, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN JUGOS COMERCIALES Y JUGO DE ZARZAMORA TRATADO CON MICROONDAS</b>	<i>Mónica Yazmín Herrera-Sotero, Eryck Silva-Hernández y Rosa Isela Guzmán Gerónimo</i>	<b>2064</b>

## Agroecosistemas

<b>ETNOBOTÁNICA DE LOS HUERTOS FAMILIARES DE LA RANCHERIA PABLO L. SIDAR, MIRAMAR, CENTRO TABASCO, MÉXICO</b>	<i>Karina de los Ángeles Ramírez Méndez, Miguel Alberto Magaña Alejandro y Mauricio Domínguez Méndez</i>	<b>2077</b>
<b><i>Tetranychus merganser</i>: SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA PAPAYA Y SU CONTROL BIOLÓGICO</b>	<i>Martha Escarlet Beristain Moreno, Juan A. Villanueva Jiménez, Gabriel Otero Colina, Francisco Osorio Acosta y Marycruz Abato Zárate</i>	<b>2092</b>
<b>PROSPECTIVA ESTRATÉGICA: METODOLOGÍA PARA ANALIZAR EL AGROECOSISTEMA CAÑA DE AZÚCAR</b>	<i>Antonio Villegas Vilchis, Diego Platas Rosado, Felipe Gallardo López y Gustavo López Romero</i>	<b>2100</b>
<b>CARACTERIZACIÓN SINTOMATOLÓGICA DE CEPAS DE PRSV-P INOCULADAS MECANICAMENTE EN <i>Carica papaya</i></b>	<i>David Sósol Reyes, Juan A. Villanueva Jiménez, Juan C. Noa Carrazana y Francisco Osorio Acosta</i>	<b>2113</b>
<b>AGRODIVERSIDAD EN HUERTOS FAMILIARES EN LA COMUNIDAD LA CEIBA, MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ</b>	<i>Yaneth Ortega Huesca, Jazmín Villegas Narváez, Jacel Adame García, Félix D. Murillo Cuevas y José Antonio Fernández Viveros</i>	<b>2122</b>
<b>DIVERSIDAD VEGETAL DEL AGROECOSISTEMA CAFÉ EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE PLAN DE LAS HAYAS, VERACRUZ</b>	<i>Arturo Pedraza García, Jacel Adame García, Félix David Murillo Cuevas, Jazmín Villegas Narváez y Verónica Lango Reynoso</i>	<b>2139</b>
<b>MARCO JURÍDICO DE LA ACUICULTURA: UN ESTUDIO DE CASO EN EL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Martha Beatriz Cuéllar Lugo, Alberto Asiain Hoyos y Juan Lorenzo Reta Mendiola</i>	<b>2146</b>
<b>AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS Y SU CAPACIDAD DE RESILIENCIA EN TEZONAPA, VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Ismael Quiroz Guerrero, Arturo Pérez Vázquez, Cesáreo Landeros Sánchez, Felipe Gallardo López, Joel Velasco Velasco y Griselda Benítez Badillo</i>	<b>2161</b>
<b>EXTRACCIÓN DE ADNmg DE SUELO AGRÍCOLA FERTILIZADO CON BIOL</b>	<i>Galdy Hernández Zárate, Roberto García Marroquín, Alejandra Ramírez Martínez, Jorge Eduardo Zamora Catro y Víctor Manuel Ruíz Valdiviezo</i>	<b>2173</b>
<b>ANÁLISIS FINANCIERO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PECUARIOS VS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE ARMERÍA, COLIMA</b>	<i>José Antonio Torres Rivera, Sandra Luz Fernández Pereyra, Miriam Cipriano Enríquez y José Manuel Palma García</i>	<b>2186</b>



## IV Congreso mexicano de investigación en cítricos

### Prácticas culturales

<b>EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES NITROGENADOS COMO INDUCTORES DE FLORACIÓN EN LIMÓN MEXICANO [<i>Citrus aurantifolia</i> (CHRISTM) SWINGLE]</b>	<i>Víctor Alejandro Sánchez Cruz y José C. García Preciado</i>	<b>2199</b>
<b>INDUCTORES DE LA FLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL LIMÓN MEXICANO (<i>Citrus aurantifolia</i>)</b>	<i>Rafael Ariza Flores, Alejandro Casimiro Michel Aceves, Manuel Enrique Ovando Cruz, Néstor Espinosa Paz y Jesús Martínez Sánchez</i>	<b>2205</b>
<b>POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE NARANJA EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACION</b>	<i>Víctor Manuel Medina Urrutia, Marciano Manuel Robles González, Octavio Pérez Zamora y Jaime Eduardo Reyes Hernández</i>	<b>2215</b>
<b>DESARROLLO VEGETATIVO DEL TORONJO 'RIO RED' INJERTADO EN DRAGÓN VOLADOR EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACION</b>	<i>Vania Amellali Pérez Jarillo, Sergio Alberto Curti Díaz, Carlos Hernández Guerra y Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera</i>	<b>2225</b>

### Plagas y enfermedades

<b>BIOECOLOGÍA DE TRIPS (THISANOPTERA: THIRIPIDAE) Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN LIMÓN MEXICANO, EN MICHOACÁN</b>	<i>Mario A. Miranda Salcedo, Esperanza Loera Alvarado y Edgardo Cortez Mondaca</i>	<b>2237</b>
<b>MANEJO BIORRACIONAL DEL PSILIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA 1908 (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EN MICHOACÁN</b>	<i>Mario A. Miranda Salcedo</i>	<b>2245</b>
<b>CAÍDA DE NARANJA ORGÁNICA Y SU PROBLEMÁTICA EN LA ZONA NORTE DE VERACRUZ</b>	<i>Manuel Ángel Gómez Cruz, Laura Gómez Tovar, Karen Yossileth Ramírez Cruz y Ociel Rodríguez Nieto</i>	<b>2253</b>
<b>LEYES Y ORGANISMOS QUE REGULAN EL USO DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO</b>	<i>Mónica Monserrat Rosas Díaz, Alejandra Ramírez Martínez, Juan A. Villanueva Jiménez, Francisco Osorio Acosta y Gerardo Valerio Alfaro</i>	<b>2261</b>
<b>EFFECTIVIDAD DE LOS INSECTICIDAS APLICADOS CONTRA <i>Diaphorina citri</i> EN LA CAMPAÑA CONTRA EL HLB</b>	<i>Francisco Osorio Acosta, Juan A. Villanueva Jiménez, Laura Delia Ortega Arenas, Ulises Díaz-Zorrilla, Víctor García Méndez, Jaqueline Luna Olivares y Sherell Zamora Juárez</i>	<b>2276</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD DE <i>Diaphorina citri</i> A INSECTICIDAS EN LOS 24 ESTADOS QUE OPERARON LA CAMPAÑA CONTRA HLB EN 2018</b>	<i>Juan A. Villanueva-Jiménez, Francisco Osorio Acosta, Laura Delia Ortega Arenas, Ulises Díaz Zorrilla, Víctor García Méndez, Jaqueline Luna Olivares, Gonzalo Luna Olivares y Sherell Zamora Juárez</i>	<b>2285</b>



# Índice

<b>PRESENCIA DE <i>Citrus tristeza virus</i> TIPO VT EN LA REGIÓN CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO</b>	<i>Contreras Maya Rosalba, Ovando Barroso Emanuel y Villegas Monter Angel</i>	<b>2296</b>
<b>VALIDACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE CIANTRANILIPROL EN EL CONTROL DE <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA (Hemiptera: Liviidae) Y OTRAS PLAGAS EN LIMÓN PERSA</b>	<i>A. Morales Rodríguez y Ulises Díaz Zorrilla</i>	<b>2313</b>
<b>EVALUACIÓN DE ASPERSIONES LOCALIZADAS DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE <i>Diaphorina citri</i> EN ÁRBOLES JÓVENES DE NARANJO</b>	<i>Santos Díaz Martínez, y J. Isabel López Arroyo</i>	<b>2323</b>
<b>¿EL MANEJO AGRONÓMICO MODIFICA EL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE HOJAS DE LIMÓN MEXICANO CON HLB?</b>	<i>Miguel Ángel Manzanilla Ramírez, Ángel Villegas Monter, José Joaquín Velázquez Monreal y Rosa Martínez Pamatz</i>	<b>2340</b>
<b>EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE IMIDACLOPRID SOBRE EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN APLICACIONES SUCESIVAS</b>	<i>Edgardo Cortez Mondaca, Jesús Pérez Márquez, Álvaro Ortiz Osuna y Jesús Asunción López Guzmán</i>	<b>2355</b>
<b>COMPLEJO HUANGLONGBING-MUERTE DE RAMAS EN DOS ESPECIES DE CITRICOS ACIDOS EN EL ESTADO DE COLIMA</b>	<i>José Joaquín Velázquez Monreal, Rafael Ríos Velazco, Angela Paulina Arce Leal, Mario Orozco Santos, Francisco Javier Delgado Virgen y Miguel Ángel Manzanilla Ramírez</i>	<b>2364</b>
<b>BIOESTIMULANTES Y PRÁCTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) EN MORELOS, MÉXICO</b>	<i>Rafael Ambríz Cervantes, Rafael Ariza Flores e Iran Alía Tejacal</i>	<b>2371</b>
<b>TRANSMISIÓN DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> Y <i>Citrus tristeza virus</i> POR INJERTO</b>	<i>Grisel Negrete Fernández, Angel Villegas Monter y Rosalba Contreras Maya</i>	<b>2379</b>
<b>PRESENCIA DE BLIGHT EN NARANJO 'VALENCIA' Y TORONJO 'RÍO RED' EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN</b>	<i>Juan Jasso Argumedo</i>	<b>2392</b>





## Biotecnología

<b>FILOGENIA DE LA ENZIMA ATP/ADP TRANSLOCASA DE <i>Candidatus Liberibacter</i>, AGENTE CAUSAL DEL HLB</b>	<i>Felipe Roberto Flores de la Rosa, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Mauricio Luna Rodríguez y Edel Pérez López</i>	<b>2402</b>
<b>ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO DE EFECTORES DE PATOGENICIDAD POTENCIALES DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i></b>	<i>Felipe Roberto Flores de la Rosa, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Nelly Abigail González Oviedo y Jacel Adame García</i>	<b>2412</b>
<b>FRAGMENTOS DE RESTRICCIÓN DE LONGITUD POLIMÓRFICA DEL GEN p20 PARA DIFERENCIACIÓN DE AISLADOS DE CTV</b>	<i>E. Iobana Alanís Martínez, Patricia Rivas Valencia, Eufrosina Cora Valencia y Emiliano Loeza Kuk</i>	<b>2426</b>
<b>DETECCIÓN DE CLAS MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE INICIADORES ESPECÍFICOS EN ÁRBOLES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ</b>	<i>Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Felipe Roberto Flores de la Rosa, Cynthia Guadalupe López Sosa, Jacel Adame García y Carlos Hernández Guerra</i>	<b>2438</b>
<b>CARACTERIZACIÓN MOLECULAR MEDIANTE AFLP'S DE CLONES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ</b>	<i>Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Felipe Roberto Flores de la Rosa, Sergio Alberto Curti Díaz, Moisés Cortés Cruz y Blanca Amalia Amaro González</i>	<b>2455</b>

## Socioeconomía

<b>LIMÓN MEXICANO: SITUACIÓN ACTUAL, INVESTIGACIÓN Y PERSPECTIVAS</b>	<i>Mario Orozco Santos, José Joaquín Velázquez Monreal, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez, M. Manuel Robles González, José Concepción García Preciado, Karina de la Paz García Mariscal y Silvia Heréndira Carrillo Medrano</i>	<b>2469</b>
---	---	-------------



# Agrícola





## CONTROL DE *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood POR *Trichoderma* EN *Capsicum chinense* Jacq.

Elizabeth Herrera Parra<sup>1\*</sup>, Jairo Cristóbal Alejo<sup>2</sup>, María Manuela Reyes Estébanez<sup>3</sup> y José María Tun Suárez<sup>2</sup>

### Resumen

El objetivo de este estudio fue estimar en condiciones de invernadero el efecto de cuatro especies nativas de *Trichoderma*, en *Capsicum chinense* Jacq. y su capacidad para disminuir la severidad y reproducción de *Meloidogyne incognita*. Plántulas de *C. chinense*, previamente inoculadas con *Trichoderma* spp., se trasplantaron a macetas con sustrato estéril y se inocularon con juveniles de segundo estadio (J<sub>2</sub>) y huevos de *M. incognita*. Se evaluaron seis tratamientos: 1. *Trichoderma harzianum*-C1, 2. *T. atroviride*, 3. *T. virens*, 4. *T. harzianum*-C2, 5. nematicida (oxamil) y 6. Control. Por cada tratamiento se tuvieron 15 unidades experimentales que se dispusieron en un diseño experimental completamente al azar. Con las variables estimadas se realizaron análisis de varianza y la comparación múltiple de medias con Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Transcurridos 60 días se estimó el índice de agallamiento, reproducción del nematodo y variables de vigor agronómico. En *C. chinense*, *T. harzianum*-C1, *T. atroviride* y *T. harzianum*-C2, disminuyeron el índice de agallamiento y ejercieron control del nematodo, registraron el menor número de agallas por planta y huevos/g de raíz. En general, todas las *Trichoderma* spp. promovieron significativamente el crecimiento de las plantas. Las especies nativas de *Trichoderma*, son una alternativa de bajo impacto ambiental, para el biocontrol de *M. incognita* en *C. chinense*.

**Palabras clave:** antagonismo, control, nematodo agallado

<sup>1</sup>Campo Experimental Mocochoá. CIRSE. INIFAP. elian.herrera09@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Conkal

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Campeche





## Introducción

En Yucatán, en el año 2011, se diagnosticó la presencia del nematodo agallador *M. incognita* en al menos 17 especies de cultivos agrícolas (Herrera *et al.*, 2011), entre las que destaca el chile habanero (*C. chinense*), por su importancia social y económica (Macías *et al.*, 2013). En general, *M. incognita* induce en la raíz la formación de agallas (hipertrofia e hiperplasia), lo cual bloquea el flujo de agua y nutrimentos por el sistema vascular; esto disminuye el crecimiento de las plantas y causa clorosis, marchitez, caída de flores, frutos y pérdidas en la producción (Hernández *et al.*, 2011). El manejo de los nematodos se basa en la aplicación de nematicidas organofosforados y carbamatos (Marbán y Manzanilla, 2012). Sin embargo, por su toxicidad y persistencia ambiental existe la tendencia de evaluar alternativas de control compatibles con la sanidad de los agroecosistemas (Xie *et al.*, 2015), como los hongos antagónicos *Trichoderma* spp. (Szabó *et al.*, 2013). La eficiencia de *Trichoderma* spp. para regular poblaciones de parásitos radicales como los nematodos, depende principalmente del origen de la especie, de la interacción con el hospedero, de la capacidad para adaptarse al ambiente donde se incorporan y del tipo de parasitismos del nematodo (Zhang *et al.*, 2014; Al-Hazmi y TariqJaveed, 2016). En Yucatán, el estudio y la exploración de los recursos microbianos antagónicos a *Meloidogyne* spp., es incipiente. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar en condiciones de invernadero el efecto de cuatro especies nativas de *Trichoderma* en *C. chinense* y su capacidad para disminuir la severidad y reproducción de *M. incognita*.

## Materiales y métodos

### Inoculación de *C. chinense*

Las especies de *Trichoderma*, pertenecen a la colección de microorganismos nativos del laboratorio de Fitopatología del Instituto Tecnológico de Conkal, se activaron en medio de cultivo papa dextrosa agar. Después de su crecimiento y



esporulación se prepararon concentraciones de  $1 \times 10^6$  esporas/mL (Cubillos *et al.*, 2009). Posteriormente, se desinfestaron semillas de *C. chinense* cv. Calakmul (Candelero *et al.*, 2015) y se sembraron en charolas que contenían sustrato estéril Sunshine®. Se realizaron cuatro inoculaciones con la concentración de esporas indicada: la primera a las semillas al momento de la siembra y las otras tres, dirigidas a las raíces de las plántulas a los 10, 20 y 30 días después de la germinación. Se regaron y se fertilizó con Polyfeed® (17-17-17) dos veces por semana durante 47 días posteriores a la siembra.

### **Obtención del J<sub>2</sub> de *M. incognita***

De cultivos comerciales de *C. chinense* cv. Calakmul, se obtuvieron plantas con agallas inducidas por *M. incognita*. Las raíces agalladas se depositaron en bolsas de papel y se conservaron a 6°C en refrigeración durante 24 h. Se lavaron con agua corriente y se disectaron bajo el microscopio estereoscópico para extraer masas de huevos. Éstas se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1% durante 2 min y se lavaron con agua estéril hasta eliminar el desinfectante. Posteriormente, se concentraron en un matraz de 500 mL, se tomó 1 mL y se contabilizó para estimar y calibrar el inóculo.

### **Bioensayo de control de *M. incognita* en *C. chinense* con *Trichoderma* spp. en invernadero**

Para estimar el antagonismo que ejercen las especies de *Trichoderma* en *M. incognita* se tindalizó suelo mediante arrastre de vapor durante tres días por 1 h a 90°C, con el que se llenaron macetas de plástico de 2 kg de capacidad y se inocularon con 1 mL de agua que contenía 1,000 huevos larvados y 300 J<sub>2</sub> de *M. incognita*; posteriormente se trasplantó una planta de *C. chinense*. Se evaluaron seis tratamientos: 1. *Trichoderma harzianum*-C1, 2. *T. atroviride*, 3. *T. virens*, 4. *T. harzianum*-C2, 5. Nematicida (oxamil) en dosis de 240 ppm de i. a., aplicado con agua al suelo al momento del trasplante y 6. Control (sólo con nematodos). Para el manejo nutrimental de las plantas se consideró una fertilización con equilibrio químico 2:1:1, con las fuentes: nitrato de potasio (Ultrasol®, 12-00-46), fosfato



monoamónico (MAP®, 12-61-00) y urea (Magro®, 46-00-00), aplicada dos veces por semana hasta transcurrir 60 días.

### **Variables estimadas y análisis de datos**

Como variables de intensidad de daño se estimaron el número de agallas por raíz y índice de agallamiento (Taylor y Sasser, 1983), y como variables de reproducción del nematodo se consideraron: número de huevos y hembras por gramo de raíz (Herrera *et al.*, 2014). También, se consideraron variables de vigor agronómico: altura de planta, biomasa aérea seca, peso fresco, peso seco, volumen y largo de raíz. Cada tratamiento estuvo constituido por 10 repeticiones que constituyeron la unidad experimental, distribuidas en condiciones de invernadero en un diseño experimental completamente al azar. Con los valores de índice de agallamiento, los análisis de varianza (ANDEVA) se realizaron previa transformación mediante la función de arco seno ( $\sqrt{X}$ ). Con las demás variables respuestas, los ANDEVA se hicieron de una vía, y la comparación múltiple de medias con Tukey ( $P \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS, versión 9.3 del Institute Inc.

### **Resultados y discusión**

#### **Efecto de *Trichoderma* spp. en la intensidad de daño y reproducción de *M. incognita* en *C. chinense***

En plantas de *C. chinense*, las especies nativas de *Trichoderma* ejercieron un control significativo ( $P \leq 0.01$ ) de *M. incognita*. Al respecto, Candellero *et al.* (2015) con estas especies reportaron *in vitro* actividad nematicida del 82 al 100% en J<sub>2</sub>, con lo cual se demuestra su capacidad antagónica para reducir el daño y la reproducción del nematodo en las condiciones de estudio evaluada. Los tratamientos que disminuyeron significativamente el número de agallas por raíz respecto al control fueron: *T. atroviride*, *T. harzianum*-C1, *T. harzianum*-C2 y oxamil, con una reducción que osciló de 186 a 214%. En el índice de agallamiento y en la reproducción del nematodo, las especies de *Trichoderma* y la aplicación del oxamil ejercieron el





mismo efecto. Respecto al control, significó una reducción del índice de agallamiento del 70.25 a 82.91% y un decremento del número de huevos y de hembras por gramo de raíz del 77.16 al 82.69% y del 48.60 al 56.58%, respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Variables de intensidad de enfermedad y de reproducción de *M. incognita* estimadas a los 60 días después de su inoculación en plantas *C. chinense*, en los diferentes tratamientos.**

Tratamientos	Número de agallas/raíz	Índice de agallamiento (%)	Número de huevos/g de raíz	Número de hembras/g de raíz
<i>T. harzianum</i> -C1	84.90 ±7.86 <sup>c</sup>	6.75 <sup>b</sup>	149.20±7.85 <sup>b</sup>	30.40±4.64 <sup>b</sup>
<i>T. atroviride</i>	83.70 ± 8.08 <sup>c</sup>	6.75 <sup>b</sup>	161.60±15.33 <sup>b</sup>	28.80±6.84 <sup>b</sup>
<i>T. virens</i>	118.50±6.27 <sup>b</sup>	10.50 <sup>b</sup>	153.41±41.24 <sup>b</sup>	27.60± 4.35 <sup>b</sup>
<i>T. harzianum</i> -C2	87.40 ±14.39 <sup>c</sup>	6.75 <sup>b</sup>	132.90±13.55 <sup>b</sup>	29.20 ±1.75 <sup>b</sup>
Oxamil	91.90 ±5.98 <sup>c</sup>	11.75 <sup>b</sup>	175.40 ±13.81 <sup>b</sup>	25.70 ±2.35 <sup>b</sup>
Control	263.1±31.23 <sup>a</sup>	39.50 <sup>a</sup>	768.10± 67.74 <sup>a</sup>	59.20 ±5.20 <sup>a</sup>
DMS	20.07	8.40	45	5.98

El cuadro muestra promedios ± desviación estándar. n=10. DMS= diferencia mínima significativa. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

En el patosistema *Solanum lycopersicum-Meloidogyne javanica*, Al-Hazmi y TariqJaveed (2016) demostraron el efecto antagónico de *Trichoderma* spp. contra nematodos; al inocular *T. harzianum* y *T. virens* redujeron al menos en 47% el número de agallas. También, Sharon et al. (2001) reportaron reducciones de severidad de hasta un 82.16% con la aplicación de *T. harzianum*-P2, y Sahebani y Hadavi (2008) observaron que a mayor concentración de esporas de *T. harzianum*, se redujeron, más del 50% el número de agallas y masas de huevos/raíz. Los resultados de este estudio y otros reportes evidencian la capacidad de *Trichoderma* spp. para disminuir la severidad y reproducción de nematodos parásitos de plantas. Sin embargo, Vinale et al. (2008) sugirieron que el control que ejerce *Trichoderma* spp. está asociado con varios factores: la capacidad para adaptarse al ambiente donde se introducen, la habilidad para reconocer y colonizar raíces, así como tolerar metabolitos tóxicos durante la interacción con sus hospederos. Asimismo, Nawrocka y Malolepsza (2013) indicaron que su capacidad biocontroladora es mediada por la activación de mecanismos de defensa de la planta cuando estos



microorganismos benéficos colonizan la rizosfera y limitan la reproducción de fitopatógenos, y por la acción directa de *Trichoderma* a través de su parasitismo y antibiosis (Sharon *et al.*, 2001).

### Efecto de *Trichoderma* spp. en variables de vigor agronómico de *C. chinense*

Los ANDEVA registraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en las variables de vigor agronómico. En *C. chinense*, la mayor altura de plantas se registró con las especies *T. atroviride*, *T. harzianum*-C1 y *T. harzianum*-C2. La producción de biomasa aérea seca y crecimiento de la raíz se favorecieron con la inoculación de *Trichoderma* spp. o la aplicación de oxamil (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Variables de vigor agronómico estimadas en *C. chinense* a los 60 días después de la inoculación de *M. incognita* en los diferentes tratamientos.**

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Biomasa aérea seca (g)	Peso fresco de raíz (g)	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )
<i>T. harzianum</i> -C1	41.90 ± 4.97 <sup>ab</sup>	9.82 ± 1.41 <sup>a</sup>	51.03 ± 10.13 <sup>a</sup>	54 ± 6.99 <sup>a</sup>
<i>T. atroviride</i>	40.80 ± 3.93 <sup>ab</sup>	10.61 ± 0.95 <sup>a</sup>	50.76 ± 5.00 <sup>a</sup>	54 ± 5.67 <sup>a</sup>
<i>T. virens</i>	39.60 ± 3.62 <sup>b</sup>	9.94 ± 1.41 <sup>a</sup>	50.71 ± 4.12 <sup>a</sup>	52 ± 4.83 <sup>a</sup>
<i>T. harzianum</i> -C2	43.75 ± 2.74 <sup>ab</sup>	10.42 ± 1.25 <sup>a</sup>	47.32 ± 4.72 <sup>a</sup>	53 ± 4.21 <sup>a</sup>
Oxamil	44.90 ± 3.14 <sup>a</sup>	10.69 ± 0.99 <sup>a</sup>	54.37 ± 4.59 <sup>a</sup>	57.70 ± 7.08 <sup>a</sup>
Control	29.10 ± 3.24 <sup>c</sup>	6.87 ± 1.10 <sup>b</sup>	30.82 ± 3.32 <sup>b</sup>	30.80 ± 3.29 <sup>b</sup>
DMS	4.86	1.59	7.61	7.3

El cuadro muestra promedios ± desviación estándar. n=10. DMS= diferencia mínima significativa. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey,  $P = 0.05$ ).

Los beneficios de implementar cepas nativas e introducirlas en los sistemas de producción se confirman con los efectos reportados en *C. chinense*; cuando Candellero *et al.* (2015) al inocular especies nativas de *Trichoderma*, incrementaron la altura de plantas (55.57%), biomasa aérea seca (41.17 a 47.05%) y crecimiento radical (29 a 84.61%) en comparación con las plantas no inoculadas. En *C. annuum* var. Parbhani Tejas, Deshmukh *et al.* (2012) reportaron con *T. harzianum* y *T. viride* incrementos en la germinación de semillas de un 87 a 98%. Ananthi *et al.* (2014) observaron que la inoculación de *T. harzianum* y *T. viride* en combinación con el hongo micorrizógeno arbuscular *Glomus fasciculatum* favorecieron la ganancia



de biomasa aérea fresca en un 69.17% y seca en un 86.46%, así como raíces un 30% más largas.

## Conclusión

La aplicación de especies nativas de *Trichoderma*, en *C. chinense*, mostraron un antagonismo contra *M. incognita* y mejoraron el crecimiento y vigor de las plantas.

## Literatura citada

- Al-Hazmi, A. S. and M. TariqJaveed. 2016. Effects of diferents inoculum densities of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Meloidogyne javanica* on tomato. Saudi J. Biol. Sci. 23:288-292.
- Ananthi, M., P. Selvaraju and K. Sundaralingam. 2014. Effect of biopriming using biocontrol agents on seed germination and seedling vigour in chili (*Capsicum annum* L.) PKM 1. J. Hort. Sci. Biotechnol. 89(5):564-568.
- Candelerio, D. J., J. Cristóbal A., A. Reyes R., M. Tun J. y E. Ruíz S. 2015. *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*. Phytion 84:113-119.
- Cubillos, H. J., N. Valero y L. Mejía. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa Degener). Agron. Colomb. 27:81-86.
- Deshmukh, R. R., K. T. Apet, H. N. Kamble and U. Dey. 2012. Effect of diferent bio-inoculants on germination and biometric characters of chili (var. Parbhani Tejas). Int. J. Plant Prot. 5(29):252-255.
- Herrera, P. E., J. Cristóbal A., J. M. Tun S., J. A. Góngora J. y T. C. Lomas B. 2011. Nematofauna nociva (*Meloidogyne* spp.) en cultivos hortícolas tropicales: distribución y perspectivas de manejo en Yucatán. p. 125-136. In: Gamboa, A. M. y R. Rojas H. (eds.). Recursos genéticos microbianos de la zona Golfo-Sureste de México. Vol. 1. SUBNARGEN. SAGARPA.





- Herrera, P. E., M. G. Lozano C., F. Santamaría B., J. Cristóbal A., A. J. Cabrera H. y N. Marbán, M. 2014. Inoculantes micorrícicos para el control de *Rotylenchulus reniformis* (Tylenchida: Hoplolaimidae) en *Carica papaya* cv. Maradol. *Nematropica* 44:218-227.
- Hernández, M. J. L., M. I. Sánchez P., J. G. García O., N. Mayek P., J. M. González P. y J. C. Quiroz V. 2011. Caracterización molecular y agronómica de aislados de *Trichoderma* spp. nativos del noroeste de México. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 13(2):176-185.
- Macías, R. H., J. A. Muñoz V., M. A. Velásquez V., M. C. Potisek T. y M. M. Villa C. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la Península de Yucatán. *RChSZA* 12(2):37-43
- Marbán, M. N. and R. E. Manzanilla L. 2012. Chemical and non-chemical tactics to control plant-parasitic nematodes. p.729-759. *In: Manzanilla-López R. H. and N. Marbán-Mendoza (eds.). Practical plant nematology. Mundi-Prensa. Madrid España. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México*
- Nawrocka, J. and U. Malolepsza. 2013. Diversity in plant systemic resistance induced by *Trichoderma*. *Biol. Control* 67:149-156.
- Sahebani, N. and N. Hadavi. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biol. Biochem.* 40:2016-2020.
- Sharon, E., E. M. Bar, E. A. Herrera, O. Kleifeld and Y. Spiegel. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Biol. Control* 81(7):687-693.
- Szabó, M., P. Urbán, F. Virányi, L. Kredics and C. Fekete. 2013. Comparative gene expression profiles of *Trichoderma harzianum* proteases during *in vitro* nematodes egg-parasitism. *Biol. Control* 67:337-343.
- Taylor, A. y J. Sasser. 1983. Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). p. 89-95. *In: Proyecto Internacional de Meloidogyne (MIP). Departamento de Fitopatología. Universidad del Estado de Carolina del Norte. Raleigh, NC, USA.*
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, L. Ghisalberti, R. Marra, S. L. Woo and M. Lorito. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biol. Biochem.* 40:1-10.



- Xie, H., D. Yan, L. Mao, Q. Wang, Y. Li, C. Ouyang *et al.* 2015. Evaluation of methyl bromide alternatives efficacy against soil-borne pathogens, nematodes and soil microbial community. *Plos One*. 10(2):1-12.
- Zhang, S., Y. Gan, and B. Xu. 2014. Efficacy of *Trichoderma longibrachiatum* in the control of *Heterodera avenae*. *BioControl* 59:319-331.



## PROGRAMACION DE RIEGOS OFF-LINE, MEDIANTE UN MODELO DE TRANSPIRACIÓN PARA CULTIVOS EN INVERNADERO

Antonio Martínez Ruiz<sup>4\*</sup>, Julio Torres Sandoval<sup>5</sup>, Rocío Cervantes Osornio<sup>5</sup> y Cándido  
Mendoza Pérez<sup>6</sup>

### Resumen

La aplicación de los modelos de transpiración en el manejo del riego dentro de la agricultura, ha venido tomando auge, debido principalmente a la gran necesidad de agua por los cultivos y a su baja disponibilidad para la agricultura de riego. Uno de los retos para la investigación agrícola es obtener el máximo rendimiento junto con un óptimo crecimiento posible del cultivo utilizando la menor cantidad de agua posible. El objetivo de este trabajo fue calibrar y validar un modelo simplificado para determinar el consumo hídrico para dos intervalos de índice de área foliar de un cultivo de jitomate hidropónico en invernadero. Para realizar la presente investigación se estableció un experimento de jitomate hidropónico en invernadero, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Campo Experimental de la Preparatoria Agrícola. Se utilizó la variedad 'Rafaelo' de crecimiento indeterminado. Se instaló una estación meteorológica Campbell Scientific, utilizando un sensor modelo HMP50, para la medición de la temperatura del aire y humedad relativa. La radiación solar global se midió con un piranómetro modelo CMP3-L. Los datos de los sensores se almacenaron en un datalogger modelo CR1000 con intervalos de cada minuto. Para la medición de la transpiración se instaló un lisímetro de pesada en la parte central del invernadero, el cual consistió en una balanza Sartorius modelo QA, con capacidad de 120 kg  $\pm$  0.5 g de precisión. Los estadísticos que resultaron para el intervalo de IAF (1.8 - 2.3), fueron mejores, ya que el error disminuyó a medida que los índices de área foliar fueron más bajos. Para

<sup>4</sup>Campo Experimental San Martinito. CIRGOC. INIFAP. [amartinezr8393@gmail.com](mailto:amartinezr8393@gmail.com)

<sup>5</sup>Campo Experimental Valle de México. CIRCE. INIFAP.

<sup>6</sup>Colegio de Postgraduados.





el caso de la evaluación del modelo, los valores de los estadísticos para RMSE, MSE e I fueron similares a los encontrados en la calibración con ajustes del 99%. Este modelo es una opción ampliamente recomendada, para la aplicación práctica en la determinación del consumo hídrico de los cultivos.

**Palabras clave:** uso consuntivo, estrés hídrico, productividad hídrica, modelos de simulación

## Introducción

Las hojas pierden agua a través de sus poros estomáticos como efecto de la actividad fotosintética de las células del mesófilo (Lambers *et al.*, 2008). A esa pérdida de agua se le conoce como transpiración, caracterizada por un proceso de intercambio gaseoso en el que sale vapor de agua y entra dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Kim *et al.*, 2010; Maurel *et al.*, 2016). Es una secuencia de procesos de transporte del agua desde el suelo, a través de la planta, y finalmente a la atmósfera (Maurel *et al.*, 2016). Los principales factores que intervienen en la transpiración o en la apertura estomática son la temperatura y el déficit de presión de vapor. La desconexión entre la temperatura del aire y la transpiración puede relacionarse a los diferentes efectos de la temperatura y DPV en los estómas. Regularmente, el aumento de la temperatura causa incremento en el DPV (Hardwick *et al.*, 2015), mientras que el incremento en la temperatura a menudo causará a las plantas la apertura estomática (Kudoyarova *et al.*, 2011; Mäenpää *et al.*, 2011; Sadras *et al.*, 2012; Way *et al.*, 2013), aunque es confundido con el aumento del DPV, que también suele provocar cierre estomático.

El grado de cierre de estomas es más fuertemente impulsado por T o VPD; a su vez, puede verse influido también por un proceso de aclimatación de los estomas que modifican las respuestas a T y VPD, complicando aún más la respuesta de las plantas a los cambios climáticos (Marchin *et al.*, 2016). Otro de los factores claves a considerar en el estudio de la transpiración, es la radiación solar. La respuesta a la



luz azul es promovida en gran medida por las fototropinas, con posibles contribuciones de zeaxantina o fitocromo bajo ciertas condiciones. Estos fotoreceptores de luz azul intervienen en la flexión fototrófica de los brotes, el movimiento del cloroplasto y el fototropismo negativo de las raíces (Fan *et al.*, 2004). La aplicación de los modelos de transpiración en el manejo del riego, dentro de la agricultura, ha venido tomando auge, debido principalmente a la necesidad de agua por los cultivos y a su baja disponibilidad para la agricultura de riego. El mayor uso del recurso agua está en el sector agrícola; en tiempos recientes, se tienen problemas de rentabilidad, requiriéndose una atención prioritaria en la programación de riego (García y Vázquez, 2004). Uno de los retos para la investigación agrícola es obtener el máximo rendimiento junto con un óptimo crecimiento de un cultivo utilizando la menor cantidad de agua posible, especialmente en condiciones donde la única forma de aportación es la proporcionada por el riego. La programación del riego es un conjunto de procedimientos técnicos desarrollados para predecir cuánto y cuando regar. El manejo del riego en sustrato, es uno de los factores más importantes para conseguir altos rendimientos y buena calidad de fruto. Esta actividad requiere más relevancia debido a que el uso de sustrato es cada vez más común en los invernaderos y la cantidad de agua que éstos pueden almacenar es relativamente reducida. En tales condiciones se hace necesario suministrar láminas de riegos pequeñas y frecuentes, aplicadas con la mayor precisión. Por otro lado, la dinámica de la transpiración en el invernadero está sujeta a cambios de corto plazo en el clima (Castellanos, 2009). El objetivo de este trabajo fue calibrar y validar un modelo simplificado para determinar el consumo hídrico para dos intervalos de índice de área foliar de un cultivo de jitomate hidropónico en invernadero.



## **Materiales y métodos**

### **Cultivo**

Se estableció un experimento de jitomate hidropónico en invernadero, en el Campo Experimental de la Preparatoria Agrícola dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, con ubicación geográfica 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste. Se utilizó la variedad 'Rafaelo', de crecimiento indeterminado, la cual se sembró, el 7 de abril de 2011 y se trasplantó el 7 de mayo del mismo año, a una densidad de 2.6 plantas/m<sup>2</sup>. Se proporcionaron al cultivo las prácticas de manejo similares a las de un cultivo comercial bajo condiciones óptimas de riego y nutrición. Se utilizó una mezcla de tezontle y fibra de coco en una proporción (70:30) en bolsas de polietileno, de 45 x 45, blancas por fuera y negras por dentro, con un marco de plantación a tres bolillos con dos plantas por bolsa.

### **Invernadero**

El ensayo se realizó en un invernadero tipo sierra, con ventilación cenital, con orientación norte-sur, cubierta de plástico calibre 700, tratado contra rayos ultravioleta, constituido de tres naves de dimensiones 8.5 x 76 m, sumando un área de 1,938 m<sup>2</sup>. Cuenta con tres ventanas cenitales de 1.6 x 76 m, cubiertas de malla antiáfidos de 24 x 40 hilos/in<sup>2</sup>, con apertura y cierre semi-automatizada. Cuenta con un sistema de riego por goteo con estacas, con goteros auto-compensados de 8 L/h, con distribuidores de cuatro salidas, tubines y estacas para cada planta, con un sistema de inyección automatizado de riegos; se programaron ocho riegos al día.

### **Variables climáticas**

Se instaló una estación meteorológica Campbell Scientific (Campbell Scientific, INC, USA) en el interior del invernadero. Se utilizó un sensor modelo HMP50, para la medición de la temperatura del aire y humedad relativa, el cual se instaló dentro de un tubo de 50 cm de largo, provisto de un extractor de aire, para evitar la incidencia directa de la radiación solar sobre el sensor. La radiación solar global se midió con



un piranómetro modelo CMP3-L (Kipp y Zonen). Los datos de los sensores de almacenaron en un datalogger modelo CR1000 con intervalos de cada minuto; se almacenaron 39 de días de datos.

### Medición de la transpiración

Para la medición de esta variable se utilizó la metodología usada por Sánchez *et al.* (2008). Se instaló un lisímetro de pesada en la parte central del invernadero, cual consistió en una balanza Sartorius modelo QA, con capacidad de 120 kg  $\pm$ 0.5 g de precisión, sobre el cual se colocó una estructura de metal diseñada para aislar la unidad experimental del sistema de cultivo, capaz de contener cuatro macetas con dos plantas cada maceta. Se cubrió con un plástico blanco con la finalidad de evitar la pérdida de agua por evaporación. La tasa de transpiración bajo esta metodología, se definió como la masa medida de manera continua por la balanza en un intervalo de tiempo corto, entre dos registros de pesada sucesivos. Se colectaron dos bloques de datos: un bloque de 25 días, de los cuales nueve días se utilizaron para calibración y nueve para el proceso de validación, y otro bloque de 14 días (seis para calibración y ocho para validación del modelo), las simulaciones se llevaron a cabo con promedios de cada 15 minutos, aludiendo al hecho de que el manejo del riego en sistemas hidropónicos, la frecuencia de riego es mayor que en cultivos en suelos. Esta variable se almacenó cada minuto, obteniéndose 39 días de datos, en cuatro bloques, así mismo, se midió en el índice de área foliar entre cada bloque de datos cada 15 días, con un integrador de área foliar LI-COR modelo LI-3100, para ello se seleccionaron cuatro plantas de manera aleatoria.

### Modelo de Baille

En el presente trabajo se usó el modelo propuesto por Baille *et al.* (1994), el cual está basado en la ecuación para transpiración de Penman-Monteith (Monteith y Unsworth, 2013). Esta ecuación cuando se aplica a cultivos en invernadero (Medrano, 2005; Sánchez *et al.*, 2008; 2011; Martínez-Ruiz *et al.*, 2012) se describe como sigue:

$$LE = Af_1(IAF)R_g + Bf_2(IAF)D \quad (1)$$





Para  $f_1 = 1 - \exp(-\alpha IAF)$  y  $f_2 = IAF$  por lo finalmente se tiene

$$LE = A[1 - \exp(-\alpha IAF)] R_g + B(IAF)D \quad (2)$$

Donde  $E$  es la tasa de evapotranspiración del cultivo [ $\text{kg}/\text{m}^2 \text{15min}^{-1}$ ],  $R_g$  es la radiación solar incidente [ $\text{W}/\text{m}^2$ ],  $D$  es el déficit de presión de vapor [Pa],  $IAF$  es el índice de área foliar [ $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ],  $f_1$  y  $f_2$  son funciones adimensionales de  $IAF$ .  $A$  y  $B$  son parámetros del modelo ( $A$ , adimensional;  $B$ , [ $\text{Wm}^{-2}\text{Pa}^{-1}$ ]). El parámetro  $A$  se refiere al término radiactivo y  $B$  al término aerodinámico (a veces llamado término advectivo). Por lo tanto,  $A$  y  $B$  también se les conocen como coeficiente de radiación y coeficiente aerodinámico respectivamente.

La presión de vapor a saturación mantiene una relación exponencial con la temperatura del aire  $T_a$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]. Teniéndose como ecuación lo siguiente:

$$e_s(T_a) = 610.8 \exp\left[\frac{17.27T_a}{T_a + 237.3}\right] \quad (3)$$

La presión real de vapor del aire se calcula comúnmente de la humedad relativa (HR).

$$HR = 100 \frac{e_a}{e_s(T_a)} \quad (4)$$

Donde;  $e_a$  es la presión de vapor actual [Pa];  $e_s(T_a)$  es la presión de vapor a saturación [Pa] a la temperatura del aire  $T_a$  [ $^{\circ}\text{C}$ ].

A la diferencia de la presión de vapor a saturación y la presión de vapor actual del aire se le conoce como déficit de presión de vapor y se denota por la letra  $D$ .

$$D = e_s(T_a) - e_a \quad (5)$$

### Procedimiento de calibración

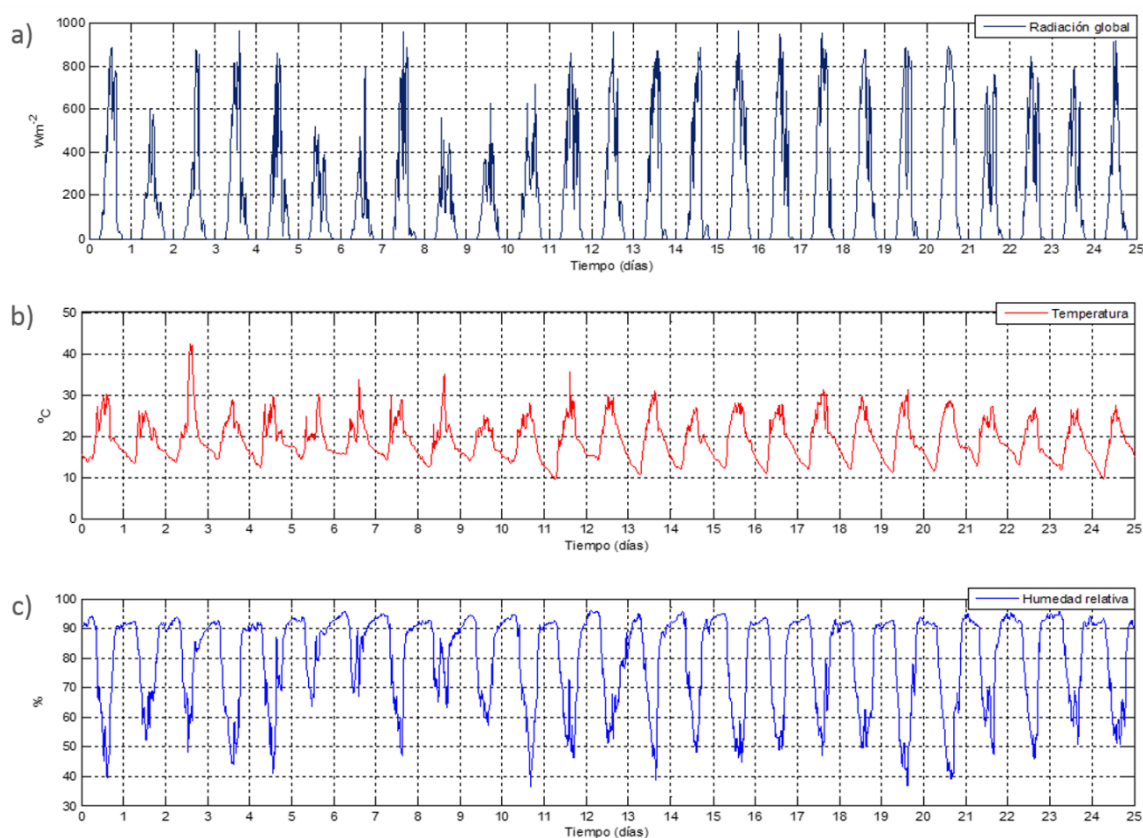
La calibración se realizó mediante el método de mínimos cuadrados no lineales con el algoritmo de Levenberg-Marquardt, el cual consiste en encontrar el error mínimo del cuadrado de las diferencias entre los valores observados y valores predichos por el modelo, en una subrutina de Matlab 2016a (Mathworks) y para evaluar la calidad



de ajuste de la calibración y validación se utilizaron los estadísticos: Raíz del Cuadrado Medio del Error (RMSE), Error Absoluto Promedio (MSE), e índices de ajuste (I).

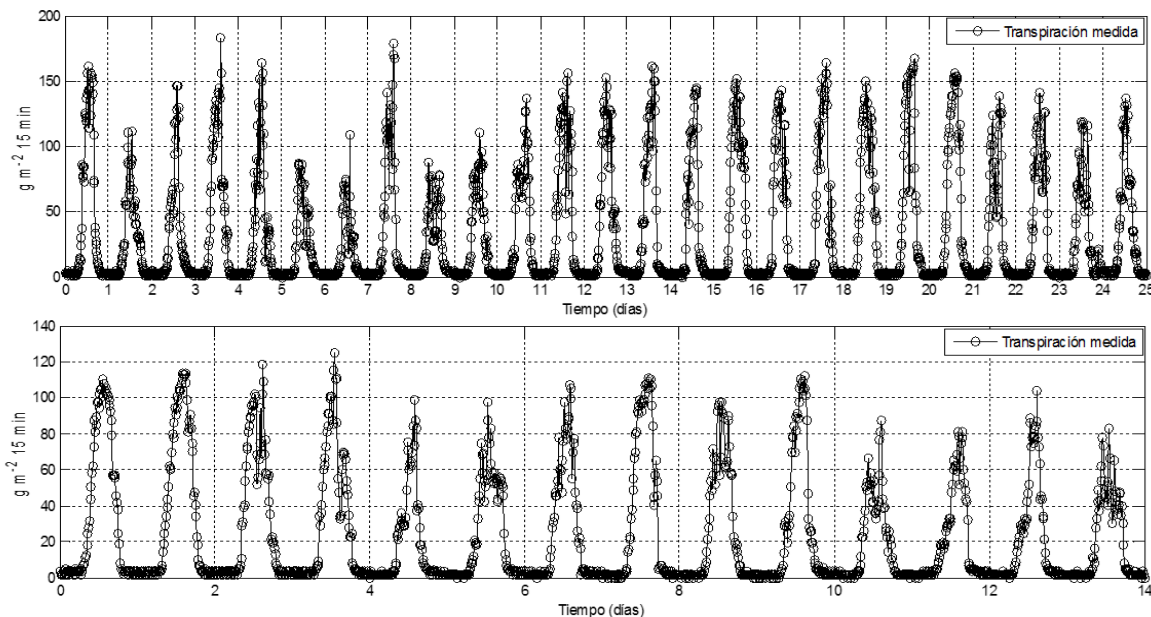
## Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta la muestra de un bloque de datos de 25 días consecutivos, de las variables climáticas medidas dentro del invernadero, para un ciclo de cultivo de primavera-verano. En ella se observan valores de radiación máxima de  $400 \text{ Wm}^{-2}$  para días nublados y valores de  $900 \text{ Wm}^{-2}$  para días soleados. Se registró una temperatura mínima de  $10^\circ\text{C}$  y máxima de  $40^\circ\text{C}$ . humedad relativa de 70% para un día nublado y valor máximo de 40% para un día soleado.



**Figura 1. Variables meteorológicas: a) Radiación solar global, b) Temperatura, c) Humedad relativa, de 25 días medidas dentro del invernadero.**

Para la tasa de transpiración medida con el lisímetro de pesada (Figura 2) se encontró que para índice de área foliar de 2.3 a 3.02 una transpiración promedio de  $150 \text{ g m}^{-2} 15 \text{ min}^{-1}$  ( $42.8 \text{ mL planta}^{-1} 15 \text{ min}^{-1}$ ) y para índices de área foliar de 1.8 - 2.3 resultó un valor promedio de  $100 \text{ g m}^{-2} 15 \text{ min}^{-1}$  ( $28.6 \text{ mL planta}^{-1} 15 \text{ min}^{-1}$ ). Para días nublados se observa que la tasa de transpiración se reduce a la mitad y se encuentra en correspondencia con valores altos de humedad relativa y reducción de la radiación solar global, por lo que queda claro que la transpiración de los cultivos es un proceso altamente dinámico, que responde de manera inmediata a las variaciones o perturbaciones de las condiciones del clima dentro del invernadero.



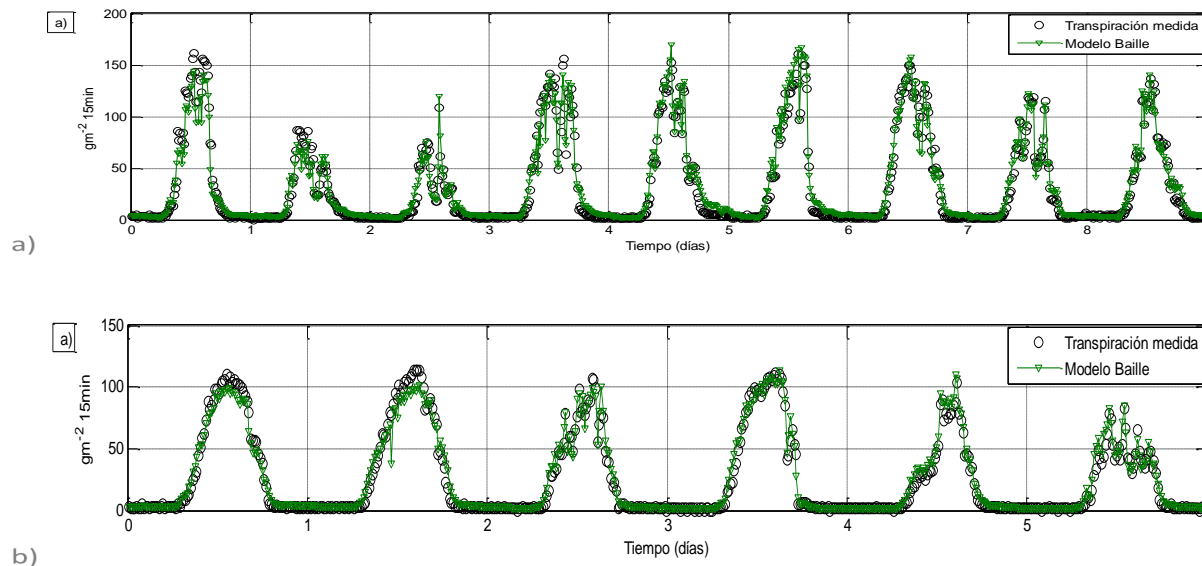
**Figura 2. Transpiración medida para el cultivo de jitomate en invernadero de 25 días a) 2.3 - 3.02, b) IAF de 1.8 - 2.3.**

Con la finalidad de encontrar los valores correctos de los parámetros del modelo de Baille se realizó el proceso de calibración (Figura 3) y posteriormente la evaluación (Figura 4). Para el parámetro radiativo (A) disminuyó su valor cuando disminuyó el índice de área foliar, siguiendo un comportamiento inverso con los otros dos parámetros que tienen que ver con el déficit de presión de vapor (parámetros aerodinámicos). Los valores de los parámetros que resultaron de la calibración coinciden con los mencionados por Martínez-Ruiz *et al.* (2012; 2019). Los estadísticos



que resultaron con intervalos de IAF de (1.8 - 2.3), fueron mejores, ya que el error disminuyó a medida que los índices de área foliar fueron más bajos (Figura 1). Para el caso de la evaluación del modelo (Cuadro 2), los valores de los estadísticos para RMSE, MSE e I fueron cercanos a los encontrados en la calibración, y ajustes del 99% en ambos casos, resultados similares en la bondad de ajuste fueron encontrados por (Sánchez *et al.*, 2011; Medrano *et al.*, 2005).

### Calibración del modelo



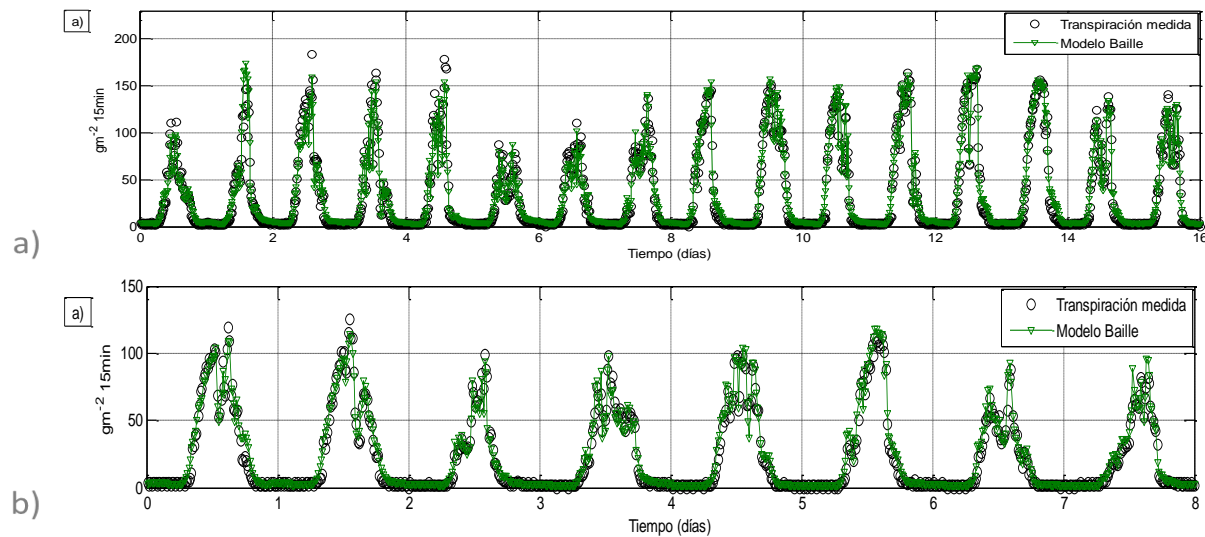
**Figura 3. Calibración del modelo de Baille para transpiración a) para IAF 2.3 - 3.02, b) para IAF de 1.8 - 2.3.**

**Cuadro 1. Parámetros estadísticos de la calibración del modelo de Baille para IAF de 2.3 - 3.02 y 1.8 - 2.3.**

IAF	Parámetros	RMSE	MSE	Índice de ajuste
2.3 <Tr <3.02	A	0.33	8.081	65.30
	Bd	30.55		
	Bn	14.99		
1.8 <Tr ≤ 2.3	A	0.27	5.744	32.99
	Bd	32.35		
	Bn	22.00		



## Validación del modelo



**Figura 4. Validación de los modelos de transpiración de Baille, a) IAF 2.3 - 3.02, b) IAF de 1.8 - 2.3.**

**Cuadro 2. Parámetros estadísticos de la validación del modelo de Baille para IAF de 2.3 - 3.02 y 1.8 - 2.3.**

IAF	Parámetros	RMSE	MSE	Índice de ajuste
2.3 <Tr <3.02	A	0.33	8.445	71.333
	Bd	30.55		
	Bn	14.99		
1.8 <Tr ≤ 2.3	A	0.27	5.728	32.811
	Bd	32.35		
	Bn	22.00		

## Conclusiones

1. El modelo de Baille, que posee una estructura matemática simple, proviene de una simplificación del modelo complejo de Penman-Monteith, por lo tanto, las leyes físicas que tienen que ver con el balance de masa y energía se siguen cumpliendo.
2. De acuerdo a los resultados encontrados, este modelo es una opción ampliamente recomendada, para la aplicación práctica en la determinación del consumo hídrico de los cultivos, y puede ser de utilidad para implementar



estrategias de control en la programación de riego, basados en la variable transpiración en interacción con las condiciones climáticas en el interior de los invernaderos. 3. La calibración de los parámetros del modelo se realizó sin ninguna complicación y las predicciones hechas por el modelo tanto en la calibración y validación fueron satisfactorios.

### Literatura citada

- Baille, B., A. Baille and L. Claude. 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs climate factors and leaf area. *Sci. Hortic.* 59:217-232.
- Castellanos, Z. J. (ed.). 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. 1a ed. Ed. Intagri. Celaya Gto., México. 458 p.
- Fan, L. M., Z. Zhao and S. M. Assmann. 2004. Guard cells: A dynamic signaling model. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7(5):537-546.
- García, M. y O. Vázquez 2004. Programación de riego en invernadero por el método de radiación. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México.
- Hardwick, S. R., R. Toumi, M. Pfeifer, E. C. Turner, R. Nilus and R. M. Ewers. 2015. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. *Agr. Forest Meteorol.* 201:187-195.
- Kim, T. H., M. Ohmer, H. Hu, N. Nishimura and J. I. Schroeder. 2010. Guard cell signal transduction network: Advances in understanding abscisic acid, CO<sub>2</sub>, and Ca<sub>2+</sub> signaling. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61:561-591.
- Kudoyarova, G., S. Veselova, W. Hartung, R. Farhutdinov, D. Veselov and G. Sharipova. 2011. Involvement of root ABA and hydraulic conductivity in the control of water relations in wheat plants exposed to increased evaporative demand. *Planta* 233(1):87-94.
- Lambers, H., F. S. Chapin III and T. L. Pons. 2008. *Plant physiological ecology*. 2<sup>nd</sup> ed. Springer. New York, USA. 610 p.



- Mäenpää, M., J. Riikonen, S. Kontunen-Soppela, M. Rousi and E. Oksanen. 2011. Vertical profiles reveal impact of ozone and temperature on carbon assimilation of *Betula pendula* and *Populus tremula*. *Tree Physiol.* 31(8):808-818.
- Marchin, R. M., A. A. Broadhead, L. E. Bostic, R. R. Dunn and W. A. Hoffmann. 2016. Stomatal acclimation to vapour pressure deficit doubles transpiration of small tree seedlings with warming. *Plant Cell Environ.* 39(10):2221-2234.
- Martínez-Ruiz, A., I. L. López-Cruz, A. Ruiz-García y A. Ramírez-Arias. 2012. Calibración y validación de un modelo de transpiración para gestión de riegos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. *REMEXCA 3(SPE4):757-766.*
- Martínez-Ruiz, A., I. L. López-Cruz, A. Ruiz-García, J. Pineda-Pineda and J. V. Prado-Hernández. 2019. HortSyst: A dynamic model to predict growth, nitrogen uptake, and transpiration of greenhouse tomatoes. *Chil. J. Agr. Res.* 79(1):89-102.
- Maurel, C., L. Verdoucq and O. Rodrigues. 2016. Aquaporins and plant transpiration. *Plant Cell Environ.* 39(11):2580-2587.
- Medrano E., P. Lorenzo, S. Cruz y M. Ignacio. 2005. Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Sci. Hortic.* 105:163-175.
- Monteith, J. L. and M. H. Unsworth 2013. Principles of environmental physics. 4th ed. Academic Press. Oxford, UK. 401 p.
- Sadras, V. O., A. Montoro, M. A. Moran and P. J. Aphalo. 2012. Elevated temperature altered the reaction norms of stomatal conductance in field-grown grapevine. *Agr. Forest Meteorol.* 165:35-42.
- Sánchez, J. A., F. Rodríguez, J. L. Guzmán, M. Berenguel y M. D. Fernández. 2008. Modelado de la transpiración de un cultivo de tomate bajo invernadero para el diseño de sistemas de control de riego. XXIX Jornadas de Automática. Tarragona, España. 8 p.
- Sánchez J. A., F. Rodríguez, J. L. Guzmán, M. Ruiz A. and M. D. Fernández 2011. Modelling of tomato crop transpiration dynamics. *Acta Hortic.* 893:729-738.
- Way, D. A., J. C. Domec and R. B. Jackson. 2013. Elevated growth temperatures alter hydraulic characteristics in trembling aspen (*Populus tremuloides*) seedlings: Implications for tree drought tolerance. *Plant Cell Environ.* 36(1):103-115.



## BIOFERTILIZANTES DE HONGO MICORRÍZICO Y *Trichoderma harzianum* EN EL DESARROLLO DE *Aloe vera* A NIVEL DE VIVERO

Oscar David Méndez Brindis<sup>7</sup>, Hortensia Brito Vega<sup>\*7</sup>, José Manuel Salaya Domínguez<sup>7</sup>, Rosa María Salinas Hernández<sup>7</sup>, Edmundo Gómez Méndez<sup>7</sup> y Nicolás de Jesús Cruz López<sup>7</sup>

### Resumen

El trabajo tuvo como objetivo evaluar al hongo micorrízico arbuscular *Glomus* sp., *Trichoderma harzianum* y el producto comercial Organozima® en el desarrollo y crecimiento de sábila [*Aloe vera* (L.) Burm. f.], a nivel de vivero, en el trópico húmedo del estado de Tabasco, México. El experimento se estableció usando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (T1. *T. harzianum* + Organozima®), T2. *Glomus* sp. + Organozima®, T3. *T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozima®, T4. (Organozima® y T5. Testigo (agua). El número de repeticiones fue 10, para un total de 50 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de una planta de sábila en una bolsa de plástico negra de 15 x 15 cm, utilizando como sustrato tierra negra + arena de río en relación 1:1. La toma de datos fue cada 15 días durante 90 días. La dosis preparada fue  $1 \times 10^6$  esporas/L, aplicando 10 mL por planta. La aplicación de productos fue manualmente con una probeta para en el riego. Las variables a evaluar fueron: 1. Número de hojas por planta, 2. Altura de las hojas (cm), y 3. Diámetro del tallo basal (cm). El tratamiento que presentó óptimos resultados en las tres variables fue *T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozima®. En orden decreciente siguió Organozima®, *Glomus* sp. + Organozima®, y *T. harzianum* + Organozima®, en el que hubo crecimiento y desarrollo lento en número y altura de hojas, y el diámetro del tallo de *A. vera*; el tratamiento testigo (agua) que fue el menos eficiente en el desarrollo de las tres variables estudiadas.

<sup>7</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. hortensia.brito@ujat.mx





**Palabras clave:** sábila, *Glomus*, Organozima®, sustrato, orgánico

## Introducción

La utilización de biofertilizantes constituye una oportunidad de desarrollar y expandir el potencial productivo de los suelos y brindar una elevada calidad nutricional a planta y en los alimentos, sin agredir el medio ambiente. Estos biofertilizantes se pueden producir con elementos que existen en el medio de quien esté plantando (Bizzozero, 2006). En los últimos años existe interés creciente en los organismos benéficos del suelo que promueven el crecimiento de las plantas, y en algunos casos evitar la infección del tejido vegetal por patógenos (García-Garrido y Ocampo, 2002; Camarena-Gutiérrez, 2012). Las interacciones entre planta y microorganismos repercuten en un aumento en el crecimiento de las plantas, en la ramificación y aumento de las raíces, debido a los mecanismos de promoción de crecimiento, tales como la producción de sustancias reguladoras de crecimiento, supresión de patógenos, fijación de nitrógeno y solubilización de fósforo (Pérez-Luna *et al.*, 2012). Las plantas han desarrollado numerosas estrategias desde que colonizaron los ecosistemas terrestres, para hacer frente a los diversos retos bióticos y abióticos. Una de las más eficaces es la capacidad de los sistemas de raíces, para establecer relaciones simbióticas mutualistas benéficas con los microorganismos (Camarena-Gutiérrez, 2012).

El hongo micorrízico arbuscular y el *Trichoderma* se asocian en forma intrincada con las raíces de las plantas (Giovannetti y Mosse, 1980; López-Ferrer *et al.*, 2017). Esta asociación cumple una función muy importante en la explotación eficaz de los recursos minerales del suelo y en la protección de las raíces contra una serie de patógenos. Por ello, estos hongos benéficos son fundamentales para la supervivencia de muchos taxones de plantas en diversos ecosistemas, incluyendo muchas especies de cultivo (Bethlenfalvay y Linderman, 1992; Camarena-Gutiérrez, 2012). Se ha incrementado significativamente el uso de las micorrizas y *Trichoderma* como biofertilizantes, bioprotectores y biorestauradores, por todos los beneficios y



funciones que otorga cada uno, para la protección de los cultivos (López-Ferrer et al., 2017; Camarena-Gutiérrez, 2012). Pese al incremento de estos biofertilizantes en la agricultura, se han empleado en otros cultivos.

En uno de estos cultivos que es de interés producción, comercial y económica es la sábila [*Aloe vera* (L.) Burm. f.], en el cual existen escasas investigaciones acerca del tema. El cultivo de *A. vera* en Tabasco no es de gran importancia comercial; sin embargo, poco a poco está incrementando la producción y desarrollo de la sábila en el trópico húmedo, la cual tiene importancia económica a nivel nacional e internacional. Este cultivo posee en su composición una gran cantidad de elementos benéficos para la salud del cuerpo humano, los que además son aprovechados, entre otros, en el uso cosmetológico y alimenticio, respaldado por estudios científicos realizados por diferentes laboratorios y universidades en todo el mundo (Burni et al., 2013; Carrie-Jo et al., 2019.). En los últimos años se ha podido percibir un reciente interés por la planta de sábila por los productores tabasqueños debido a la ascendente demanda a nivel internacional y nacional, e incluido las bondades agronómicas del cultivo; no obstante, lo antes señalado, muy poca información se tiene en nuestro medio acerca de este cultivo, sobre todo en el manejo agronómico, principalmente en el uso de biofertilizantes, cosecha, procesamiento y comercialización (Maharjan y Laxmipriya, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto individual y combinado del hongo micorrízico arbuscular del género *Glomus* sp. y *Trichoderma harzianum* en el desarrollo y crecimiento de *Aloe vera*, en condiciones de vivero, en el trópico húmedo del estado de Tabasco, México.

## **Materiales y métodos**

### **Localización del experimento**

El experimento se condujo en el área de vivero de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), con la ubicación geográfica: latitud 17.785378 N y longitud 92.955100 E. El 95.5% de la



superficie del estado presenta clima cálido húmedo, el restante 4.5%, hacia la parte este del estado, tiene clima cálido subhúmedo. La temperatura media anual en la entidad es de 27°C; la temperatura máxima promedio es de 40°C y se presenta en el mes de mayo, mientras que la temperatura mínima promedio es de 18.5°C, durante el mes de enero. La precipitación media anual es de 2,550 mm; las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes de junio a octubre (INIFAP, 2019).

### **Material genético**

Se emplearon plantas de *A. vera* con y un promedio de altura de 15 cm, las cuales fueron obtenidas originalmente de hijuelos de plantas madres cultivadas en la DACA de la UJAT.

### **Biofertilizantes**

Para elaborar un biofertilizante del hongo *T. harzianum* cepa T3Comalcalco con su número de acceso genbank AF057593 y su secuencia parcial ITS. Primero se sembró en placas de PDA, para lo cual se marcaron dos puntos cada 3 cm. En cada uno de los puntos se colocó una espora germinada a partir de la siembra por agotamiento. En los puntos se sembró *T. harzianum*. Posteriormente se incubó a 28°C durante ocho días. Se obtuvieron cepas germinadas, las cuales se utilizaron para la fermentación en forma artesanal con medios de cultivo PDA, en los cuales se aplicó un sustrato de harina de arroz (esterilizado en una autoclave a 120°C/15 atms/20 min), en donde las concentraciones oscilaron en un rango de relación C:N 10:1 (Bridge, 2005; Camarena-Gutiérrez, 2012).

Para obtener el biofertilizante a partir de las esporas de hongo micorrízico *Glomus* sp., nativo de suelos agroforestales-cacaotales número de cepa HMA22Comacalco. El primer paso fue la propagación durante cuatro meses en asociación con la planta hospedera *Sorghum vulgare*, utilizando como sustrato arcilla caolinítica con un pH de 7.5, una temperatura de 25 a 28°C y fotoperíodo artificial, en el cual estuvieron las plantas hospederas en un área con aire acondicionado bajo un control de temperatura y lámparas de fotoperíodo. Las plantas recibieron una solución de



Long Ashtong, modificada con dosis de fósforo semanalmente y agua (Fernández *et al.*, 1999; 2005). Finalizando el ciclo de vida de la planta hospedera, se cortó la parte aérea y se obtuvo el sustrato sólido consistente en una mezcla de propágulos micorrízicos con las siguientes características: micelio externo (>100 mg/g suelo), raíz (70 y 87% de infección) y *Glomus* sp., (120 esporas/g/sustrato seco), el cual se considera de buena calidad.

Organozima® es un compuesto natural rico en saponinas (43.5%), y también contiene giberelinas naturales (0.39%), citocininas (0.62%) y ácidos húmicos (8.22%). Las saponinas son metabolitos secundarios de la célula vegetal, principalmente encontrados en las membranas. Los ácidos húmicos favorecen el crecimiento de las plantas mejorando la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la materia orgánica cuando se aplica en el suelo, mientras que la aplicación en las hojas ocasiona una mayor apertura de estomas (Cruz-Castillo *et al.*, 2003).

### Diseño experimental y tratamientos

El experimento se estableció usando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y 10 repeticiones, haciendo un total de 50 unidades experimentales (Cuadro 1). La unidad experimental fue una planta de sábila de edad de dos meses en bolsas de plástico negras de 15 x 15 cm utilizando como sustrato tierra negra + arena de río en relación 1:1. El trasplante se realizó el 2 de abril de 2019.

**Cuadro 1. Tratamientos de los hongos micorrízico arbuscular del género *Glomus* sp., *Trichoderma harzianum* y Organozima® con sus respectivas dosis en g o mL/L de agua para el cultivo de *Aloe vera*.**

Tratamientos	Dosis de producto
T1 ( <i>T. harzianum</i> + Organozima®)	1 g/L + 10 mL/L
T2 ( <i>Glomus</i> sp. + Organozima®)	1 g/L + 10 mL/L
T3 ( <i>T. harzianum</i> + <i>Glomus</i> sp. + Organozima®)	1 g/L + 1 g/L + 10 mL/L
T4 (Organozima®)	10 mL/L
T5 Testigo	Agua de riego

El sustrato para vivero debe ser considerado como óptimo, con una serie de características físicas, químicas y microbiológicas de manera que lo hagan apto para la planta, permitiendo un desarrollo y crecimiento, disponibilidad de oxígeno,





movilidad del agua y fácil penetración de la raíz al sustrato (Cholota, 2013). El sustrato fue de material regional que se utilizó para el desarrollo y crecimiento de la sábila fue una mezcla de sustrato tierra negra + arena de río con una relación 1:1, que presentó un pH 6.7, y se puede indicar óptimo para su utilización en la producción de *A. vera* en vivero, el cual presenta una consistencia entre 91 a 95%.

La dosis preparada fue  $1 \times 10^6$  esporas/L de ambos hongos, se aplicaron 10 mL por planta cada 15 días durante la etapa en vivero, que fue de alrededor de 90 días. La aplicación de productos se realizó de forma manual con una probeta durante el riego. Las siguientes variables se evaluaron 15 días después de la aplicación de los tratamientos: 1. Número de hojas de la planta, 2. Altura de las hojas (cm), y 3. Diámetro de rodal del tallo (mm).

### **Análisis estadísticos**

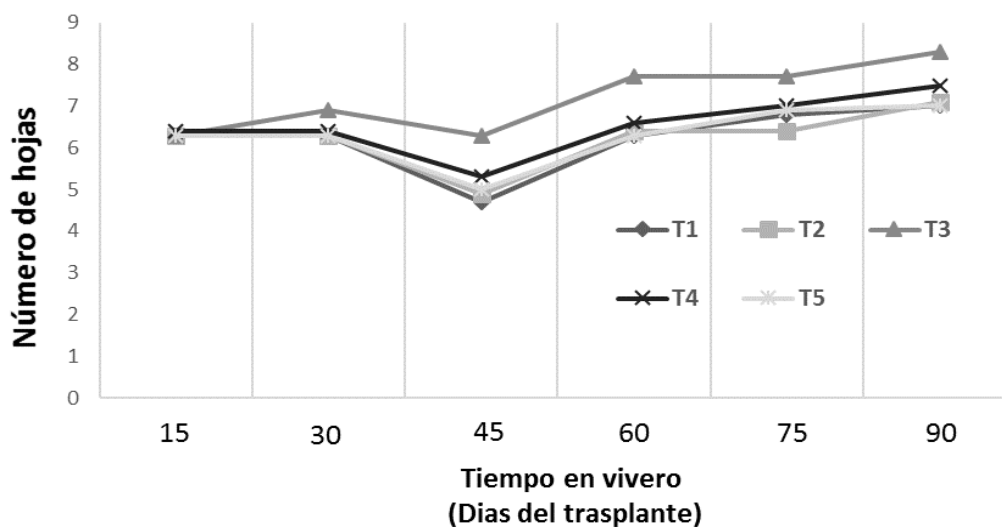
Se realizó un análisis de ANOVA ( $\alpha=0.05$ ), para determinar diferencias entre tratamientos; cuando se encontró significancia se realizó la prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), usando el paquete estadístico SAS.

### **Resultados y discusión**

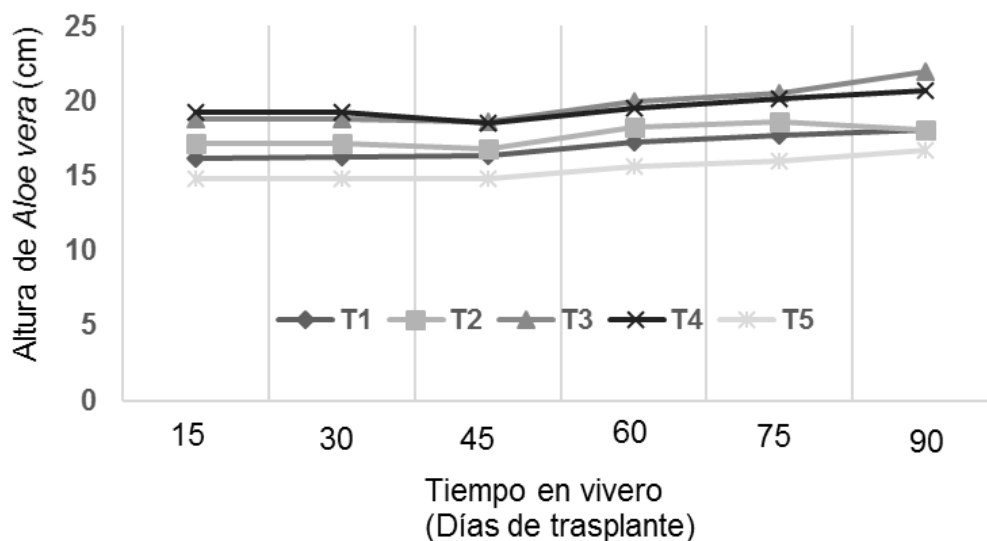
En la Figura 1 se observan los resultados de las medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de hojas *A. vera* (L) Burm. F., a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero con los biofertilizantes. Donde el 15 días de trasplante (DDT) se inició la toma de datos con el mismas número hojas, el cual se trató de ser homogéneo. Para la diferencia de análisis estadístico de las medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de hojas *A. vera*, entre los tratamientos sobresale T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp + Organozima®), en el tiempo 30 hasta los 90 días, a diferencia de los demás tratamientos que presentan un número menor de hojas. Posteriormente, le continua T4 (Organozima®), T2 (*Glomus* sp + Organozima®), y finalmente T1 (*T. harzianum* + Organozima®) hubo crecimiento muy lento en el número de hojas y por último T5 Testigo (agua), que no presentó un crecimiento y desarrollo



estacionario en las hojas. En la Figura 2 se observa los resultados de las medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en la altura de planta *A. vera*, a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero con los biofertilizantes.



**Figura 1. Número de hojas de *A. vera*, a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero con los biofertilizantes T1 (*T. harzianum* + *Organozyma*®), T2 (*Glomus* sp. + *Organozyma*®), T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp. + *Organozyma*®), T4 (*Organozyma*®) y T5 Testigo (agua).**



**Figura 2. Altura de *A. vera* a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero con los biofertilizantes T1 (*T. harzianum* + *Organozyma*®), T2 (*Glomus* sp. + *Organozyma*®), T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp. + *Organozyma*®), T4 (*Organozyma*®) y T5 Testigo (agua).**



Se inició la toma de datos a los 15 DDT. Para la diferencia de análisis estadístico de las medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en los tratamientos, T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozoma®) y T4 (Organozoma®), en el tiempo de los 90 días, hay una ligera diferencia entre los tratamientos. Posteriormente, le continua T2 (*Glomus* sp. + Organozoma®), y T1 (*T. harzianum* + Organozoma®) que hubo crecimiento muy lento en la altura de *A. vera* y por último T5 Testigo (agua) que no presentó crecimiento en su altura. En Cuadro 1, se presentan la ANOVA de un factor ( $0.05 \alpha$ ) para las variables para el daño mecánico y físico de las hojas y el frote de hijuelos de *A. vera*, hasta los 90 días del trasplante a nivel de vivero.

**Cuadro 1. ANOVA de un factor ( $0.05 \alpha$ ) para las variables para el daño de hoja y la aparición de hijuelos de *A. vera* a partir de los 45 días del trasplante a nivel de vivero.**

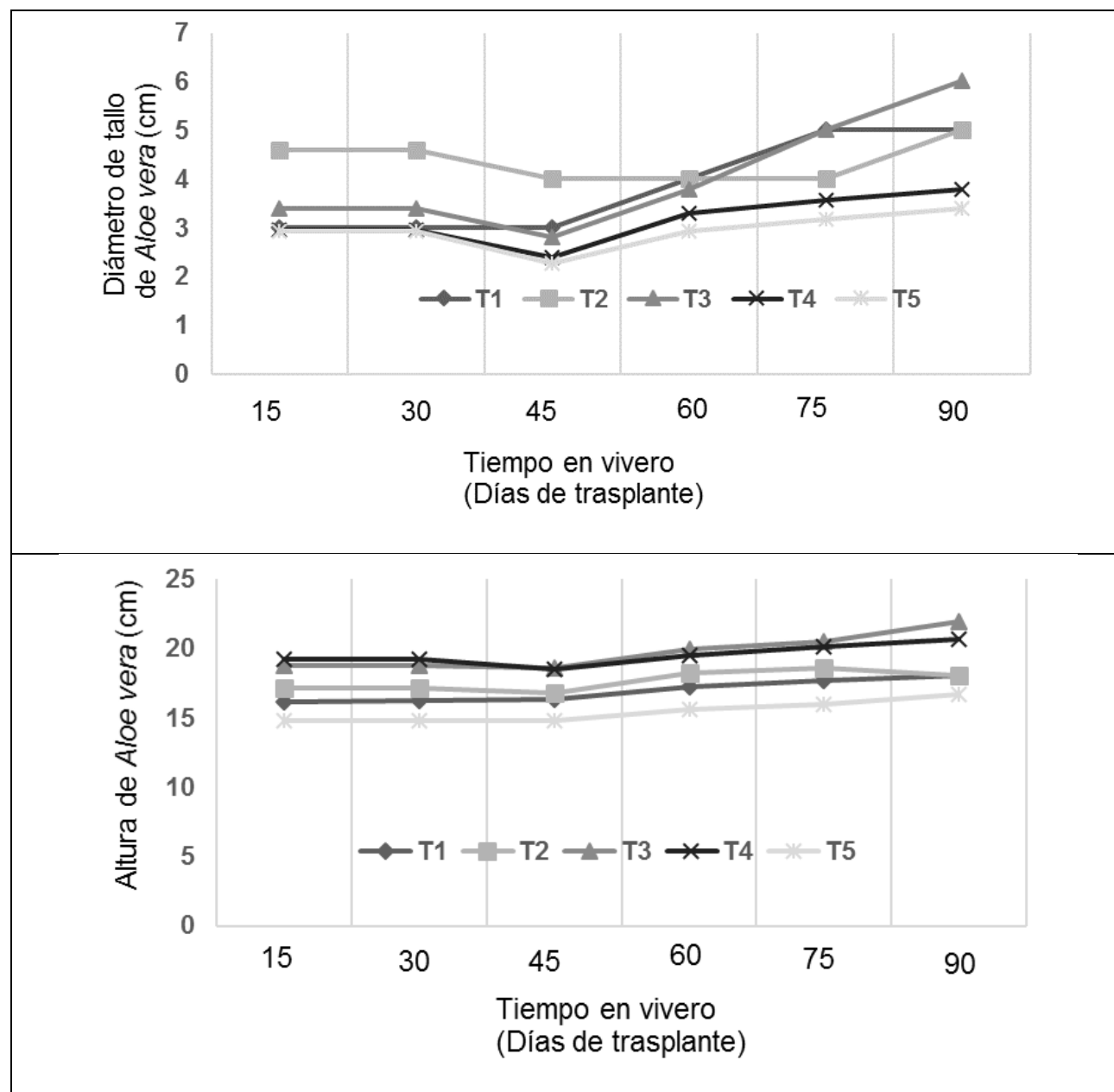
Variables		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Daño de hoja	Inter-grupos	22.424	4	5.606	8.421	0.000
	Intra-grupos	163.100	245	0.666		
	Total	185.524	249			
Hijuelos	Inter-grupos	32.376	4	8.094	9.012	0.000
	Intra-grupos	220.040	245	0.898		
	Total	252.416	249			

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 50.000

Por otra parte, en la Figura 1 se observa un decremento en el número de hojas, altura y diámetro en la toma de datos 45 días de trasplante, el cual el daño fue de 5.606 por tratamiento en media cuadrática y factorial de 8.421, lo que significa que hubo afectación en el desarrollo y crecimiento por planta. Para el incremento y recuperación que tuvo la planta por estrés mecánico y físico fue de 0.666 en la media cuadrática cuando se aplicaba los biofertilizantes a cada uno de los tratamientos, durante el experimento. Por otra parte, la aparición de hijuelos que demanda nutriente, agua y espacio que a los 45 días de trasplantada fue de 8.094 de la media cuadrática por cada tratamiento.



En la Figura 3 se observa los resultados de las medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en la altura de planta *A. vera* (L) Burm. F., a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero con la aplicación de los biofertilizantes. Se inició la toma de datos a los 15 DDT.



**Figura 3.** El diámetro rodal de tallo de *A. vera* (L) Burm. F., (cm) a partir de los 15 a 90 días del trasplante a nivel de vivero en los tratamientos de los biofertilizantes T1 (*T. harzianum* + Organozoma®), T2 (*Glomus* sp. + Organozoma®), T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozoma®), T4 (Organozoma®) y T5 Testigo (agua).





Si hubo diferencia en el análisis estadístico para las medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en los tratamientos, T3 (*T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozymba®) y T4 (Organozymba®), entre los tratamientos hasta los 90 días. Posteriormente, le continua T2 (*Glomus* sp. + Organozymba®), y T1 (*T. harzianum* + Organozymba®) que presento crecimiento muy lento en la altura de *A. vera* y por último T5 Testigo (agua) que no presentó crecimiento en las hojas.

En el Cuadro 2 se presentan las anovas de un factor ( $0.05 \alpha$ ) y las medias cuadráticas intra-grupos para las variables para número de hojas (1.819), altura (14.975 cm), y diámetro rodal de tallo en *A. vera* (7.785 cm), hasta 90 días de trasplante a nivel de vivero. Esto puede deberse a que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desempeñan un rol importante en la nutrición mineral. Entre otra importancia es la simbiosis mutualista entre las plantas superiores, esto debido a la capacidad de incrementar la absorción de nutrientes poco móviles, principalmente el fósforo (Nakano *et al.*, 2001; Gosling *et al.*, 2006). Además, confiere a la planta otros beneficios, tales como: estimulación del crecimiento, resistencia al ataque de plagas y enfermedades, tolerancia a estrés hídrico, y contribuye a mejorar la estructura del suelo (Bethlenfalvay y Linderman 1992; Pérez-Luna *et al.*, 2012). El género *Trichoderma* es uno de los hongos antagonistas importante para el control biológico de los fitopatógenos. En este sentido, las especies *T. harzianum* se destaca entre las más utilizadas para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo y planta. Esta especie presenta diferentes mecanismos de acción que le permiten el control de los fitopatógenos. Entre estos mecanismos se encuentran: competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, y resistencia inducida. Mientras mayor sea la probabilidad de que un aislamiento de *Trichoderma*, manifieste varios modos de acción; más eficiente y duradero será el control sobre el patógeno, aspectos que no poseen los plaguicidas químicos (López-Ferrer *et al.*, 2017; Infante *et al.*, 2009).

Por otra parte, el Organozymba® la adición de enzimas catalizadoras a nivel celular. Por lo cual, se realizó la combinación simultánea de los biofertilizantes de *T. harzianum*, y *Glomus* sp. que ha inducido sinergismo, que se ha reflejado en un incremento de número de la hojas de sábila a nivel de vivero; adicionando en la



mezcla del producto Organozyna®, que induce las enzimas de la célula en la elongación meristemo celular para el crecimiento y desarrollo de las hojas de la sábila a nivel de vivero, comparadas con las inoculadas por separado (Cruz-Castillo *et al.*, 2003; Mújica-Pérez *et al.*, 2017).

**Cuadro 2. La ANOVA de un factor (0.05  $\alpha$ ) para las variables para número de hojas, altura y diámetro de tallo de *A. vera*, de los 90 días de trasplante a nivel de vivero.**

Variables		Suma de cuadrados	grado libertad	Media cuadrática	Factorial
Número hojas	Inter-grupos	63.931	4	15.983	8.788
	Intra-grupos	627.429	345	1.819	
	Total	691.360	349		
Altura (cm)	Inter-grupos	795.934	4	198.983	13.288
	Intra-grupos	5166.435	345	14.975	
	Total	5962.369	349		
Diámetro de la base del tallo (cm)	Inter-grupos	64.075	4	16.019	2.058
	Intra-grupos	2685.937	345	7.785	
	Total	2750.012	349		

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 50.

## Conclusiones

1. El tratamiento que presentó los mejores resultados en cuanto a número y altura de hojas y diámetro del tallo basal de la sábila fue *T. harzianum* + *Glomus* sp. + Organozyna®.

## Agradecimientos

A la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo al Proyecto de Investigación “Producción de sábila *Aloe vera* L., con fines medicinales en Tabasco”, con folio N° 486.



## Literatura citada

- Bethlenfalvay, G. J. and R. G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA. Special Publication, Madison, WI, USA. 124 p.
- Bizzozero, F. 2006. Programa de Agroecología Biofertilizantes. Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas. Montevideo, Uruguay. 50 p.
- Bridge, W. 2005. Carbon/Nitrogen relationships of fungus culture media. *Micopathol.* 34(3-4):305-316.
- Burni T., S. Nasreen, T. Yaseen and S. Bibi. 2013. Arbuscular mycorrhizal studies in *Aloe vera*. *WJAR* 2(1):39-42.
- Camarena-Gutiérrez, G. 2012. Interacción planta-hongos micorrízicos arbusculares. *Rev. Chapingo Ser. Cie. Forest. Amb.* 18(3):409-421.
- Carrie-Jo, E., Farrugia, E. Sutton-Burke, M. E. Haley, K. T. Bedi and M. A. Gandhi. 2019. The use of *Aloe vera* in cancer radiation: An updated comprehensive review. *Complement. Ther. Clin. Pract.* 35:126-130
- Cholota, G.O L. 2013. Evaluación de sustratos para el enraizamiento de plántulas de sábila (*Aloe vera*). Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica De Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ambato, Ecuador. 67 p.
- Cruz-Castillo, J. G., J. Mendoza-Ramírez y P. A. Torres-Lima. 2003. Sombreado, fertilizantes y un biorregulador natural para mejorar el crecimiento de *Zantedeschia* en un área tropical de altura de México. *Rev. Geograf. Agric.* 33:163-170.
- Fernández, F., E. L. Rodríguez y R. Gómez. 1999. Caracterización de la efectividad de un nuevo inoculante micorrizógeno en Poaceas. *Cult. Trop.* 20(2):9-14.
- Fernández, F., J. M. Dell'Amico, K. Fernández, y Kalyanne, I. de la Providencia y A. Morte. 2005. Inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares de *Glomus mosseae* y *Glomus* sp<sub>1</sub> en medio líquido. *Cult. Trop.* 26(4):29-36.
- García-Garrido, J. M. and J. A. Ocampo. 2002. Regulation of the plant defense response in arbuscular mycorrhiza symbiosis. *J. Exp. Bot.* 53:1377-1386.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass and G. D. Bending 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agr. Ecosyst. Environ.* 113:17-35.



- Infante, D., B. Martínez, N. González y Y. Reyes. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev. Prot. Veg.* 24(1):14-21.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2019. Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas INIFAP. <https://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones/MapaEstaciones>. [consultado el 19 de julio de 2019].
- López-Ferrer, U. C., H. Brito-Vega, D. López-Morales, J. M. Salaya-Domínguez y E. Gómez-Méndez. 2017. Papel de *Trichoderma* en los sistemas agroforestales - cacaotal como un agente antagónico. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 20(1):91-100.
- Maharjan, H. R. and N. P. Laxmipriya. 2015. Evaluation of biological properties and clinical effectiveness of *Aloe vera*: A systematic review. *J. Tradit. Complement. Med.* 5(1):21-26.
- Mujica-Pérez, Y., A. Medina-Carmona y E. Rodríguez-Guerra. 2017. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Cult. Trop.* 38(2):15-21.
- Nakano, A., T. Kazushi and M. Kimura. 2001. Effect of host shoot clipping on carbon and nitrogen sources for arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 10(6):287-293.
- Pérez-Luna, Y. C., J. D. Álvarez-Solís, J. Mendoza-Vega, J. M. Pat-Fernández, R. Gómez-Álvarez y L. Cuevas. 2012. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Bot.* 69(1):46-56.





## DESEMPEÑO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN COLIMA

Jeovani Francisco Cervantes Preciado<sup>8\*</sup>, Marcelino Álvarez Cilva y Gabriela Orozco  
Gutiérrez

### Resumen

El estado de Colima no destaca como uno de los mayores estados productores de caña de azúcar; sin embargo, el rendimiento de campo promedio (80.1 t/ha) es 10.5 t/ha mayor que el promedio nacional (temporal y riego), aunque muy por debajo de Jalisco (90.8 t/ha), Michoacán (92.6 t/ha), Morelos (102.6 t/ha) y Puebla (117.7 t/ha). Una de las principales causas del bajo rendimiento de campo para el Ingenio Quesería, es la falta de nuevos híbridos que se adapten a las condiciones edafoclimáticas de su zona de abasto: suelos poco profundos, normalmente con bastantes piedras a una profundidad no mayor de 30 cm, sistema de producción de temporal (65%) y con aproximadamente 1,250 mm de precipitación. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de campo y porcentaje de sacarosa (Pol) de siete nuevos híbridos de caña de azúcar, en la región norte del estado de Colima, en fase agroindustrial. Los nuevos genotipos fueron comparados con los híbridos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086 en ciclo resoca. Los resultados obtenidos indicaron que el híbrido ColMex 05-627 tuvo el mayor rendimiento de campo con 90.1 t/ha, superando en 32.3 y 16.2 t/ha a los testigos comerciales, quienes obtuvieron valores de 57.8 y 73.5 t/ha, respectivamente. La baja precipitación pluvial y su deficiente distribución durante el periodo de evaluación, fue un factor importante para la obtención de los resultados. El mayor porcentaje de sacarosa a los 12 meses de edad, lo obtuvo el híbrido ColMex 94-8, con un valor de 16.85%.

**Palabras clave:** rendimiento, precipitación pluvial, toneladas, hectárea

<sup>8</sup>Campo Experimental Tecomán. CIRPAC. INIFAP. cervantes.jeovani@inifap.gob.mx



## Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es la fuente principal de azúcar para los países en desarrollo (Rodríguez *et al.*, 2005), siendo el continente americano donde se produce la mayor cantidad de esta gramínea, con un 54% del total a nivel mundial. Brasil es el principal productor, con cerca de 800 millones de toneladas cosechadas en el ciclo 2013-2014, mientras que, México ocupa el sexto lugar con un promedio de 57 millones de toneladas (FAOSTAT, 2017). En México, la caña de azúcar es el cultivo agroindustrial más importante desde el punto de vista económico y social, puesto que se produce en 15 estados del país, cosechándose 54.18 millones de toneladas de caña y alrededor de 6.11 millones de toneladas de azúcar; el rendimiento medio en campo es de 69.56 t/ha. Colima, no destaca como uno de los mayores estados productores, sin embargo, presenta rendimientos superiores a los de Veracruz, así como al promedio nacional (temporal y riego) con 80.1 t/ha, el cual se considera bajo (CONADESUCA, 2016). La región o zona de abasto del Ingenio Quesería, así como casi todas las regiones cañeras del país, dependen principalmente de tres variedades comerciales: Mex 69-290, Mex 79-431 y CP 72-2086, que abarcan el 65% de la superficie cultivada del país (Cervantes-Preciado *et al.*, 2019). Estos materiales tienen entre 25 y 30 años de uso comercial y presentan un deterioro productivo natural, que según Cuscó (2004) se debe a diferentes factores genéticos, agroclimatológicos y de fitotoxicidad. La puesta en marcha de programas para la selección de nuevos híbridos de caña de azúcar es indispensable, ya que existe una estrecha base genética de este cultivo, que hace vulnerable al sistema productivo. Para obtener híbridos con alta productividad, resistencia a plagas y enfermedades y una buena adaptación edafoclimática para distintas regiones del país, es necesario trabajar en conjunto con los programas de selección (Rodríguez *et al.*, 2005). Por lo antes expuesto, en el ciclo 2017-2018, bajo condiciones de temporal se realizó un estudio con el objetivo de determinar el potencial de rendimiento de campo y porcentaje de sacarosa (Pol), de siete nuevos híbridos de caña de azúcar, ciclo resoca, en la región norte del estado de Colima.



## Materiales y métodos

El estudio se realizó dentro del área de abasto del Ingenio Quesería, en el potrero El Astillero en la localidad de Montitlán, municipio de Cuauhtémoc, Colima, México. El lugar se ubica a  $19^{\circ} 22.44' 102''$  de latitud norte y  $103^{\circ} 37.46' 424''$  de longitud oeste. Las condiciones edafoclimáticas del lugar son: suelo Cambisol húmico, clima predominante cálido subhúmedo con lluvias en verano [A(w<sub>1</sub>)] (García, 1998), altitud de 1,267 m, temperatura media anual de 24°C y precipitación pluvial anual de 1,250 mm. Los siete nuevos híbridos de caña de azúcar: CCT 61-408, ColMex 96-19, ColMex 94-8, ColMex 02-225, ColMex 98-12, ColMex 98-100 y ColMex 05-627 se evaluaron en fase agroindustrial, en ciclo resoca, bajo condiciones de temporal; el material vegetativo de los primeros seis híbridos se obtuvo de estacas de diferentes generaciones, mientras que el de ColMex 05-627 se obtuvo de semilla verdadera (fuzz). Las variedades CP 72-2086 y Mex 69-290 se utilizaron como testigos regionales.

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de cinco surcos de 9 m de longitud por 1.20 m de ancho, mientras que la parcela útil consistió en los tres surcos centrales de 9 m de longitud. Las características evaluadas fueron: porcentaje de sacarosa (Pol) y rendimiento de campo a los 13 meses. Para determinar el porcentaje de sacarosa en caña, se tomaron muestras de tallos en campo a los 12 meses de edad del cultivo y se realizaron los análisis de calidad industrial. Los valores obtenidos se analizaron mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey al 5% y comprobación de hipótesis por la prueba de F.

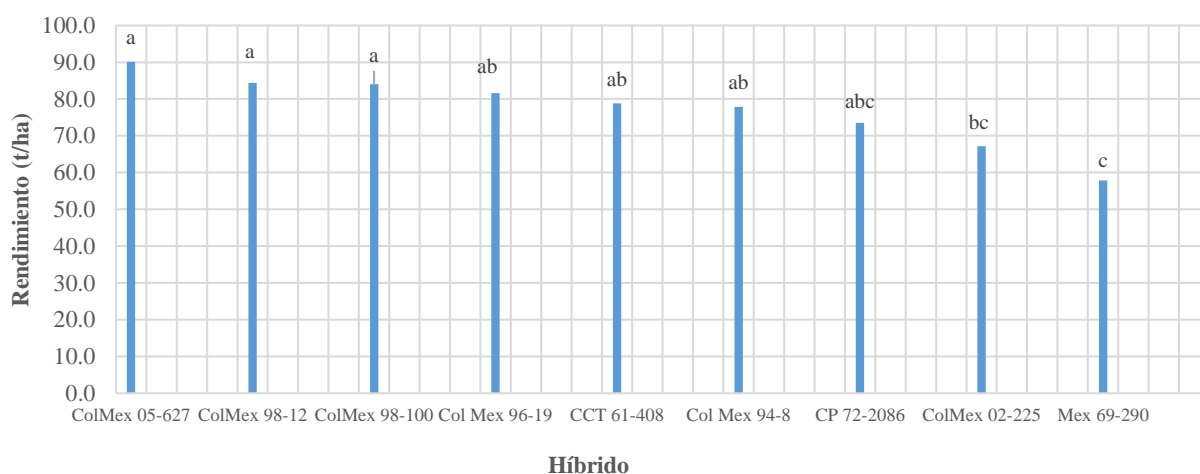
## Resultados y discusión

### Rendimiento de campo

Para la variable rendimiento de campo se encontró diferencia altamente significativa entre híbridos y entre repeticiones, con valores de 0.0007 y 0.4515, respectivamente, y



un coeficiente de variación de 9.04%, que indica que los resultados son confiables. Al aplicar la prueba de Tukey (Figura 1), se formaron tres grupos (A, B y C), donde destaca el híbrido ColMex 05-627 con 90.09 t/ha, sin embargo, por la Diferencia Mínima Significativa obtenida de 16.79 t/ha, otros seis materiales son estadísticamente iguales al antes mencionado, entre los que se encuentra el testigo comercial CP 72-2086 con un rendimiento de 73.51 t/ha. Aunque estadísticamente no hay diferencia en rendimiento entre los primeros siete genotipos, el diferencial en rendimiento por hectárea entre el testigo y ColMex 05-627 (16.59 t/ha), representa un beneficio económico de \$12,400.00, para los productores. Es conveniente mencionar que la producción más baja fue obtenida con el híbrido ColMex 02-225 y el testigo comercial de ciclo vegetativo intermedio Mex 69-290. Los resultados obtenidos en este ensayo permiten corroborar lo señalado por Milanés *et al.* (2013), quienes reportan que, para el rendimiento de campo en nuevas variedades, participan un grupo de variables de clima, suelo y manejo que tienen una influencia marcada en su comportamiento en los ingenios azucareros.



**Figura 1. Rendimiento de campo de los híbridos evaluados agroindustrialmente en ciclo resoca de temporal, en la localidad de Montitlán, Ingenio Quesería, Colima.**

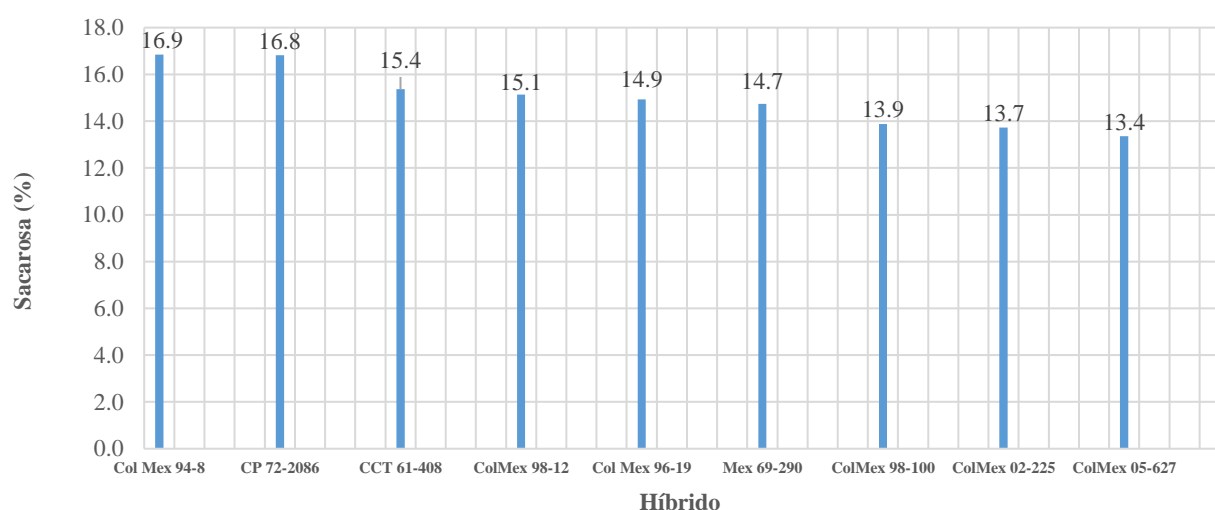
### Porcentaje de sacarosa aparente (POL)

En la Figura 2, se observa que los mayores porcentajes de sacarosa los presentaron los híbridos ColMex 94-8 y CP 72-2086 (testigo), con valores de 16.9 y 16.8%, respectivamente. Lo anterior corrobora que dichas variedades son de ciclo de





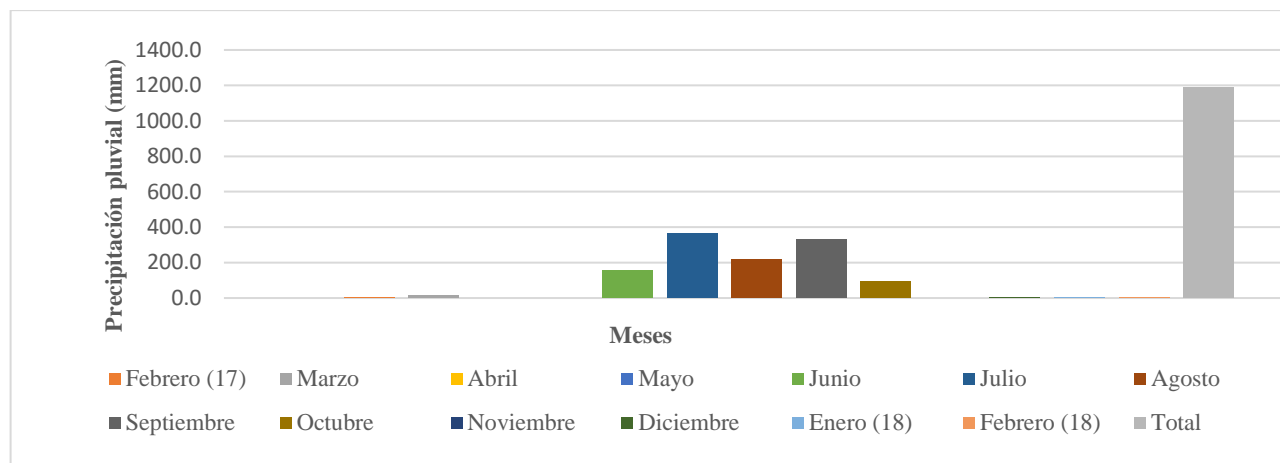
maduración temprana para las condiciones de la zona cañera del Ingenio Quesería. A su vez, los híbridos CCT 61-408, ColMex 98-12, ColMex 96-19 y Mex 69-290, que tuvieron valores de sacarosa aproximados al 15%, presentan un comportamiento de maduración media. El resto de los genotipos presentaron valores por debajo de 14% de sacarosa, por lo que se pueden agrupar en híbridos de ciclo de maduración media a tardía, aunque, también puede ser que éstos, genéticamente son de bajo contenido de sacarosa, al menos para las condiciones agroclimáticas del ingenio antes mencionado, pudiéndose corroborar al evaluar los híbridos mencionados en condiciones de otras zonas cañeras.



**Figura 2. Porcentaje de sacarosa (Pol) en los híbridos evaluados de ciclo resoca de temporal a los 12 meses de edad de la planta, en la localidad de Montitlán, Ingenio Quesería, Colima.**

### Precipitación pluvial durante el desarrollo del estudio

El 98% de la precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo (1,161.5 mm) (Figura 3), ocurrió principalmente durante los meses junio a octubre, coincidiendo con la etapa vegetativa de rápido crecimiento del cultivo, mientras que, en las etapas de brotación, periodo de amacollamiento y un poco antes de la maduración, la precipitación (24.0 mm) fue insuficiente para proveer al cultivo de sus necesidades hídricas, viéndose reflejado principalmente en el rendimiento de campo. Aunque esto fue similar para todos los genotipos, se asume que los mejor adaptados fueron aquellos que tuvieron los rendimientos más altos.



**Figura 3. Precipitación pluvial mensual durante el desarrollo del estudio de híbridos de caña de azúcar de temporal, ciclo resoca en la localidad de Montitlán, Ingenio Quesería Colima.**

Los resultados preliminares que se obtuvieron en la realización de este estudio, serán de utilidad para la toma de decisiones de campo para dicha región. Así mismo, en un futuro, permitirá adaptar los nuevos híbridos a diferentes condiciones ecológicas, es decir, regionalizar las diferentes áreas cañeras de acuerdo con su productividad natural, a fin de conocer su potencialidad productiva (Cervantes et al., 2017).

## Conclusiones

1. Los resultados del estudio indican que, bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se desarrolló la evaluación agroindustrial en ciclo resoca de temporal, el híbrido ColMex 05-627 alcanzó el mayor rendimiento de campo con 90.1 t/ha, superando en con 32.3 y 16.2 t/ha a los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086, respectivamente. 2. El mayor porcentaje de sacarosa a los 12 meses de edad, lo obtuvo el híbrido ColMex 94-8, con un valor de 16.9%. 3. La poca precipitación pluvial y mala distribución de la misma durante el desarrollo del cultivo, fue un factor importante para la obtención de estos resultados, por lo que se recomienda continuar con la evaluación de los nuevos híbridos de caña de azúcar en ambientes agroecológicos diferentes.



## Literatura citada

- Cervantes-Preciado, J. F., N. Milanés R. y J. C. García P. 2017. Evaluación de rendimiento de campo de 11 híbridos de caña de azúcar en la región central del estado de Veracruz. p. 113-118. *In: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático-2017*. INIFAP. CP. UV. UACH. AVC. ITBOCA. ITUG. ITSH. UPH. Medellín, Ver., México.
- Cervantes-Preciado, J. F., N. Milanés R. y A. Castillo M. 2019. Evaluación de 11 híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la región central de Veracruz, México. *Agroproductividad* 12(3):69-73.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016. Infocaña. <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERR> E. [consultado el 10 de junio de 2019].
- Cuscó, S. 2004. Impacto en la agricultura cañera del programa de mejora de variedades de la provincia Guantánamo. *Ciencia en su PC* 4:37-46.
- FAOSTAT (Departamento de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. [consultado el 7 de septiembre de 2017].
- García, E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no) [consultado el 19 de julio de 2019].
- Milanés, R. N., J. J. Vázquez C., A. Castillo M., D. A. Rodríguez L. y A. Herrera S. 2013. Predicción de los rendimientos de campo y fábrica en la zona de abastecimiento del Ingenio Central Progreso S. A. de C. V. *Resumen Científico ATAM*, 2013. Puebla, México. 10 p.
- Rodríguez, H. A. M, M. A. Castillo C., y E. P. Flores B. 2005. Diversidad genética de los cultivos de caña más importantes de México. *e-Gnosis* 3:1-10.



## CARACTERÍSTICAS ELOTERAS DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ

Bulmaro Coutiño Estrada<sup>9\*</sup>

### Resumen

En Chiapas se produce elote durante todos los meses del año por sus buenas condiciones de temperatura y humedad y por contar con riego en algunas regiones productoras, pero los productores siembran variedades e híbridos diferentes porque no hay materiales formados específicamente para la producción de elotes. Por ello, en este estudio se evaluaron cuatro híbridos comerciales de maíz con objeto de conocer sus cualidades eloterías en Ocozocoautla, Chiapas, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015, bajo condiciones de temporal. Se realizó un análisis de varianza de las variables eloterías y se encontraron diferencias significativas sólo en ancho de hoja y contenido de azúcares, resultando el H-561 con los elotes más dulces, con un contenido de azúcares de 10.5° Brix. En rendimiento de grano, sobresalió estadísticamente el híbrido Sorento con 9.58 t/ha. Se concluye que existen materiales buenos para la producción de elotes en la región cálida de Chiapas.

**Palabras clave:** Sorento, elotes, H-561, forraje

### Introducción

En México, la superficie cultivada con maíz para la producción de elotes durante 2015, fue de 68,342 ha y la producción, tanto en siembras de riego como de temporal, fue de 853,297 t de elotes, con un rendimiento promedio de 12.6 t/ha y un valor de 2,070 millones de pesos (SIAP, 2017). Por las buenas condiciones climatológicas de temperatura y humedad que existen en Chiapas, los elotes se pueden producir

---

<sup>9\*</sup>Campo Experimental Centro Chiapas. CIRPAS. INIFAP. coutino.bulmaro@inifap.gob.mx





durante todos los meses del año, sobre todo en terrenos que cuentan con riego de auxilio, para regar durante la época seca. Los productores mencionan que en la época seca les es más redituable la producción de elotes que la de grano, debido a que no sólo venden el elote a buen precio, sino que también venden el forraje verde a los ganaderos locales (Díaz, 2015). Por su parte, los consumidores de elotes, los utilizan para la elaboración de múltiples platillos, como elotes asados, hervidos, esquites, panes, tamales y atoles, los cuales se consiguen en cualquier mercado del medio rural y urbano. Sin embargo, no existen variedades e híbridos formados específicamente para la producción de elotes, por lo que los productores cultivan cualquier material que puedan conseguir localmente. El objetivo del presente trabajo fue conocer las cualidades eloterías de un pequeño grupo de híbridos comerciales de maíz que se comercializan en Chiapas para proporcionar información a las dependencias gubernamentales, como SAGARPA, sobre la adaptación de nuevos genotipos mejorados a la región y que puedan ser prospectos para siembras comerciales.

## **Materiales y métodos**

El material genético que se usó estuvo formado por los híbridos comerciales de maíz de la empresa Syngenta: Sorento, D-7573 y el híbrido H-561 del INIFAP, los cuales fueron evaluados durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015. El experimento se sembró el 9 de julio de 2015 en el Campo Experimental Centro de Chiapas, municipio de Ocozocoautla, a 16° 46' 58" latitud norte, 93° 24' 06" longitud oeste y una altitud de 791 m. Los híbridos fueron sorteados aleatoriamente en un diseño experimental bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 80 cm. En la siembra, se depositaron dos semillas cada 21 cm, para ralearse posteriormente a una planta por mata, y tener una densidad de población de 60 mil plantas/ha. Durante el desarrollo y cosecha del cultivo, la cual se realizó el 13 de enero del 2016, se midieron variables de planta, elote, mazorca y grano para cada híbrido. A las principales variables se les



realizó el análisis de varianza por medio del procedimiento ANOVA del paquete computacional Statistical Analysis System (SAS, versión 9.3), así como la prueba múltiple de medias de la Diferencia Mínima Significativa (DMS al 0.05) para detectar el mejor o los mejores híbridos.

## Resultados y discusión

El análisis de varianza para datos de elotes no mostró diferencias significativas entre los caracteres: peso de diez plantas, peso de diez elotes, largo de elote, grosor de elote, longitud de pedúnculo y longitud de elotes sin brácteas, mientras que, en los caracteres de ancho de hoja y contenido de azúcares, se obtuvieron diferencias significativas. El promedio de peso de diez plantas fue de 8.47 kg, mientras que el peso promedio de diez elotes fue de 3.99 kg; la longitud promedio de elote fue de 23.7 cm, con un grosor de 5.3 cm. El promedio de ancho de hoja de tamal fue de 18 cm, la longitud de pedúnculo tuvo un valor de 10 cm y en azúcares se obtuvo un promedio de 9.3° Brix (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Características de elote en los híbridos Sorento, D-7573 y H-561 evaluados en Ocozocoautla, Chiapas. INIFAP. 2015.**

Híbrido	Peso de 10 plantas (kg)	Peso de 10 elotes (kg)	Largo de elote (cm)	Grosor de elote (cm)	Ancho de hoja tamal (cm)	Longitud del pedúnculo (cm)	Longitud sin brácteas (cm)	Peso sin brácteas (kg)	Azúcares (° Brix)
Sorento	8.244	3.335	22.7	5.3	18.6	10.1	19.0	0.228	8.4
D-7573	8.769	4.926	23.8	5.4	18.5	10.0	18.6	0.295	9.1
H-561	8.394	3.699	24.6	5.2	16.8	9.8	19.6	0.190	10.5
Promedios	8.469	3.987	23.7	5.3	18.0	10.0	19.1	0.238	9.3
DMS <sub>0.05</sub>	0.84	1.80	2.83	0.53	1.19	2.09	1.83	0.150	0.91
CV (%)	5.76	26.09	6.92	5.79	3.83	12.13	5.54	37.46	5.66

El híbrido H-561 produjo los elotes de mayor longitud (24.6 cm) y el genotipo con los elotes de menor longitud fue el híbrido Sorento (22.7 cm), el cual presentó el valor más alto en ancho de hoja (18.6 cm), mientras que el H-561 fue el de menor valor



(16.8 cm); en grosor de los elotes no existió mucha variación. En lo que respecta a azúcares, el H-561 obtuvo el nivel más alto con un valor de 10.5° Brix.

Coutiño (2006) no encontró diferencias estadísticas cuando en este mismo ambiente evaluó un grupo de variedades mejoradas por su contenido de azúcares en los elotes, con un valor máximo de 10.2° Brix en el mejor de ellos, pero coincide con los valores similares que encontró cuando evaluó un grupo grande de variedades de la raza Comiteco, con valores estadísticamente superiores de 13.8° Brix, en la mejor variedad elotera de grano amarillo. De estudios realizados sobre selección de variedades eloteras de maíz en maíces de las razas Tuxpeño y Comiteco, Coutiño-Estrada *et al.* (2010) resaltaron que los maíces comitecos llegan a la etapa de elote a los 140 días, siendo los más dulces el Criollo Amarillo Bolita de Amatenango del Valle, V-231A, Teopisca-A C5 y Sintético-B, con 13.8, 12.9, 12.5 y 12.5° Brix, respectivamente, mientras que de los maíces tuxpeños, los cuales llegan a la etapa de elote a los 93 días, los mejores para la producción de elotes fueron los híbridos HV-521C, H-561 y H-552C y el Criollo Amarillo de Villaflores con 11.0, 10.3, 10.1 y 10.3° Brix, respectivamente, lo que indica que existen variedades mejoradas y variedades criollas con buenas características eloteras y de producción de forraje verde y de grano para las regiones agrícolas de riego del Centro y de la Meseta Comiteca de Chiapas.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los caracteres floración masculina, floración femenina, altura de mazorca, mala cobertura de mazorca, mientras que, en los caracteres de altura de planta, calificación fenotípica de planta, calificación fenotípica de mazorca y rendimiento de grano, se obtuvieron diferencias significativas. Las plantas florearón casi al mismo tiempo, a los dos meses liberaron polen, mientras que la floración femenina fue ligeramente más tardía en el H-561; el híbrido D-7573, aparte de tener las plantas más bajas, también presentó la calificación fenotípica de mazorca más alta (3.3) (Cuadro 2). Estadísticamente sobresalió el híbrido Sorento, con un rendimiento de grano de 9.58 t/ha. En Brasil, Castro *et al.* (2013) encontraron que los cultivares de maíz no fueron diferentes entre el número total de elotes y el número total de elotes comerciales.



**Cuadro 2. Características de los híbridos evaluados en Ocozocoautla, Chiapas. INIFAP. 2015.**

Híbrido	Flor. Mas. (días)	Flor. Fem. (días)	Alt. de Plt. (cm)	Alt. de Mz. (cm)	Calf. de Plt.*	Calf. de Mz.*	Mz Mala Cobertura	Rend. de grano** t/ha
Sorento	60	62	226	88	1.5	2.5	1.0	9.58 ab
D-7573	60	62	218	69	1.8	3.3	3.0	9.03 b
H-561	63	64	224	85	3.0	2.5	1.3	6.32 c
Promedios	61	62	229	86	1.9	2.4	2.3	9.48
DMS <sub>0.05</sub>	1.94	2.52	11.40	16.41	0.56	0.63	2.29	0.67
CV %	2.11	2.69	3.30	12.71	20.07	17.44	65.30	4.71

\* Escala: 1 lo mejor, 5 lo peor. \*\* Letras iguales indican rendimientos estadísticamente iguales.

## Conclusiones

1. Para los caracteres de elote no se obtuvieron diferencias significativas, a excepción de ancho de hoja y contenido de azúcares.
2. El H-561 produjo los elotes más dulces con un valor de 10.5° Brix.
3. El híbrido D-7573 fue significativamente el mejor en ancho de hoja, ya que obtuvo un valor de 18.4 cm.
4. No se mostraron diferencias significativas en las variables floración masculina, floración femenina, altura de mazorca, mala cobertura de mazorca, mientras que, en altura de planta, calificación fenotípica de planta, calificación fenotípica de mazorca y rendimiento de grano se obtuvieron diferencias significativas.
5. El híbrido que tuvo el rendimiento de grano estadísticamente más alto fue Sorento, con una producción de 9.58 t/ha.

## Literatura citada

Castro, R. S., P. S. Lima S. and M. J. Cardoso. 2013. Baby corn, green corn, and dry corn yield of corn cultivars. *Hortic. Bras.* 31(1):100-105.





- Coutiño, E. B. 2006. Informe final de resultados del proyecto Formación de variedades eloteras de maíz. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 17 p.
- Coutiño-Estrada, B., V. A. Vidal-Martínez y G. Sánchez-Grajales. 2010. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de temporal y riego en Chiapas. p. 182-194. *In*: Nájera-Rincón, M. B. y C. A. Ramírez-Mandujano (eds.). Mejoramiento, conservación y uso de los maíces criollos. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.
- Díaz, D. V. 2015. Evaluación de variedades eloteras de maíz en Guadalupe Victoria, Villaflores, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chis., México. 75 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Estadísticas de producción de elote a nivel nacional. SAGARPA. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp) [consultado el 4 de julio de 2017].



## PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DE FRIJOL COMO MONOCULTIVO Y ASOCIADO CON LIMÓN PERSA

José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>10\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>11</sup>, Ernesto López Salinas<sup>11</sup> y  
Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>11</sup>

### Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante en el mundo; es la principal fuente de proteína vegetal y la más barata. En México el consumo *per cápita* es de alrededor de 9 kg por persona por año; ésta es una de las especies que más se utiliza en la asociación, principalmente con maíz u otros cultivos. En árboles como el cocotero, los cítricos y el aguacate se puede sembrar el área intermedia con otros cultivos, pero especialmente con plantas alimentarias como leguminosas. El frijol asociado con cítricos puede ser un buen sistema de cultivo, ya que se logra un aprovechamiento óptimo del suelo en casi todos los aspectos (fertilidad, conservación de humedad, ocupación del terreno, etc.). En noviembre de 2017 se estableció un ensayo en el que se incluyó frijol asociado con limón Persa y frijol como monocultivo, en el Campo Experimental de Ixtacuaco, municipio de Tlapacoyan en el norte de Veracruz. El objetivo del trabajo fue comparar el comportamiento fitosanitario, fenológico, agronómico y productivo de frijol sólo y asociado con limón Persa; en ambos sistemas se utilizó la variedad de frijol T-39. Durante el período del experimento se registró la precipitación pluvial (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%). Las variables de respuesta fueron: días a floración y a madurez fisiológica, incidencia de enfermedades (con una escala de 1 a 9), número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de grano y rendimiento. Los días a floración y el hongo del moho blanco no tuvieron una distribución normal, por lo que se analizaron con la

<sup>10</sup>Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP rodriguezjose@inifap.gob.mx

<sup>11</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.



prueba no paramétrica de Wilcoxon; las demás variables si fueron normales y para ellas se aplicó la prueba T-student. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en el sistema de producción frijol asociado con limón Persa (1,735 kg/ha), el cual superó estadísticamente al monocultivo que sólo rindió 1,324 kg/ha. El sistema asociado también produjo mayor peso de grano (21.6 g); este componente del rendimiento está relacionado con una mayor producción; además presentó un menor daño del hongo del moho blanco.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, *Citrus latifolia*, asociación de cultivos

## Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante en el mundo, la principal fuente de proteína vegetal y la más barata. En México el consumo *per cápita* es de alrededor de 9 kg/persona/año, siendo el segundo cultivo en importancia por su superficie sembrada después del maíz. En 2018 se sembraron 1'675,539 ha en el país; en ese mismo año en el Distrito de Desarrollo Rural de Martínez de la Torre, Veracruz, se sembraron 1,609 ha de frijol; en este distrito existe una superficie establecida con cítricos de 225,312 ha, de las cuales poco más del 7% (15,772 ha) corresponde a plantaciones nuevas, que aún no están en producción y pueden aprovecharse para sembrar frijol entre las hileras (SIAP, 2018). El frijol se puede sembrar preferentemente desde la plantación del limón Persa hasta que inicie la edad productiva, ya que después de esta etapa, se va cerrando paulatinamente la copa del árbol, y se reduce el área del terreno en que se puede intercalar, además, la leguminosa interfiere en la cosecha del cítrico.

La asociación de cultivos consiste en establecer dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno (Lithourgidis *et al.*, 2011; FAO, 2017a). El frijol es uno de los cultivos que más se utiliza en la asociación, principalmente con maíz (Kohashi-Shibata, 1990) u otras plantas (Dubey *et al.*, 2016); en árboles como el cocotero, los cítricos y el aguacate se puede sembrar el área intermedia con cultivos como el café,



pero especialmente con especies alimentarias, como las leguminosas (Balderas y González, 2013). El sistema de frijol asociado con cítricos puede ser una buena opción de producción en la zona norte de Veracruz, ya que se logra un aprovechamiento óptimo del suelo, tanto en su ocupación, como en el consumo de nutrientes; además al cubrir el terreno, se mantiene el suelo limpio, ya que se evita el crecimiento de las malezas, debido a las escardas que se realizan en el frijol. También se disminuye la erosión del suelo por efecto del agua y del viento, además, se conserva mayor humedad en el terreno, ya que es poca la evaporación; la asociación también proporciona protección contra daños por enfermedades y plagas, ya que modifica el microclima (Gómez y Zavaleta, 2001; Lithourgidis *et al.*, 2011). Esta especie leguminosa tiene la capacidad de fijar nitrógeno, lo cual favorece la fertilidad del terreno (Paredes, 2013; FAO, 2017b); no existe competencia inter-específica por luz, ya que el crecimiento del frijol es menor al de los cítricos, por lo que no hay interferencia en la energía luminosa y se puede realizar a plenitud la fotosíntesis, ya que se puede aprovechar toda la radiación fotosintéticamente activa (Kohashi-Shibata, 1990). El objetivo de este trabajo fue comparar la siembra de frijol asociado con cítricos, y su contraparte en monocultivo, respecto a su comportamiento fitosanitario, fenológico, agronómico y productivo en la región de Martínez de la Torre, en el norte del estado de Veracruz.

## **Materiales y métodos**

El experimento se estableció en noviembre de 2017, en el Campo Experimental de Ixtacuaco, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el norte del estado de Veracruz (20° 02' LN, 97° 5' LO y 88 m de altitud) (CEIXTA, 2018). El suelo del sitio experimental es de textura migajón-arenosa, con un pH de 5.6, el cual es ligeramente ácido, medianamente pobre en materia orgánica, alto en nitrógeno y fósforo, mediano en contenido de potasio y calcio intercambiables, bajo en magnesio, tiene niveles adecuados de hierro, cobre y manganeso y es marginal en su contenido de zinc. Se evaluaron dos tratamientos: frijol asociado con limón Persa





y frijol en monocultivo. En ambos sistemas de siembra, se utilizó el genotipo de frijol T-39, el cual es de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, tipo II y grano negro, opaco y pequeño; la plantación de limón Persa tenía un año de edad, con una distancia de 6 m entre hileras y 3 m entre árboles.

La siembra (similares características en frijol asociado y en monocultivo) se realizó en franjas de seis surcos separados 0.60 m x 60 m de longitud, la cual ocupó una superficie total de 216 m<sup>2</sup>; en cada sistema de cultivo se delimitaron cuatro áreas de siembra de frijol seleccionadas al azar, con cuatro surcos de 5 m de longitud (12 m<sup>2</sup>); se registraron los valores de las variables en los dos surcos centrales (6 m<sup>2</sup>), los cuáles se consideraron como parcela útil.

Durante la fase vegetativa del cultivo se realizaron dos escardas manuales; se fertilizó con la fórmula 40N-40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-00K<sub>2</sub>O, mediante la aplicación de urea (46-00-00) y DAP (18-46-00), en la etapa de hojas primarias. Hubo presencia de doradilla (*Diabrotica balteata*) y chicharrita (*Empoasca kraemeri*), las cuales se controlaron con la aplicación de cipermetrina en dosis de 200 mL/ha de producto comercial.

Durante el período del experimento se registró la precipitación pluvial (mm), la temperatura media (°C) y la humedad relativa del ambiente (%). En cada área delimitada se cuantificaron las siguientes variables: 1. Días a floración media, contabilizados a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas tenían por lo menos una flor abierta, 2. Días a madurez fisiológica, a partir de la siembra hasta que el 50% de las vainas cambiaron de color verde a amarillo, 3. Reacción del frijol, solo y asociado, ante la presencia del hongo que provoca la enfermedad del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Esta evaluación se realizó durante la etapa R8 de llenado de vainas (Fernández *et al.*, 1985), utilizando la escala de 1 a 9 para la evaluación de germoplasma del CIAT (1987), donde 1 - 3 = Resistente; 4 - 6 = Reacción intermedia y 7 - 9 = Susceptible. 4. Número de plantas cosechadas, 5. Número de vainas por planta, determinado en 10 plantas con competencia completa, tomadas al azar, para determinar su promedio por planta, 6. Número de granos por vaina, obtenido de 20 vainas tomadas al azar, a las que se les determinó la cantidad de semilla por vaina y se obtuvo su promedio, 7. Peso de 100 granos, determinado en cuatro muestras de 100 granos tomados al azar, de las cuales se obtuvo el promedio en



gramos y 8. Rendimiento de grano, el cuál se calculó a partir del peso del grano cosechado y limpio, en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

Para realizar el análisis de datos en primer lugar se determinó la normalidad para cada variable, con lo cual se determinó el tipo de prueba a utilizar. En el caso de las variables días a floración y moho blanco no se presentó una distribución normal de los datos, por lo cual se realizó una prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras independientes ( $p < 0.05$ ) (McDonald, 2009). El resto de las variables mostraron normalidad, por lo cual se realizó un análisis t-Student bilateral para dos grupos independientes ( $p < 0.05$ ) (Pértega y Pita, 2001). El análisis se desarrolló mediante el software para programación estadística R 3.5.1. Se consideraron los valores de las variables obtenidos en cada área delimitada como una repetición (es decir cuatro repeticiones).

## Resultados y discusión

Las condiciones ambientales de precipitación pluvial (mm), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%) durante el ciclo del cultivo en el Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTA, 2018) se muestran en el Cuadro 1. Los datos registrados concuerdan con lo señalado por Rosas (2003) y Ruiz-Corral *et al.* (2013), quienes mencionan que durante el desarrollo del cultivo de frijol son convenientes de 350 a 400 mm mínimos bien distribuidos, con una temperatura óptima entre 18 y 24 $^{\circ}\text{C}$ ; Durán *et al.* (2014), mencionan además que una humedad relativa de moderadamente seca a húmeda, proporciona condiciones adecuadas para un buen desarrollo del cultivo del frijol.

**Cuadro 1. Precipitación pluvial total, temperatura y humedad relativa promedio, durante el desarrollo del cultivo de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo de otoño-invierno de 2017-2018.**

Datos climatológicos	Meses			
	Nov	Dic	Ene	Feb
Precipitación (mm)	51.9	116.2	209.6	60.6
Temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.1	19.3	17.1	23.4
Humedad relativa (%)	84.1	86.0	87.1	85.2



En el Cuadro 2 se presentan los valores medios de las variables cuantificadas; en el sistema de siembra de frijol asociado con limón Persa se detectaron diferencias altamente significativas respecto al frijol en monocultivo, en el número de días en llegar a la madurez fisiológica; la disminución de la temperatura del aire y el efecto del sombreado en el sistema asociado provocó que la madurez fisiológica en el frijol fuera más tardía, superó alta y significativamente al monocultivo, aunque fue poca la diferencia numérica; la poca variación encontrada en esta característica puede ser por una gran adaptación del genotipo de frijol a las condiciones del sitio en que se sembró (Rosales-Serna *et al.*, 2001); se detectaron diferencias significativas en el daño causado por el hongo del moho blanco; durante el mes de enero se presentaron temperaturas inferiores a 21°C y alta humedad relativa (>80%), un gran exceso de humedad debido a la alta precipitación, y denso follaje del cultivo, lo cual no permitió una buena circulación del aire (CEIXTA, 2018), todo esto favoreció a la incidencia del hongo del moho blanco, el cual se presentó al final de la etapa de llenado del grano (CIAT, 1980; CIAT, 1988). El frijol asociado con limón Persa mostró un daño de 5% por esta enfermedad, probablemente, porque en este sistema de siembra se modificó el microclima (humedad relativa, temperatura y movimiento del aire), mientras que el monocultivo tuvo en promedio de 40 a 60% de daño por el moho blanco (Gómez y Zavaleta, 2001; Lithourgidis *et al.*, 2011).

**Cuadro 2. Comportamiento fenológico, agronómico y fitosanitario del genotipo de frijol T39, en monocultivo y asociado con limón Persa. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo de otoño-invierno de 2017-18.**

Sistema de cultivo	F (dds)	MF (dds)	MB	PC	VP	GV	PG
Frijol + limón Persa	41.0 a	87.2 a	2.0 b	85.2 a	24.9 a	6.4 a	21.6 a
Frijol (monocultivo)	41.5 a	85.2 b	6.7 a	84.0 a	20.7 a	6.5 a	20.4 b
Promedio	41.25	86.20	4.35	84.60	22.80	6.45	21.00
Significancia (0.05)	ns	**	*	ns	ns	ns	*

F = Floración; MF = Madurez fisiológica; dds = días después de la siembra; MB = Moho blanco (escala 1 a 9); PC = número de plantas cosechadas; VP = número de vainas por planta; GV = número de granos por vaina; PG = Peso de 100 granos (g). Letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes de acuerdo a las pruebas de Wilcoxon ( $p < 0.05$ ; floración y moho blanco) y t-Student ( $p < 0.05$ ; resto de variables).



El rendimiento en el frijol asociado con limón Persa, superó al monocultivo, ya que tuvo estadísticamente mayor peso de grano, y aunque en el número de vainas por planta no fue significativo, si tuvo cierta tendencia a tener mayor cantidad, y estos dos componentes del rendimiento tienen muy alta relación con una mayor producción de grano (Barrios-Gómez *et al.*, 2010; Salehi *et al.*, 2010) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Rendimiento de grano de frijol en dos sistemas de cultivo. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo de otoño-invierno de 2017-18.**

Sistema de cultivo	Rendimiento (kg/ha)
Frijol asociado con limón Persa	1,734.69 a
Frijol en monocultivo	1,324.07 b
Promedio	1,529.38
Significancia (0.05)	*

Letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba t-Student (<0.05).

## Conclusiones

El rendimiento de frijol fue significativamente mayor cuando estuvo asociado con limón Persa, en comparación con el frijol en monocultivo; además mostró mejor comportamiento agronómico y sanidad de cultivo; este sistema de siembra representa una buena alternativa de producción para la región de Martínez de la Torre, en el norte del estado de Veracruz.

Los resultados obtenidos se deben tomar con cierta reserva, y sólo como tendencia, no como una argumentación definitiva, ya que sólo se evaluó un ciclo de producción. Es conveniente también registrar otros datos del frijol, del limón Persa y del suelo.

## Literatura citada

Balderas, F. e I. González. 2013. Cocotero híbrido intercalado con cultivos anuales y perennes, tecnología sustentable. *Rev. Mex. Cienc. Forest.* 4(20):58-71.





- Barrios-Gómez E., C. López-Castañeda, J. Kohashi-Shibata, J. Acosta-Gallegos, S. Miranda-Colín y N. Mayek-Pérez. 2010. Rendimiento de semilla, y sus componentes en frijol Flor de Mayo en el Centro de México. *Agrociencia* 44:481-489.
- CEIXTA (Campo Experimental Ixtacuaco). 2018. Estación climatológica. Datos históricos de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%), 2017-2018. <http://www.clima.inifap.gob.mx> [consultado el 13 de junio de 2019].
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. Problemas de producción del frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. H. F. Schwartz y G. Gálvez (eds.). Cali, Colombia. 424 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A. van y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1988. El moho blanco y su manejo. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico. H. F. Schwartz y M. Pastor-Corrales. Cali, Colombia. 38 p.
- Dubey, S., N. Sharma, J. Sharma, A. Sharma and N. Kishore. 2016. Assessing citrus (lemon) based intercropping in the irrigated areas of northern plains of Haryana. *Indian J. Hort.* 73(3):441-444.
- Durán Á., T. Lambert y R. Velázquez. 2014. Evaluación de genotipos mejorados de frijol negro *Phaseolus vulgaris* en Barinas y Monagas, Venezuela. *Rev. de Cie. Agríc.* 31(2):63-75.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017a. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Cartilla Tecnológica No. 10. Cultivos asociados. <http://www.fao.org /3/v5290s/v5290s00.htm> [consultado el 13 junio de 2019].
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017b. Información básica. Cartilla Tecnológica No. 5. Mejoramiento del suelo. <http://www.fao.org /3/v5290s/v5290s00.htm> [consultado el 13 junio 2019].



- Fernández, F., P. Gepts y M. López. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. p. 61-78. *In*: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Frijol: investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Gómez, R. O. y E. Zavaleta M. 2001. La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en particular con *Tagetes* spp. *Rev. Mex. Fitopat.* 19(1):94-99.
- Kohashi-Shibata, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 44 p.
- Lithourgidis, A., C. Dordas, C. Damalas and D. Vlachostergios. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Aust. J. Crop Sci.* 5(4):396-410.
- McDonald, J. 2009. Handbook of biological statistics. 2nd ed. Sparky House Publishing. Baltimore, MD, USA. 317 p.
- Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijación-biológica-nitrogeno-leguminosas.pdf> [consultado el 11 de junio de 2019].
- Pértega, S. y S. Pita. 2001. Métodos paramétricos para la comparación de dos medias. t de Student. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t\\_student/t\\_student.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t_student/t_student.asp) [consultado el 9 de julio de 2019].
- Rosales-Serna, R., R. Ochoa y J. A. Acosta. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperíodo. *Agrociencia* 3(5):513-523.
- Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. 2a. ed. Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano Honduras. Imprenta Litocom. Tegucigalpa, Honduras. 57 p.
- Ruíz-Corral, J. A., G. Medina, I. González, H. Flores, G. Ramírez, C. Ortiz, K. et al. 2013. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. Libro Técnico Núm. 3. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.



- Salehi, M., A. Faramarzi y N. Mohebalipour. 2010. Evaluation of different effective traits on seed yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with path analysis. Am.-Eur. J. Agric. Environ. Sci. 9(1):52-54.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre de la producción agrícola. Resumen por cultivo. <http://www.siap.gob.mx> [consultado el 11 de junio de 2019].



## USO DE AGENTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN GUANAJUATO

Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>12\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>12</sup>, Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>13</sup>,  
Aquilino Ramírez Ramírez<sup>12</sup> y Blanca Moreno Gómez<sup>12</sup>

### Resumen

La secadera del trigo en Guanajuato causada por *Fusarium* spp., ocasiona pérdidas de rendimiento del 30%. Actualmente, las variedades de trigo que se siembran en el estado son moderadamente resistentes a esta enfermedad, alcanzando un 44% de severidad en la raíz. Es por esto que la siembra de estas variedades se debe complementar con otras estrategias como el tratamiento a la semilla con agentes químicos y biológicos. En parcelas donde se ha tratado la semilla con clorotalonil o *Trichoderma* spp., se ha observado una mejor sanidad de la planta y, por consiguiente, la reducción de la severidad de la enfermedad; en estas parcelas, para asegurar una mayor protección del cultivo, los productores realizan aplicaciones foliares de la misma *Trichoderma*. Al parecer, en las parcelas donde se han usado estos agentes se obtiene mayor cantidad de grano; sin embargo, no se ha confirmado el efecto de estos sobre el aumento del rendimiento de grano. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de clorotalonil y *T. harzianum* sobre el aumento del rendimiento del trigo sembrado bajo condiciones de riego. Se establecieron parcelas experimentales en 12 localidades del estado donde se probaron los tratamientos: 1. Testigo, 2. Clorotalonil a la semilla, 3. *T. harzianum* a la semilla, 4. *T. harzianum* a la semilla y foliar y 5. *T. harzianum* foliar. Se observó que los tratamientos se comportaron de diferente forma entre localidades, pero en la mayoría de éstas con clorotalonil y *T. harzianum* foliar se obtuvieron mayores rendimientos de grano con aumentos hasta de 31 y 32%,

<sup>12</sup>Campo Experimental Bajío. CIRCE. INIFAP. mariscal.luis@inifap.gob.mx

<sup>13</sup>Campo Experimental Valle de México. CIRCE. INIFAP





respectivamente. En el análisis conjunto de todas las localidades se observó que todos los tratamientos aumentaron el rendimiento respecto al testigo, siendo los mejores *T. harzianum* foliar y clorotalonil, con aumentos del rendimiento del 11.2 y 15.3%, respectivamente. Es importante que los productores de trigo de Guanajuato consideren el tratamiento a la semilla con clorotalonil o la aplicación foliar de *T. harzianum*, ya que además de proveer un mejor establecimiento del cultivo y una mejor sanidad de la planta, se puede mejorar el rendimiento.

**Palabras clave:** secadera, *Fusarium*, *Trichoderma*, fungicidas, riego

## Introducción

Las enfermedades causadas al trigo por hongos del suelo, se manifiestan como una pudrición de las raíces y de la corona. Los hongos del género *Fusarium* pueden estar en las espigas y en la semilla, y atacar diferentes partes de la planta en diferentes etapas de desarrollo. En plantas con estrés hídrico, una fase severa de esta enfermedad ocasiona un debilitamiento y una coloración rosada o café de la base del tallo, denominada “pudrición de la corona asociada a zonas áridas” (dryland foot rot, en inglés) o la secadera o fusariosis en El Bajío de México. La pudrición de la corona y de las raíces son las principales enfermedades del trigo cuando la humedad es deficiente (Wiese, 1987). En América del Norte, esta enfermedad ocasiona pérdidas del rendimiento del 6% (Wiese, 1987). Para *Fusarium* spp., Smiley *et al.* (2005) mencionan reducciones del rendimiento en trigo del 35% al 61%. Una reducción de rendimiento de 35% equivale a perder 1,600 kg de grano/ha, equivalente a 219 dólares/ha. En Irán, la pudrición de la corona ha causado pérdidas de 45% (Saremi *et al.*, 2007) y en Turquía de 43%. Según lo reportado, bajo incidencias severas se pueden tener pérdidas de 50% por *F. graminearum*. En el estado de Guanajuato se han estimado pérdidas de rendimiento por esta enfermedad, que ascienden a 30% (Mariscal *et al.*, 2018).



En Guanajuato, se tiene conocimiento de la secadera del trigo en los municipios de Pueblo Nuevo, Salamanca, Valle de Santiago, Pénjamo, Yuriria, Irapuato y Acámbaro desde el año 2000. Este problema se ha detectado en todo El Bajío y se presenta en forma de manchones con plantas dañadas por pudriciones en la raíz, corona y tallo, y cuando se presenta en grandes extensiones, causa pérdidas totales para el productor. La presencia de esta enfermedad se ve favorecida por la mala nivelación del suelo, encharcamientos, riegos pesados y la permanencia del rastrojo en el terreno cuando se han hecho diagnósticos en campo (Mariscal *et al.*, 2018). En el Laboratorio de Fitopatología del ampo Experimental Bajío del INIFAP se han identificado algunas especies, inclusive en una sola muestra, de *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Nigrospora* y *Cladosporium*. Se sabe por entrevistas con productores que las acciones de control no han sido completamente efectivas, ya que el control químico foliar y el cultural como la solarización no han sido efectivos ni viables económicamente, y la efectividad de la aplicación de microorganismos antagonistas ha dependido de la forma de aplicación y de la fertilización química del suelo (Mariscal *et al.*, 2018). Según lo reportado por Rangel *et al.* (2017) y Leyva *et al.* (2017), las especies predominantes de *Fusarium* causantes de la enfermedad en Guanajuato son: *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum*, *F. acuminatum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. nivale*, *F. moniliforme*, *F. solani* y *F. oxysporum*, siendo *F. proliferatum* la más frecuente y patogénica.

La forma más efectiva y económica de manejo de esta enfermedad en campo es el control genético mediante la siembra de variedades con resistencia o tolerancia al complejo de *Fusarium*; sin embargo, las variedades de trigo que actualmente se siembran en Guanajuato son moderadamente resistentes a la secadera del trigo, alcanzando hasta 44% de severidad (Mariscal *et al.*, 2018), por lo que se necesita complementar la siembra de estas variedades con otras estrategias como el tratamiento a la semilla con agentes químicos y biológicos, aunque también se ha observado un auge por la aplicación foliar de hongos antagonistas de forma preventiva, cuando la enfermedad se presenta en etapas de planta adulta. La efectividad de estos agentes ya se ha evaluado durante algunos años en parcelas



de productores de Guanajuato; de éstos, los que han sido más efectivos en la reducción de las poblaciones de *Fusarium*, en mejorar la sanidad de la planta y que están más al alcance del productor, son el fungicida químico clorotalonil y el hongo antagonista *Trichoderma* (Mariscal et al., 2018). Además, se ha observado que estos dos agentes tienen un efecto indirecto en el aumento del rendimiento del cultivo, por lo que pueden considerarse como de doble propósito. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del agente químico clorotalonil y el agente biológico *T. harzianum* sobre el aumento del rendimiento del cultivo del trigo sembrado bajo condiciones de riego en Guanajuato.

## Materiales y métodos

Se establecieron ensayos en 12 parcelas de productores cooperantes en el ciclo O-I/2016-2017: Mogotes de Reyes (1), La Estación (1), San Juanito (1) y Tepetate de Negrete (1), en el municipio de Pénjamo; Raíces (1) y Guarapo (3), en Valle de Santiago; El Monte (1) y Loma de Flores (1) en Salamanca, y Huanímaro (1), en Huanímaro, y El Copal (1), en Irapuato. Se eligieron estas localidades, ya que históricamente se ha observado la incidencia de la secadera del trigo de forma natural. La variedad de trigo que se utilizó en los experimentos fue Cortázar S94, que se considera como moderadamente resistente a pudriciones de raíz y corona por *F. proliferatum*, alcanzando 44% y 30% de infección, respectivamente (Mariscal et al., 2018). El manejo agronómico de cada parcela varió de acuerdo al manejo convencional de cada productor, pero de forma general, consistió de la preparación del terreno con un barbecho, rastreo y surcado, fechas de siembra tempranas, que iniciaron en la última semana de noviembre y tardías hasta la primera quincena de enero, una densidad de siembra de 200 kg de semilla por hectárea, calendarios de riego de 0, 45 y 75 días o 0, 45, 75 y 100 días después de la siembra dependiendo de la disponibilidad del agua, fertilización a una dosis de 300-60-00 de N-P-K y la eliminación de malezas con diferentes herbicidas, dependiendo de su



disponibilidad. Los tratamientos que se utilizaron en el estudio se mencionan a continuación.

**Cuadro 1. Tratamientos utilizados en las parcelas experimentales, ingredientes activos y dosis.**

No.	Ingrediente activo	Dosis
1	Testigo absoluto	
2	Clortalonil semilla (polvo humectable al 75%)	250 g en 100 kg de semilla
3	<i>T. harzianum</i> semilla (polvo humectable 12x10 <sup>6</sup> conidios/mL)	500 g en 100 kg de semilla
4	<i>T. harzianum</i> semilla y foliar (polvo humectable 1x10 <sup>7</sup> conidios/mL)	500 g en 100 kg de semilla, 1 g/L agua
5	<i>T. harzianum</i> foliar (polvo humectable 1x10 <sup>7</sup> conidios/mL)	1 g/L agua

Los tratamientos a la semilla se prepararon con anticipación para ser aplicados al momento de la siembra, y para los tratamientos 4 y 5, se hizo una aplicación foliar de *T. harzianum* 45 días después de la siembra. Las unidades experimentales fueron parcelas de dos surcos con dos hilos de 3 m x 1.5 m (0.75 m de separación entre surcos) con una superficie total de 4.5 m<sup>2</sup>, con tres repeticiones por tratamiento. La variable de estudio fue el rendimiento de grano (RG) por hectárea, estimado a partir del peso de grano de 1 m<sup>2</sup> de parcela útil dentro de cada unidad experimental. Se hizo un análisis de varianza utilizando un modelo de bloques completos al azar con localidades como repeticiones y por separado para cada localidad y una prueba de comparación de medias Tukey ( $p = 0.05$ ), utilizando el programa estadístico SAS® ver. 9.0 (Statistical Analysis System).

**Resultados y discusión**

Se encontraron diferencias altamente significativas de los tratamientos entre localidades, sugiriendo que las condiciones ambientales de las localidades, más los diferentes manejos agronómicos de los productores tuvieron un efecto sobre los tratamientos y el rendimiento de grano. Para el caso de los tratamientos se





observaron también diferencias altamente significativas, así como para la interacción entre localidades y tratamientos (Cuadro 2).

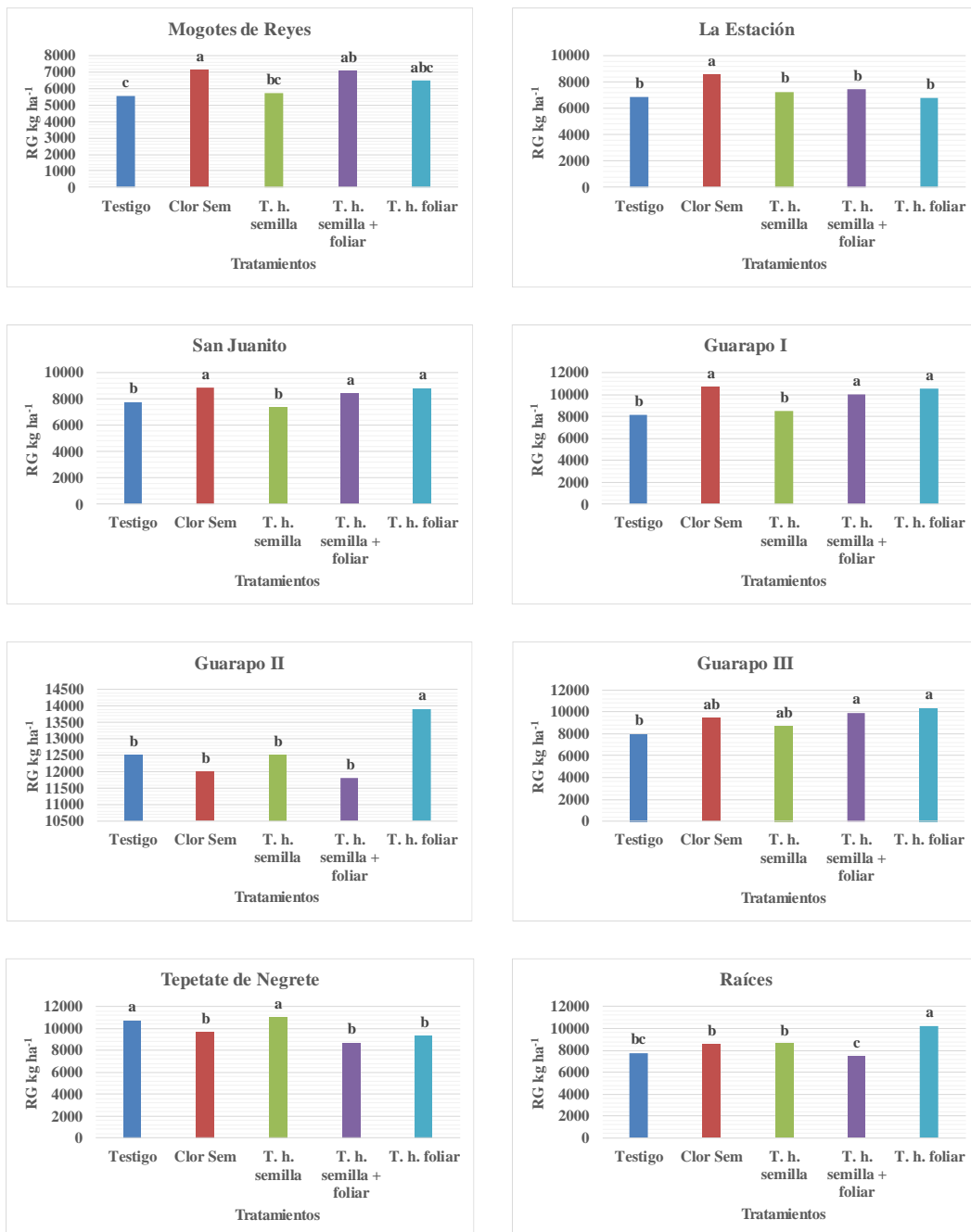
**Cuadro 2. Cuadrados medios y nivel de significancia para la variable rendimiento bajo diferentes tratamientos.**

FV	GL	RG
Loc	11	37364518.9**
Rep (loc)	24	248569.4 <sup>ns</sup>
Trat	4	10227393.6**
Loc*Trat	40	2103535.7**
Error	96	170855.6
CV (%)		4.55

FV = fuente de variación. Loc = localidad. Rep = repetición. Trat = tratamiento. CV = coeficiente de variación. GL = grados de libertad. RG = rendimiento de grano. \*\* = altamente significativo. <sup>ns</sup> = no significativo.

En la Figura 1 se observan las medias de rendimiento de grano de cada tratamiento por localidad y los resultados de la prueba de medias. En todas las localidades se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, a excepción de Mogotes de Reyes, donde sólo se observaron diferencias significativas. No se observó una consistencia entre tratamientos entre localidades; sin embargo, los que presentaron un mayor rendimiento respecto al testigo fueron el fungicida clorotalonil (en 10 localidades) y *T. harzianum* aplicado en forma foliar (11 localidades), con aumentos de rendimiento del 10 al 31% y del 11 al 32%, respectivamente. Este aumento de rendimiento en el tratamiento a la semilla con clorotalonil (Salazar, 1991), o en general, con cualquier fungicida químico, como lo mencionan Schaafsma y Tamburic (2005) y Turkington *et al.* (2016), se debe a que con los fungicidas químicos se consigue un mayor porcentaje de germinación de semilla, que se refleja en un mayor número de plantas por superficie.

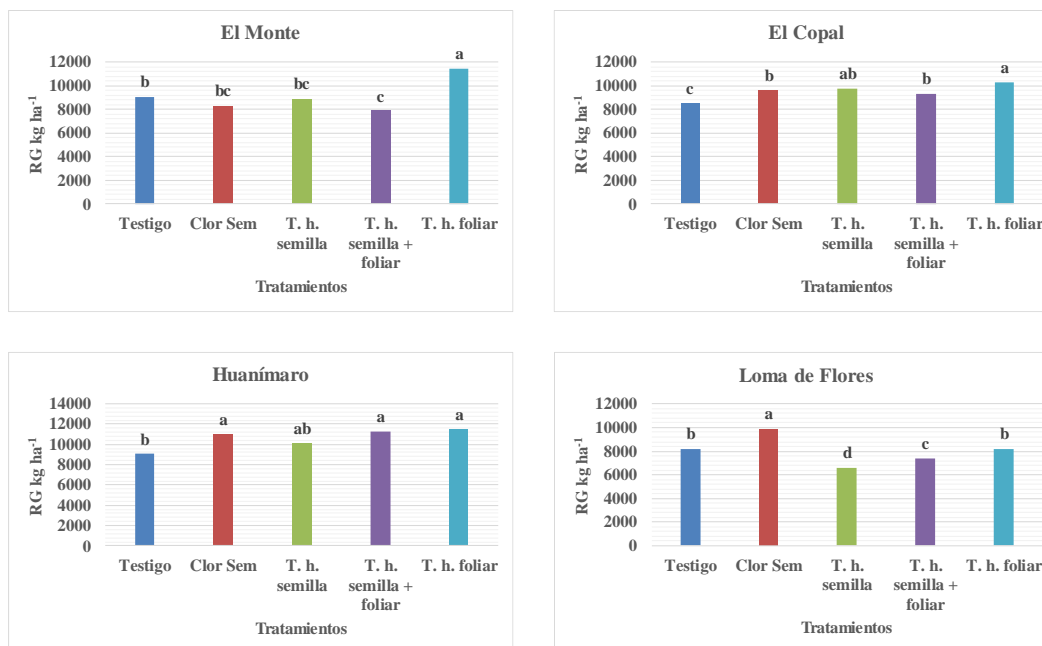
Las diferencias en cuanto al efecto de los diferentes tratamientos entre localidades se debe a la interacción de los mismos con los diferentes manejos agronómicos que se le dieron a las parcelas por parte de los productores, así como otros factores, como el tipo de suelo, las especies de *Fusarium* predominantes en cada región y la respuesta de resistencia de la variedad de trigo a estas especies.



**Figura 1. Rendimiento de grano (RG) de tratamientos a la semilla de trigo y aplicación foliar de *T. harzianum* en diferentes localidades de Guanajuato. Clor Sem= clorotalonil a la semilla, T. h.= *T. harzianum*. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.**



### Continúa... Figura 1



En el Cuadro 3 se observan los resultados de la prueba de medias entre tratamientos (agrupando todas las localidades). Todos los tratamientos aumentaron el rendimiento respecto al testigo, siendo *T. harzianum* foliar y clorotalonil semilla, los que presentaron el mayor rendimiento de grano y los que se destacaron en la mayoría de las localidades, como se mencionó anteriormente. Estos dos tratamientos, en este análisis conjunto, presentaron aumentos del rendimiento de grano del 15.3 y 11.2%, lo que representa 1,300 y 957 kg más por hectárea, respectivamente. Este aumento de rendimiento en el tratamiento con clorotalonil se debe a lo reportado por Salazar (1991), Schaafsma y Tamburic (2005) y Turkington *et al.* (2016) y que se mencionó anteriormente. En trigo se ha reportado que la aplicación foliar de la especie *T. viride* ha promovido el aumento de rendimiento de este cultivo hasta en 42% (Singh *et al.*, 2017), mientras que, en arroz, la especie *T. asperellum* ha aumentado el rendimiento en 71% (Santos de Franca *et al.*, 2015). En este estudio, aunque el aumento de esta variable no fue tan alto, como lo reportado por estos autores, el efecto en la promoción del crecimiento y de las defensas y en



la sanidad que ocasiona este hongo en las plantas, pudo haber influenciado un mayor rendimiento de grano (Hermosa *et al.*, 2012).

### Cuadro 3. Prueba de medias para la variable rendimiento de grano entre tratamientos.

No.	Tratamiento	RG (kg/ha)	Aumento de RG respecto al testigo (%)
1	<i>T. harzianum</i> foliar	9,808 a*	15.3
2	Clorotalonil	9,465 b	11.2
3	<i>T. harzianum</i> semilla y foliar	8,890 c	4.5
4	<i>T. harzianum</i> semilla	8,774 cd	3.1
5	Testigo absoluto	8,508 d	-

\*Tratamientos con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales.

De acuerdo con los datos obtenidos en este estudio, una tendencia similar para los tratamientos clorotalonil semilla y *T. harzianum* semilla, se observó en parcelas experimentales del Campo Experimental Bajío del INIFAP, ya que clorotalonil aplicado a la semilla propició un aumento del rendimiento de grano de 25% respecto al testigo, y de la misma forma, con el tratamiento *Trichoderma* spp., a la semilla, se obtuvo un rendimiento similar al testigo (Mariscal *et al.*, 2018); lo anterior concuerda con lo reportado por Villalobos (2018). Para el caso particular de *T. harzianum* aplicado a la semilla, aunque estadísticamente tuvo el mismo efecto que el testigo, el aumento de rendimiento fue de 266 kg/ha (3.1%) respecto a este tratamiento (Cuadro 3). Sharma *et al.* (2012) mencionan que la aplicación de este hongo en la semilla estimula el crecimiento de las plantas, incrementa el tamaño de la raíz y el aprovechamiento de nutrientes del suelo, lo que se refleja en la promoción de caracteres como el número de espigas, raicecillas, granos por espiga, peso de 1000 semillas y rendimiento de grano, hasta 22% más que el testigo.

### Conclusiones

1. La efectividad de los fungicidas químicos y biológicos a la semilla depende de las condiciones ambientales y el manejo agronómico de las parcelas en donde se siembra trigo de riego en Guanajuato.





2. La aplicación de clorotalonil a la semilla de trigo o la aplicación foliar del hongo *T. harzianum* tiene un efecto positivo sobre el aumento del rendimiento de grano.
3. Con estas dos estrategias se puede aumentar de 900 a 1,300 kg el rendimiento por hectárea. El fungicida clorotalonil, además de aumentar el rendimiento de grano, ayuda a incrementar la germinación de plantas y permite la protección de las plántulas en las primeras etapas de su desarrollo, y
4. *T. harzianum* aplicada de forma foliar estimula el sistema de defensa de las plantas.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el INIFAP mediante los proyectos fiscales No. 1641033925 “Generación de tecnología para la producción sustentable de trigo para El Bajío y las zonas temporaleras de la región central de México” y No. 9381734111 “Alternativas de manejo de la secadera del trigo para El Bajío”.

## Literatura citada

- Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet and E. Monte. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* 158:17-25.
- Leyva, M. S. G., H. E. Vega P., H. E. Villaseñor M., B. Tlapal B., M. Vargas H., M. Camacho T. *et al.* 2017. Caracterización de especies de *Fusarium* causantes de pudrición de raíz del trigo en El Bajío, México. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 33(2):142-151.
- Mariscal, A. L. A., E. Solís M., H. E. Villaseñor M., A. Ramírez R. y B. Moreno G. 2018. Manejo integrado de la secadera del trigo en El Bajío. Folleto Técnico No. 11. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 47 p.
- Rangel, C. A. E., E. Valadez M. y H. Lozoya S. 2017. Caracterización molecular y patogénesis de *Fusarium* asociado al amarillamiento del trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* 40(4):439-450.



- Salazar, H. F. J. 1991. Aplicación de productos químicos al follaje y en tratamiento a la semilla para el control del carbón parcial (*Tilletia indica* Mitra) en el sur de Sonora. p. 18-20. *In*: Fuentes, D. G. y G. P. Hettel (eds.). Estado actual de la investigación sobre el carbón parcial en México. Reporte Especial de Trigo No. 7. CIMMYT. México, D. F.
- Santos de Franca, S. K., A. Figueiredo C., D. Castro L., E. M. L. Soares R., M. C. Corsi de Filippi and G. Barata da Silva. 2015. Biocontrol of sheath blight by *Trichoderma asperellum* in tropical lowland rice. *Agron. Sustain. Dev.* 35:317-324.
- Saremi, H., A. Ammarellou and H. Jafary. 2007. Incidence or crown root disease of wheat caused by *Fusarium pseudograminearum* as a new soil born fungal species in North West Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 10(20):3606-3612.
- Schaafsma, A. W. and L. Tamburic-I. 2005. Effect of seeding rate and seed treatment fungicides on agronomic performance, Fusarium head blight symptoms, and DON accumulation in two winter wheats. *Plant Dis.* 89(10):1109-1113.
- Sharma, P., A. N. Patel, M. K. Saini and S. Deep. 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric. Sci.* 4(8):65-73.
- Singh, K. S., D. Choskit, D. Pandit and S. Abroi. 2017. Effect of bio-agents, neem leaf extract and fungicides against *Alternaria* leaf blight of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Nat. Prod. Chem. Res.* 5(8):295.
- Smiley, R. W., J. A. Gourlie, S. A. Easley, M. L. Patterson and R. G. Whittaker. 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Plant Dis.* 89:595-604.
- Turkington, T. K., B. L. Beres, H. Kutcher, B. Irvine, E. N. Johnson, J. T. O'Donovan *et al.* 2016. Winter wheat yields are increased by seed treatment and Fall-applied fungicide. *Agron. J.* 108(4):1379-1389.
- Villalobos, Z. L. E. 2018. Efecto de tratamiento a la semilla en el rendimiento y fitosanidad del cultivo de trigo. Tesis de maestría. Tecnológico Nacional de México. Roque, Gto., México. 134 p.
- Wiese, M. V. 1987. Compendium of wheat diseases. 2nd ed. APS Press. St. Paul, MN, USA. 112 p.



## EVALUACIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA EN YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Arturo Durán Prado<sup>14\*</sup>, Rutilo López López<sup>15†</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>14</sup> e Isaac Meneses Márquez<sup>14</sup>

### Resumen

El experimento se estableció el 20 de febrero de 2018 en el C. E. Cotaxtla, Medellín, Ver. El objetivo fue evaluar la respuesta en rendimiento y desarrollo con la fertilización química y micorrizas INIFAP en dos variedades de yuca. Se utilizó un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos resultaron de la combinación de dos variedades: 1. Sabanera y 2. Criolla Tabasco, con cinco tratamientos de fertilización: 1. Sin biofertilizante y sin fertilizante químico (00-00-00), 2. Sin biofertilizante + 80-23-30 kg/ha de N-P-K, 3. Sin biofertilizante + 160-46-60 kg/ha de N-P-K, 4. Sin biofertilizante + 160-69-90 kg/ha de N-P-K y 5. Con micorriza INIFAP a 3 kg/ha + 60-20-20 kg/ha de N-P-K. Las parcelas experimentales fueron de tres surcos a 1 m de separación y de 4 m de longitud (12 m<sup>2</sup>). Se tomaron altura de planta, índice de clorofila ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), longitud de tubérculo (cm), diámetro de tubérculo (mm), peso promedio de tubérculo (g), número de tubérculos por planta y rendimiento de tubérculos de yuca fresca (t/ha). La yuca se cosechó a los 252 días después de la siembra (DDS). Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas en la variable altura de planta. Con el tratamiento de la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante + 80-23-30 kg/ha de N-P-K se tuvieron las plantas más altas a los 120, 150, 180, 210 y 240 DDS. La variable clorofila mostró diferencias altamente significativas en todas las etapas de desarrollo del cultivo, excepto a los 210 DDS. La variedad Criolla Tabasco + micorriza INIFAP + 60-20-20 de N-P-K mostró el mayor contenido de clorofila a los 240 DDS con 50.48  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , semejante estadísticamente a los demás tratamientos con la misma variedad y superior a

<sup>14</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. duran.arturo@inifap.gob.mx

<sup>15</sup>Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP.



todos los tratamientos con la variedad Sabanera. En las otras variables cuantificadas, incluyendo el rendimiento de yuca fresca, no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos. El mayor rendimiento, lo obtuvo la variedad Criolla Tabasco + micorriza INIFAP + 60-20-20 de N-P-K, con 64.250 t/ha.

**Palabras clave:** biofertilizantes, clorofila, rendimiento, Sabanera, Criolla Tabasco

## Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo de amplia adaptación, ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1,800 m de altitud, a temperaturas comprendidas entre 20 y 30°C, con una óptima de 24°C, una humedad relativa entre 50 y 90%, con una óptima de 72% y una precipitación anual de entre 600 y 3,000 mm, con una óptima de 1,500 mm. Su ciclo de crecimiento desde la siembra a la cosecha, depende de las condiciones ambientales: en áreas más cálidas es más corto (7 a 12 meses), mientras que en regiones con altitudes de 1,300 a 1,800 m es más largo (12 meses o más). Cadavid y López (2015), mencionan que su raíz es de los más eficientes productores de carbohidratos entre las plantas, convirtiéndose en la cuarta fuente energética en el mundo después del arroz, la caña de azúcar y el maíz (Howeler, 1981). Solórzano (1975), indica que 1 kg de yuca contribuye con el 59% del total de calorías diarias que requiere un hombre adulto.

Es una raíz comestible que constituye una fuente importante de carbohidratos para 500 millones de personas en África, Asia y América. El principal productor mundial de yuca es Nigeria (59´485,947 t), seguido de la República Democrática del Congo (31´596,000 t), Tailandia (30´973,292 t), Indonesia (19´046,000 t) y Brasil (18´876,470 t). Los países antes indicados, producen el 54.3% del total mundial (FAOSTAT, 2017). El rendimiento promedio de los 10 mejores países del mundo fue de 25.72 t/ha.

En México, el SIAP (2016) reportó una producción de 20,978 t en una superficie de 1,712 ha, con un rendimiento promedio de 12.25 t/ha, y un valor de la producción de poco más de 75 millones de pesos.





La yuca tiene una elevada tolerancia a los suelos ácidos y ha formado una asociación simbiótica con los hongos del suelo, que ayuda a que sus raíces absorban el fósforo y los micronutrientes. Dado que la mayoría de los nutrientes absorbidos se encuentran en los tallos y hojas, devolverlos al suelo ayuda a mantener la fertilidad del mismo para el próximo cultivo.

La capacidad de la yuca de producir rendimientos aceptables en suelos pobres ha hecho creer que no requiere fertilizantes minerales, y que ni siquiera responde a ellos. Los resultados de extensos ensayos examinados por la FAO han mostrado, sin embargo, que muchas variedades de yuca se benefician de la fertilización. La necesidad de fertilizantes en el cultivo de yuca va en aumento, dado que en los sistemas de producción más intensivos se abandonan los medios tradicionales de mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Los rendimientos de la yuca podrían aumentar considerablemente si los agricultores pudieran acceder a fertilizantes minerales a un precio razonable. En la República Democrática del Congo, la utilización de variedades mejoradas y fertilizantes minerales hizo que la producción de raíces de yuca aumentara del 30 al 160%.

Inicialmente, la yuca debe fertilizarse con cantidades casi iguales de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Sin embargo, si el cultivo se produce de forma continua durante muchos años, el equilibrio N-P-K deberá modificarse para compensar la eliminación de nutrientes, especialmente potasio, en la cosecha.

Para ello pueden utilizarse fertilizantes compuestos que tienen niveles altos de K y N, y relativamente bajos de P. Para disminuir los costos de los insumos, los agricultores deben reducir la volatilización de nitrógeno y las pérdidas de nutrientes debidas a las escorrentías y a la erosión, cubriendo siempre con suelo los fertilizantes aplicados. El suministro de fertilizantes nitrogenados también puede ser optimizado con urea comprimida en supergránulos o perlas de urea recubiertas de torta hecha de aceite de semilla de marga. Ambas tecnologías ralentizan considerablemente la nitrificación de la urea, reduciendo así las pérdidas en el aire y en las escorrentías de superficie. Aunque los fertilizantes minerales pueden ayudar a aumentar los rendimientos, por sí solos no pueden mantener la producción de



cultivos a largo plazo en tierras degradadas. Los agricultores pueden mantener y mejorar la calidad y la salud de los suelos utilizando otras medidas del modelo “Ahorrar para crecer” (FAO, 2013). El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta en rendimiento y desarrollo con fertilización química, abonos orgánicos y micorrizas INIFAP en dos variedades de yuca.

## Materiales y métodos

El 20 de febrero de 2018, se estableció un experimento de yuca en el lote A-2 del Campo Experimental Cotaxtla, municipio de Medellín, Ver. Inicialmente se condujo en condiciones de riego y posteriormente se desarrolló bajo condiciones de riego y temporal. Se evaluaron 10 tratamientos de fertilización química, abonos orgánicos y micorrizas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos de fertilización química y biológica en dos variedades de yuca.**

Tratamiento No.	Variedad	Biofertilizante (1 kg/ha)*	Fertilización química N-P-K (kg/ha)
1	Sabanera	Sin	00-00-00
2	Sabanera	Sin	80-23-30
3	Sabanera	Sin	160-46-60
4	Sabanera	Sin	160-69-90
5	Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20
6	Criolla Tabasco	Sin	00-00-00
7	Criolla Tabasco	Sin	80-23-30
8	Criolla Tabasco	Sin	160-46-60
9	Criolla Tabasco	Sin	160-69-90
10	Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20

\*Aplicado a las estacas antes de la siembra.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió en tres surcos de 4 m de longitud y 1 m de separación (12 m<sup>2</sup>). El manejo agronómico del cultivo se realizó con las recomendaciones del INIFAP (Sánchez *et al.*, 1999).



Las variables a evaluar fueron: fecha de siembra, altura de planta a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 240 días después de la siembra (DDS), índice de clorofila ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) determinado a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 240 DDS, con el empleo del medidor digital SPAD Minolta modelo 502 (Gutiérrez *et al.*, 1994), el cual registró lecturas *in situ* en 10 hojas de yuca completamente desarrolladas por parcela experimental. La toma de datos se realizó en al menos cinco plantas. A la cosecha se midió la longitud de tubérculos (cm), el diámetro ecuatorial de tubérculos (mm), el peso de tubérculos (g) y el número de tubérculos por planta. Lo anterior se hizo en 10 tubérculos tomados al azar de los obtenidos en cada parcela útil cosechada. El rendimiento fresco de tubérculos (t/ha) se determinó una vez que las plantas llegaron a su madurez fisiológica, lo que ocurrió a los 252 días después de la siembra para ambas variedades. Se cosechó un surco central de 1 m de ancho por 4 m de largo ( $4 \text{ m}^2$ ), dejando los surcos orilleros. Se palearon alrededor de la base de las plantas de yuca, después se aflojaron en algunas plantas con pico manual y con la fuerza de ambas manos se arrancaron, se cuantificaron, los tubérculos por parcela y se pesaron con báscula digital, para después realizar la estimación en de rendimiento de fruto.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico de diseños experimentales de la UANL (Olivares, 1994). Se realizó la prueba de Tukey (0.05) en las variables que registraron significancia estadística.

## Resultados y discusión

### Altura de planta

Los análisis de varianza de las alturas de planta se presentan en el Cuadro 2, en el cual se observa que en la etapa de desarrollo de la yuca a los 30, 60 y 90 DDS, se tuvieron alturas promedio de 19.84, 51.04 y 102.02 cm, con tasas de crecimiento por día de 0.66, 1.04 y 1.86 cm, sin haber diferencia estadística entre tratamientos. A los 120 DDS el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos; el promedio de altura en esta época fue de 140.69 cm, siendo el



tratamiento con mayor altura la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante y 80-23-30 kg/ha de N-P-K, con 161.45 cm, el cual fue estadísticamente diferente con el de menor altura, que fue el tratamiento con la variedad Sabanera sin biofertilizante + 60-20-20 kg/ha de N-P-K, con 115.19 cm. Desde los 150 hasta los 240 DDS se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 3). Los promedios de alturas en estas etapas fueron de 183.83, 290.81, 397.20 y 415.60 cm, respectivamente. La mayor altura fue con el tratamiento con la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante y 80-23-30 kg/ha de N-P-K con 456.50 cm; a su vez, la menor altura la tuvo el tratamiento con la variedad Sabanera con micorriza INIFAP + 60-20-20 kg/ha de N-P-K, con 339.35 cm.

**Cuadro 2. Altura de planta de yuca (cm) en diferentes días después de la siembra (DDS).**

Variedad	Biofertilizante	N-P-K (kg/ha)	30	DDS 60	90	120
Sabanera	Sin	00-00-00	20.50	46.70	98.84	122.00 ab
Sabanera	Sin	80-23-30	20.10	52.89	98.14	126.04 ab
Sabanera	Sin	160-46-60	21.60	53.25	107.50	<b>152.89 ab</b>
Sabanera	Sin	160-69-90	22.10	54.05	109.64	145.35 ab
Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20	21.25	52.19	94.25	115.19 b
Criolla Tabasco	Sin	00-00-00	17.65	45.94	97.70	135.14 b
Criolla Tabasco	Sin	80-23-30	19.90	53.90	118.10	<b>161.45 a</b>
Criolla Tabasco	Sin	160-46-60	17.54	51.05	119.44	146.04 b
Criolla Tabasco	Sin	160-69-90	18.70	51.20	113.90	150.25 b
Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20	19.50	49.40	112.65	150.25 ab
Media			19.84	51.04	102.02	140.69
C. V. (%)			17.17	11.39	12.53	12.13
ANOVA			N.S.	N.S.	N.S.	**





**Cuadro 3. Altura de planta de yuca (cm) en diferentes días después de la siembra (DDS).**

Variedad	Biofertilizante	N-P-K (kg/ha)	150	DDS 180	210	240
Sabanera	Sin	00-00-00	171.50 c	238.5 cd	352.50	373.25 ab
Sabanera	Sin	80-23-30	183.94 bc	256.00 bcd	350.75	395.0 ab
Sabanera	Sin	160-46-60	209.7 abc	306.00 abcd	394.50	423.0 a
Sabanera	Sin	160-69-90	181.50 bc	262.45 abcd	378.00	403.0 ab
Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20	164.19 c	227.00 d	328.00	339.35 b
Criolla Tabasco	Sin	00-00-00	207.7 abc	313.00 abc	442.00	434.5 a
Criolla Tabasco	Sin	80-23-30	250.25 a	340.00 a	460.00	456.5 a
Criolla Tabasco	Sin	160-46-60	216.5 abc	328.20 ab	423.75	425.0 a
Criolla Tabasco	Sin	160-69-90	230.50 ab	317.75 abc	410.00	439.25 a
Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20	230.00 ab	319.25 ab	432.50	447.75 a
Media			183.83	290.81	397.20	415.60
C. V. (%)			11.45	11.30	10.25	8.29
ANOVA			**	**	**	**

### Índice de clorofila

El análisis de varianza de las lecturas del SPAD se presenta en el Cuadro 4, donde se observa que a los 30, 60, 90 y 120 DDS, se detectaron diferencias altamente significativas, con una lectura promedio de clorofila de 31.03, 39.67, 42.65 y 40.96  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , respectivamente.

A los 30 DDS, el mayor contenido de clorofila fue con el tratamiento con la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante + 160-69-90 kg/ha de N-P-K, respectivamente, con 33.58  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por Criolla Tabasco con micorriza INIFAP + 60-20-20 con 33.48  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ; el tratamiento con menor contenido de clorofila fue Sabanera testigo absoluto (sin biofertilizante y sin fertilización química) con 25.23  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . A los 60 DDS repitió con el mayor contenido de clorofila el tratamiento con la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante + 160-69-90 kg/ha de N-P-K con 44.69  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por Criolla Tabasco sin biofertilizante +160-46-60 con 44.42  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . El tratamiento con menor contenido de clorofila fue Sabanera testigo absoluto (sin biofertilizante y sin fertilización química) con 34.82  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . A los 90 DDS, el mejor tratamiento fue Criolla Tabasco sin biofertilizante + 160-46-60 con 45.53  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por el tratamiento Criolla Tabasco sin biofertilizante +160-69-90 kg/ha de N-P-K con 45.23  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ; el tratamiento con menor contenido de clorofila fue Sabanera sin



biofertilizante + 80-23-30 con 39.59  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . A los 120 DDS repitió con el mayor contenido de clorofila el tratamiento con la variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante +160-69-90 kg/ha de N-P-K con 45.71  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por Criolla Tabasco con micorriza INIFAP + 60-20-20 con 44.82  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ; el tratamiento con menor contenido de clorofila fue Sabanera sin biofertilizante + 80-23-30 con 34.83  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ .

**Cuadro 4. Índice de clorofila en hojas de yuca en diferentes días después de la siembra.**

Variedad	Biofertilizante	N-P-K (kg/ha)	30	DDS60	90	120
Sabanera	Sin	00-00-00	25.23 c	34.82 c	40.31 ab	36.59
Sabanera	Sin	80-23-30	26.13 c	37.55 bc	39.59 b	34.83
Sabanera	Sin	160-46-60	28.70 abc	37.62 bc	42.24 ab	40.46
Sabanera	Sin	160-69-90	28.09 bc	37.14 bc	41.88 ab	39.02
Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20	26.60 c	37.15 bc	40.55 ab	38.18
Criolla Tabasco	Sin	00-00-00	33.27 a	39.13 abc	42.07 ab	43.11
Criolla Tabasco	Sin	80-23-30	32.28 ab	41.06 ab	44.92 ab	44.59
Criolla Tabasco	Sin	160-46-60	32.50 ab	44.42 a	45.53 a	42.35
Criolla Tabasco	Sin	160-69-90	33.58 a	44.69 a	45.23 ab	45.71
Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20	33.48 a	42.41 ab	44.18 ab	44.82
Media			31.03	39.67	42.65	40.96
C. V. (%)			6.92	5.99	5.58	7.93
ANOVA			**	**	**	**

En el Cuadro 5, se puede observar que solamente a los 150, 180 y 240 días después de la siembra (DDS), los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas, con lecturas promedio de clorofila de 45.16, 41.75 y 45.36  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  respectivamente. A los 150 DDS el mayor contenido de clorofila fue con el tratamiento con la variedad Criolla Tabasco con micorriza INIFAP + 60-20-20 kg/ha de N-P-K, respectivamente, con 50.59  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por Criolla Tabasco testigo absoluto con 50.16  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . A los 180 DDS, el mayor contenido lo registró el tratamiento con Criolla Tabasco + 160-69-90 kg/ha de N-P-K con 47.34  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por el tratamiento Criolla Tabasco testigo absoluto con 47.19  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , el tratamiento con el menor contenido fue Sabanera +160-69-90 con 35.57  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . A los 240 DDS repitió con el mayor contenido de clorofila el tratamiento con la



variedad Criolla Tabasco sin biofertilizante +160-69-90 kg/ha de N-P-K con 51.12  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , seguido por Criolla Tabasco con micorriza INIFAP + 60-20-20 con 50.48  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , el tratamiento con menor contenido de clorofila fue Sabanera con micorriza INIFAP +60-20-20 con 39.90  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , esto indica que en esta variable la variedad de yuca Criolla Tabasco responde mejor a la aplicación de micorriza y menor cantidad de fertilizante químico al suelo.

**Cuadro 5. Índice de clorofila en hojas de yuca en diferentes días después de la siembra.**

Variedad	Biofertilizante	N-P-K (kg/ha)	150	DDS 180	210	240
Sabanera	Sin	00-00-00	40.14 c	39.52 ab	36.86	42.30 bcd
Sabanera	Sin	80-23-30	41.09 bc	35.76 b	35.83	40.66 d
Sabanera	Sin	160-46-60	43.53 abc	39.70 ab	39.22	42.06 cd
Sabanera	Sin	160-69-90	40.88 bc	35.57 b	36.19	40.97 d
Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20	40.04 c	36.82 b	37.34	39.90 d
Criolla Tabasco	Sin	00-00-00	50.16 a	47.19 a	42.91	49.79 abc
Criolla Tabasco	Sin	80-23-30	49.97 a	45.71 a	42.38	50.09 ab
Criolla Tabasco	Sin	160-46-60	46.21 abc	43.34 ab	41.11	46.57 abcd
Criolla Tabasco	Sin	160-69-90	49.00 ab	<b>47.34 a</b>	43.11	a
Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20	<b>50.59 a</b>	45.87 a	42.54	50.48 a
Media			45.16	41.75	39.75	45.36
C. V. (%)			7.38	8.41	11.48	7.19
ANOVA			**	**	N.S.	**

### Días a madurez fisiológica

Los tratamientos de las variedades de yuca evaluadas llegaron a su madurez fisiológica a los 252 días después de la siembra.

### Longitud de tubérculo

En el Cuadro 6, se muestra que el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados; la longitud promedio del tubérculo fue de 34.22 cm. Numéricamente el tratamiento que mostró la mayor longitud de tubérculo fue Sabanera con micorriza INIFAP +60-20-20 kg/ha de N-P-K, respectivamente, con 38.84 cm, seguido por Criolla Tabasco sin biofertilizante + 160-69-60 kg/ha de N-P-K, con 35.64 cm; el tratamiento con el tubérculo de menor longitud fue Sabanera sin biofertilizante +160-46-60, con 31.36 cm. En ambas



variedades la longitud de tubérculos promedio fue de 34.35 cm para la Criolla Tabasco y de 34.09 cm para la Sabanera.

### Diámetro de tubérculo

El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 6); el diámetro promedio del tubérculo fue de 58.79 mm. Numéricamente el tratamiento que mostró la mayor diámetro de tubérculo fue Sabanera sin biofertilizante +169.69-60 kg/ha de N-P-K, respectivamente, con 65.99 mm, seguido por Criolla Tabasco con micorriza INIFAP +60-20-20 kg/ha de N-P-K, respectivamente, con 61.11 mm; el tratamiento con el tubérculo de menor diámetro fue Sabanera sin biofertilizante y sin fertilizante químico con 54.27 mm. Numéricamente, el diámetro de los tubérculos de la variedad Criolla Tabasco midió en promedio 59.35 mm, mientras que el Sabanera midió en promedio 58.22 mm.

### Peso promedio de tubérculo

El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Longitud (LT), diámetro (DT) y peso promedio de tubérculo (PPT) de yuca a la cosecha.**

Variedad	Biofertilizante	N-P-K (kg/ha)	LT (cm)	DT (mm)	PPT (g)
Sabanera	Sin	00-00-00	31.26	54.27	516.87
Sabanera	Sin	80-23-30	33.37	55.58	595.02
Sabanera	Sin	160-46-60	31.36	56.13	540.65
Sabanera	Sin	160-69-90	35.65	<b>65.99</b>	656.75
Sabanera	Micorriza INIFAP	60-20-20	<b>38.84</b>	59.16	<b>788.00</b>
Criolla Tabasco	Sin	00-00-00	34.90	58.43	710.97
Criolla Tabasco	Sin	80-23-30	32.38	59.42	664.32
Criolla Tabasco	Sin	160-46-60	34.37	57.22	626.00
Criolla Tabasco	Sin	160-69-90	<b>35.64</b>	60.59	<b>790.65</b>
Criolla Tabasco	Micorriza INIFAP	60-20-20	34.47	<b>61.11</b>	728.87
Media			34.22	58.79	661.81
C. V. (%)			10.60	13.38	19.56
ANOVA			N.S.	N.S.	N.S.





El peso promedio del tubérculo fue de 661.81 g. Numéricamente el tratamiento que mostró el mayor peso de tubérculo fue Sabanera sin biofertilizante +160-46-60 con 790.65 g, seguido por Sabanera con micorriza INIFAP +60-20-20 kg/ha de N-P-K con 788.00 g; el tratamiento con el tubérculo de menor peso promedio fue Sabanera sin biofertilizante y sin fertilizante con 516.87 g. Se observa numéricamente que la variedad Criolla Tabasco tuvo un peso promedio por tubérculo de 704.16 g, mientras que Sabanera produjo en promedio tubérculos de 619.45 g.

### **Número de tubérculos por planta**

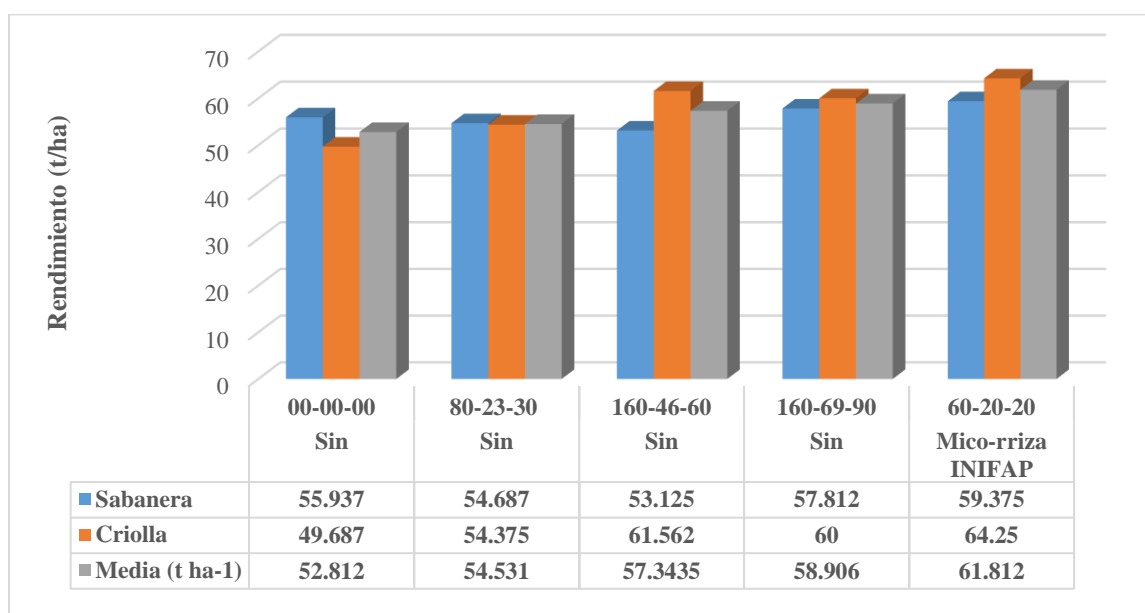
El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos; el promedio de tubérculos por planta de yuca del experimento fue de 10.56; el mejor tratamiento fue Sabanera con micorriza INIFAP +60-20-20 kg/ha de N-P-K con 11.90 tubérculos por planta; el tratamiento con menor cantidad de tubérculos por planta, fue Criolla Tabasco testigo absoluto con 8.45. Ambas variedades emitieron similar número de tubérculos, siendo para Sabanera, 11.1 y para la Criolla Tabasco, 10.

### **Rendimiento de yuca fresca**

El análisis de varianza para esta variable de rendimiento de yuca fresca, no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos; el rendimiento promedio de este experimento que fue de 57.077 t/ha, aunque no hubo diferencia estadística, numéricamente se puede observar que el tratamiento más productivo fue la variedad Criolla Tabasco con micorriza INIFAP +60-20-20, cual obtuvo el mayor rendimiento con 64.250 t/ha, seguido por Criolla Tabasco sin biofertilizante +160-46-60 kg/ha de N-P-K con 61.562 t/ha; entre estos dos tratamientos, con el primero se tuvo un ahorro de 100 kg de nitrógeno, 26 kg de fósforo y 40 kg de potasio, además de aplicar un insumo biológico que beneficia a la planta a obtener mejores rendimientos con menor uso de fertilizante químico. Por su parte, el tratamiento que menor rendimiento de yuca produjo fue Sabanera sin biofertilizante +160-46-60 t/ha de N-P-K con 53.125 t/ha; en términos generales, la mejor respuesta varietal a los tratamientos se tuvo con la variedad Criolla Tabasco. A su vez, con la variedad Sabanera, su mejor respuesta fue con micorriza INIFAP +60-20-20, con un



rendimiento de 59.375 t/ha, seguido por el tratamiento sin biofertilizante +160-69-90 con 57.819 t/ha; dosis menores incluso disminuyeron el rendimiento de esta variedad. Numéricamente en promedio la variedad Criolla Tabasco obtuvo 57.967 t/ha, mientras que Sabanera produjo en promedio 56.187 t/ha; lo anterior, significa que la variedad Criolla Tabasco supera en rendimiento de yuca fresca en 3.16% a la Sabanera (Figura 1).



**Figura 1. Rendimiento (t/ha) de yuca fresca obtenido con dos variedades de yuca en respuesta a la fertilización química y biológica en Veracruz.**

Los rendimientos obtenidos de yuca son muy significativos al compararlos con el rendimiento medio mundial de 25.4 t/ha y a nivel nacional de 13.18 t/ha, significando que tanto Criolla Tabasco con 57.97 t/ha, como Sabanera con 56.19 t/ha superan en más del 118% el rendimiento mundial y en al menos 358% el rendimiento nacional, por lo que es importante continuar con estos estudios de fertilizantes químicos y biológicos en el centro de Veracruz.

Como resultados relevantes de esta evaluación de fertilizantes químicos y biológicos, se puede aseverar que ambas variedades expresaron buen potencial de rendimiento, pero la Criolla Tabasco respondió en forma positiva a los tratamientos estudiados, por su comportamiento agronómico y los rendimientos de yuca fresca,



aunque pueden existir ciertas diferencias en otras variables que no determinen o se reflejen en incrementos de rendimiento, esta evaluación permite redefinir los tratamientos en la variedad Sabanera.

## Conclusiones

1. En general durante el desarrollo del experimento, se observó buen comportamiento agronómico y adaptación de las dos variedades de yuca.
2. Se identificaron los dos mejores tratamientos en la variedad de yuca Criolla Tabasco donde se utilizó el biofertilizante micorriza INIFAP +60-20-20 kg/ha de N-P-K y el otro tratamiento en la misma variedad, sin biofertilizante +160-46-60 kg/ha de N-P-K.
3. La variedad más alta fue Criolla Tabasco con 440.48 cm y la más baja Sabanera con 386.72 cm.
4. A los 240 DDS, la variedad Criolla Tabasco mostró en promedio mayor contenido de clorofila que la variedad Sabanera.
5. Se identificó al menos un tratamiento con micorriza INIFAP + 60-20-20 de N-P-K con ahorro de 100 kg de nitrógeno, 26 kg de fósforo y 40 kg de potasio, con buen comportamiento agronómico y potencial de rendimiento en el centro de Veracruz.

## Literatura citada

- Cadavid, L. F. y M. López, L. 2015. Fertilización del cultivo de yuca. p. 53-107. *In*: Tecnologías modernas para la producción de yuca. OEI. SENA. Corporación Clayuca. Fundación Promotora del Canal del Dique. Palmira, Colombia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. Save and Grow: Cassava A guide to sustainable production intensification. Rome, Italy. 129 p.



- FAOSTAT (Departamento de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. <https://blogagricultura.com/estadisticas-yuca-produccion/> [consultado el 11 de julio de 2019].
- Gutiérrez, R. M., R. San Miguel C., T. Nava S. y A. Larqué S. 1994. Determinación de clorofila total *in situ*. p. 61-65. *In*: Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Instituto de Recursos Naturales. Programa de Botánica. Texcoco, Edo. de Méx., México.
- Howeler, R. H. 1981. Nutrición mineral y nutrición de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. 23 p.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L., México.
- Sánchez, E. D., J. Acosta E., M. Rodríguez C. y A. Olivera S. 1999. Manual para producir follaje de yuca *Manihot esculenta* Crantz, en Tabasco. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Tabasco, México. 95 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Estadísticas de yuca en México: producción, superficie y rendimiento. <https://blogagricultura.com/estadisticas-yuca-mexico/> [consultado el 17 de diciembre de 2018].
- Solórzano, N. V. 1975. Efecto del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre los nutrimentos del suelo. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 101 p.





## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUSANO CORNUDO DEL TABACO, *Manduca sexta sexta* (Linnaeus, 1763), EN MÉXICO

Eder Zaragoza Villela<sup>16\*</sup>, Martín Roberto Gámez Pastrana<sup>17</sup> y Fernando Hernández Baz<sup>17</sup>

### Resumen

Los esfíngidos son un grupo de lepidópteros importantes en la horticultura por su rol benéfico como polinizadores. Sin embargo, al menos 15 géneros incluyen especies que son plagas de los cultivos de uva, papa, tomate y tabaco. El gusano cornudo del tabaco (*Manduca sexta sexta* Linnaeus, 1763) está incluido en esta categoría. Aun cuando esta subespecie ha sido objeto de muchas investigaciones, es escasa la información que existe sobre su distribución. La identificación de las condiciones ambientales idóneas para esta subespecie ayudaría a identificar las áreas que potencialmente podrían ser ocupadas por este lepidóptero. Con el fin de generar información al respecto, se emplearon localidades de colecta, información climática de alta resolución, altitud e información biótica. A partir de ésta, se desarrollaron mapas de idoneidad a partir de Modelos de Máxima Entropía (MaxEnt). Los resultados mostraron que *M. sexta sexta* está ampliamente distribuida en el país, bajo condiciones ambientales muy diversas, pero preferentemente en bosques latifoliados tropicales y subtropicales con climas cálidos húmedos y subhúmedos. No obstante, en algunos casos es capaz de soportar condiciones de aridez. Los datos sugieren que en México existen dos grupos que se desarrollan bajo condiciones ambientales contrastantes. El grupo Neotropical, que incluye a la mayoría de las localidades se desarrolla bajo condiciones cálidas o semicálidas donde la oscilación de la temperatura no es alta. En contraste, en grupo Neártico enfrenta condiciones de temperatura más extremas. Sin importar el grupo del que se trate, los datos sugieren que la

<sup>16</sup>Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza. edzavi\_bp@hotmail.com

<sup>17</sup> Universidad Veracruzana.



distribución de la precipitación durante el año ejerce un papel regulatorio en la distribución. Los mapas generados por MaxEnt muestran que, en la región Neotropical, las áreas más adecuadas se localizan principalmente en Este de México, mientras que para el grupo Neártico está presentes en el Noroeste del país.

**Palabras clave:** esfíngidos, horticultura, lepidópteros, MaxEnt

## Introducción

Los esfíngidos o polillas halcón son un grupo de lepidópteros de hábitos nocturnos, así como algunas especies de vuelo diurno que han sido considerados como elementos importantes en la horticultura, porque numerosas especies juegan un rol benéfico en diversos cultivos hortícolas, y paralelamente actúan como polinizadores de las plantas. Sin embargo, también se ha reportado que por lo menos 15 géneros contienen especies, que en su etapa larvaria son plagas de los cultivos de uva, papa, tomate y tabaco (Hill, 1987).

Actualmente, sobre este grupo de lepidópteros existen pocos estudios relacionados con la sistemática, historia natural, comportamiento, filogenia y patrones de distribución (León-Cortés, 2000). El gusano del tabaco *M. sexta sexta* ha sido objeto de estudios muy amplios en los campos de la neurobiología y la biología del desarrollo (Swanson *et al.*, 2005); en la actualidad no hemos encontrado información detallada sobre su distribución en México, ni los factores ambientales que limitan sus poblaciones (León-Cortés, 2000). Por lo tanto, es de suma importancia conocer las áreas geográficas óptimas con condiciones climáticas y altitudinales que le permitan desarrollarse a esta subespecie. La información relativa a la distribución geográfica de *M. sexta sexta* es de especial importancia, debido a que sus estadios larvarios también son una plaga potencial de otros cultivos importantes, como el tomate y en ocasiones, la papa. Por ello la disponibilidad de esta información puede servir como base para la identificación de sitios muestreo que den más detalle de su presencia en el país.



Los estudios completos sobre la distribución de las especies resulta ser una labor sumamente complicada en algunos países megadiversos como México. En las últimas décadas se han desarrollado diversos métodos que permiten estimar la distribución potencial con base en datos de presencia e información ambiental (Hernández *et al.*, 2012). Aun cuando no existe un consenso general sobre la valoración de los diversos métodos de modelización, el procedimiento de modelado de máxima entropía (Maxent) ha demostrado ser una de las herramientas más útiles, hasta ahora disponibles, para realizar estudios de distribución de un amplio rango de grupos biológicos (Philips *et al.*, 2006). Maxent se ha utilizado en algunos trabajos sobre polillas (Lepidoptera) en China (Lv *et al.*, 2012) y en Australia (Lozier y Mills, 2011), y en México, con polillas avispa Erebidae (Hernández *et al.*, 2012). Los estudios sobre distribución potencial en esfíngidos son nulos. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo estudiar los patrones de distribución y potencial del gusano cornudo del tabaco (*M. sexta sexta*) una subespecie de amplia distribución en México.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de la información**

Los registros de presencia de *M. sexta sexta* fueron obtenidos revisando los ejemplares de Sphingidae depositados en la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Colección de Lepidoptera de la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana. Para cada ejemplar, se obtuvo la siguiente información curatorial: estado, municipio, localidad, fecha de colecta, latitud y longitud. Para el caso de estas dos últimas variables, se emplearon las coordenadas geográficas expresadas en grados decimales, negativos para el caso de la longitud y positivos para el caso de la latitud.



### **Análisis de la base de datos**

Con la finalidad de analizar la distribución de los registros por entidad federativa, así como la abundancia relativa de los mismos por mes y año de colecta, los datos de estos campos fueron procesados empleando el programa STATISTICA Ver 7.0.

### **Creación del mapa de presencia**

La base de datos original fue transformada a un archivo de texto separado por tabulaciones (TXT). Dicho archivo fue importado posteriormente en el programa DIVA-GIS Ver. 7.5 para crear un mapa vectorial de formato SHAPE (SHP) susceptible de ser empleado en análisis posteriores.

### **Fuentes de información ambiental**

Para cada sitio de colecta se extrajeron los datos de tipo climático, de acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1973), altitud, en metros sobre el nivel del mar, tipo de hábitat, eco-región, así como 19 variables bioclimáticas. Para los tipos climáticos se empleó como base el mapa de climas, en una proyección Robinson a una escala 1:10 000 000 (García, 1998) obtenido a través del portal de geo-información del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Para la altitud, se empleó un modelo digital de elevación de cobertura nacional con una resolución de 15 m, obtenido mediante el Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Los datos sobre tipo de hábitat y eco-regiones se obtuvieron a partir del mapa de eco-regiones terrestres del mundo (Terrestrial Ecoregions of the World) proporcionado por la World Wildlife Foundation. Por su parte, los datos para 19 variables climáticas (Cuadro 1), se obtuvieron a partir del conjunto de capas climáticas WORLDCLIM con una resolución de 30 segundos de arco. La información corresponde a datos interpolados a partir de datos observados representativos para el periodo 1950-2000 (Hijmans *et al.*, 2005).





**Cuadro 1. Variables bioclimáticas de WORLDCLIM analizadas.**

Clave	Variable	Clave	Variable
B01	Temperatura media anual	B11	Temperatura media del trimestre más frío
B02	Rango medio mensual de temperatura	B12	Precipitación anual
B03	Isotermalidad	B13	Precipitación del mes más lluvioso
B04	Estacionalidad de la temperatura	B14	Precipitación del mes más seco
B05	Temperatura máxima del mes más cálido	B15	Estacionalidad de la precipitación
B06	Temperatura mínima del mes más frío	B16	Precipitación del trimestre más lluvioso
B07	Rango anual de temperatura	B17	Precipitación del trimestre más seco
B08	Temperatura media del trimestre más lluvioso	B18	Precipitación del trimestre más cálido
B09	Temperatura media del trimestre más seco	B19	Precipitación del trimestre más frío
B10	Temperatura media del trimestre más cálido		

### Procedimiento de extracción de la información ambiental

La información de las variables bioclimáticas y de altitud, representadas originalmente en formato RASTER, fue obtenida para cada punto empleando el algoritmo de extracción de valores hacia puntos (Extract values to points) del paquete de herramientas de análisis espacial de ArcMap Ver 10.2. Para ello se emplearon los puntos del archivo SHAPE creado a partir de DIVA-GIS, y como fuente, cada una de las capas de información de WORLDCLIM. A partir de los archivos así creados se procedió a exportar la información como archivos de formato DBF para su posterior procesamiento en STATISTICA 7.0. En el caso de la información de tipos climáticos, hábitats y eco-regiones, dado que esta información se encuentra originalmente como polígonos, se empleó la herramienta de extracción de valores a partir de polígonos (Extract values by points from polygons) del programa DIVA-GIS Ver. 7.5. Los datos fueron exportados como archivos de texto separados por tabulaciones (TXT) para su posterior procesamiento.



### **Procesamiento estadístico de variables no categóricas**

Para el caso del resto de las variables ambientales, se procedió a realizar análisis gráficos exploratorios mono y bidimensionales con la finalidad de analizar la dispersión de las mismas. De manera colateral se determinaron, para cada variable, los siguientes estadísticos básicos: media, mediana, moda, percentiles 10 y 90, desviación estándar y prueba de normalidad en la distribución de Shapiro-Wilk. Lo antes descrito fue realizado con STATISTICA 7.0. Dado que, en siete de las 19 variables procesadas, los resultados mostraron un comportamiento multimodal, se procedió a efectuar análisis multivariados, con el propósito de detectar agrupamientos entre las observaciones. Para ello se efectuó primero un análisis de conglomerados de observaciones, mediante un método de vinculación completo para estimar distancias euclidianas que permitieran valorar la similitud de las agrupaciones, con base en las 19 variables bioclimáticas.

A partir de estos datos, se generó una matriz de similitud empleando como criterio de semejanza la distancia euclidiana. A partir de estos datos se efectuó un análisis jerárquico de agrupamiento (Hierarchical Cluster Analysis) usando ligamiento completo. Éste fue acompañado por una prueba de perfil de similitud (SIMPROF) utilizando como parámetros: 1,000 permutaciones para el perfil medio, 999 permutaciones para la simulación y un nivel de significancia de 5%. Las pruebas anteriores fueron realizadas con el programa PRIMER 6 Ver 6.1.16. Para reducir el número de variables ambientales (multidimensionalidad del espacio ambiental) y observar visualmente la ordenación de las localidades de colecta en función de las mismas, se efectuó un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de coordenadas principales (ACoP). En ambos casos, las estimaciones se realizaron a partir de una matriz de semejanza basada en la distancia euclidiana de datos previamente normalizados.

Para el caso del ACP se determinaron los valores propios (Eigenvalues) y el porcentaje de variación explicada para los primeros cuatro componentes principales (CP), los coeficientes de combinación lineal de cada variable ambiental y los puntajes (scores) de cada localidad en los CP.



## Estimación del área de distribución potencial

Para identificar las áreas cuyas características ambientales favorecen la presencia de *M. sexta sexta* en México, se empleó el programa MAXENT Ver. 3.3.3k. Dicho algoritmo se basa en el enfoque de máxima entropía para la modelación del nicho de una especie. Para ello se modificó la base de datos original conservando solamente tres campos de información: taxón, longitud y latitud. El archivo fue exportado como un archivo de texto separado por comas (comma-separated value: CSV).

Colateralmente, con el objeto de reducir sustancialmente el tiempo consumido durante el cálculo del algoritmo, las capas de información bioclimática de WORLDCLIM (<http://www.worldclim.org>) y de altimetría fueron recortadas usando las siguientes coordenadas extremas: para la longitud 35°W a 130°W (-35 a -130) y para la latitud de 50°N a 50°S (+50 a -50). Los archivos así procesados fueron exportados en formato ARC/INFO ASCII (ASC). Para todas las variables se empleó información con una resolución de 30 segundos de arco. Las estimaciones de distribución potencial se efectuaron considerando las condiciones bioclimáticas promedio para el periodo 1950-2000. A partir de los archivos con las localidades y las 20 capas de información ambiental se crearon curvas de respuesta, pruebas de Jackknife para medir la importancia de cada variable ambiental y mapas de idoneidad (suitability) en formato ASC. La valoración de los modelos se realizó a partir de los valores de AUC (Area Under a receiver Operating Characteristic [ROC] Curve) de los datos empleados para el modelado (training data) y los empleados para la valoración (test data). Paralelamente se calculó la significancia estadística de los modelos usando las pruebas binomiales generadas por defecto por Maxent. El modelo nulo utilizado supone que para que el modelo sea considerado como adecuado, la probabilidad en todas las pruebas debe ser inferior a 0.05 ( $P < 0.05$ ). Considerando la existencia de posibles subconjuntos de localidades basado en las variables bioclimáticas, se generaron tres conjuntos de modelos: el primer conjunto consideró la totalidad de las localidades, por lo que en lo consecutivo se les denomina modelos globales. El segundo conjunto de modelos se generó a partir de la inclusión de las localidades ubicadas en la región Neotropical, a los cuales se le



denomina modelos neotropicales. Finalmente, los modelos neárticos corresponden a aquellos donde sólo se incluyeron las localidades presentes en esta región biogeográfica. Para los modelos neárticos, dada la escasez de localidades (11) se empleó una partición de sólo el 10% como muestra para validación y se realizaron 10 réplicas de corrimiento. De estas réplicas se seleccionó el modelo con los mayores valores de AUC, tanto para los datos de entrenamiento, como para el dato de valoración, siempre y cuando este último estuviera incluido en el modelo. En todos los casos, las corridas fueron efectuadas con un formato de salida logístico. Los modelados fueron efectuados a partir de un conjunto inferior de variables ambientales. Se eliminaron del modelo aquellas correlaciones mayores a 0.75 o menores a -0.75 y se mantuvieron las que tuvieran un mayor significado biológico sobre la distribución del taxón estudiado.

### **Determinación del tamaño de las áreas de distribución potencial**

La determinación del tamaño de las áreas se realizó mediante el programa IDRISI SELVA. Para ello, los mapas de distribución potencial, generados por MAXENT en formato ASC, fueron primeramente procesados en el programa ARCMAP Ver. 10.2 con el objeto de generar mapas restringidos a México. Para ello se empleó la herramienta de análisis espacial EXTRACTION utilizando la opción de Extracción por medio de una máscara (Extraction by mask). En este caso, la máscara empleada corresponde a un archivo vectorial del país. Los archivos generados fueron posteriormente transformados a formato IDRISI de 32 bits (RST) usando el programa GLOBAL MAPPER Ver 14.00. Finalmente, los archivos ya transformados fueron importados al programa IDRISI Ver 17.0 (SELVA Edition). La determinación de la superficie nacional con condiciones idóneas para *M. sexta sexta* fue estimada empleando la herramienta de análisis HISTO con un formato de salida numérico. En todos los casos se emplearon como valores de idoneidad mínimo y máximo 0 y 1, respectivamente, y anchos de clase de 0.25.

Dado que los datos de presencia en lo general se encuentran en sitios donde la idoneidad es igual o mayor a 0.5, se asumieron tres clases de idoneidad:

1. Sitios no idóneos: de 0.0 a 0.4999





2. Sitios de idoneidad moderada: de 0.5 a 0.7499

3. Sitios de idoneidad alta: de 0.75 a 1.00

Para cada clase se determinó la superficie relativa empleando la siguiente fórmula:

$$SRC = \frac{\text{celdasClase}}{\text{TotalCeldas}} \times 100$$

Donde:  $SRC$  = superficie relativa de la clase, expresada en porcentaje

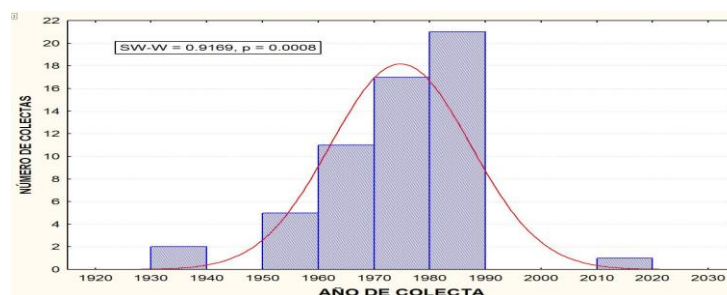
celdasClase = número de celdas de la clase

TotalCeldas = total de celdas para el territorio nacional

## Resultados y discusión

### Información de la base de datos

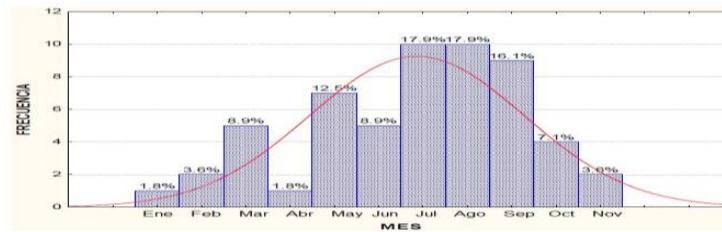
En total se registraron 56 colectas que corresponden a 35 localidades de 17 estados en México. El 66% del total de colectas registradas fueron realizadas en el periodo de 1970 a 1990 (Figura 1). Posterior a tal periodo, sólo se encontró un registro para el estado de Veracruz en el año 2013. Estos resultados son similares a los reportados por la megabase MARIPOSA para otros Rophalocera mexicanos, que presentan una desaceleración en el número de registros y ejemplares en los últimos 20 años (Luis *et al.*, 2005).



**Figura 1. Distribución temporal de las colectas por décadas.**

Dado que gran parte de los resultados en el presente trabajo se basan en información climática promedio para el periodo de 1950 a 2000, se consideró

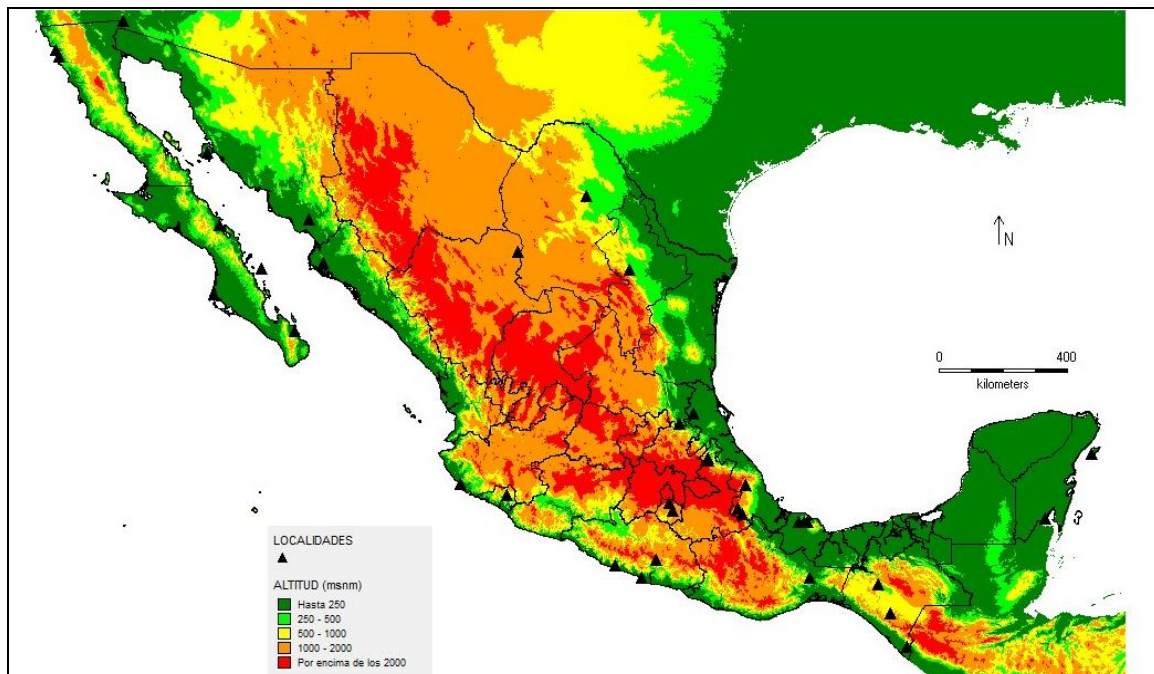
adecuada la base de datos, toda vez que sólo el 6% de los registros contenidos en la misma se encuentran fuera de este periodo. Considerando el mes en el que se efectuaron las colectas, se puede observar que se realizaron mayoritariamente entre los meses de mayo a septiembre (Figura 2). En dicho periodo en gran parte del país se presentan las temperaturas y precipitaciones más altas.



**Figura 2. Distribución temporal de las colectas por meses en el ciclo anual (1920-2013). La línea roja corresponde a una distribución normal y los datos del recuadro a los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk.**

### Distribución de *M. sexta sexta* en México

Con base en las colectas registradas, *M. sexta sexta* está presente, tanto en territorios continentales como insulares, en un rango latitudinal de los 32.7° a los 14.91° Norte y un rango longitudinal entre 116.68° y 86.94° Oeste (Figura 3).



**Figura 3. Distribución de *M. sexta sexta* en la República Mexicana.**



A pesar de esta amplia distribución, existen discontinuidades evidentes en la misma, ya que el 61% de las localidades en las que se ha reportado la presencia de esta subespecie, se encuentran entre los 16° y 22° de latitud Norte. Una situación similar se observa con relación a la longitud, ya que el 44% del total de sitios se concentra entre los 95° y 100° de longitud Oeste. Dicha situación puede estar asociada a su origen ancestral Caribeño/Centroamericano propuesto por Kawahara *et al.* (2013). Los amplios rangos de distribución observados pueden, de alguna manera, en el género *Manduca* haber sido facilitados por una musculatura para el vuelo bien desarrollada (Eaton, 1971), lo que facilita su dispersión a grandes distancias (Janzen, 1986). La subespecie *M. sexta sexta* se encuentra en 17 de las 32 entidades federativas del país. Veracruz es el estado donde se ha efectuado el mayor número de colectas y donde se ubica más de la quinta parte de las localidades con colectas de *M. sexta sexta* del país (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Distribución de colectas y localidades para *M. sexta sexta* por entidad federativa.**

Estado	Colectas	Localidades
Baja California	3	3
Baja California Sur	3	3
Chiapas	4	3
Coahuila	1	1
Colima	1	1
Durango	1	1
Guerrero	3	3
Jalisco	5	1
Morelos	5	2
Nuevo León	1	1
Oaxaca	2	1
Puebla	3	2
Quintana Roo	5	2
San Luis Potosí	1	1
Sinaloa	1	1
Sonora	2	1
Veracruz	15	8
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>35</b>



### Distribución biótica

Según la regionalización biogeográfica de las eco-regiones terrestres propuesta por Olson *et al.* (2001), en México, *M. sexta sexta* se distribuye principalmente en la región Neotropical y en menor proporción en la región Neártica (Cuadro 3). La prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrada mostró que esta diferencia es significativa ( $P = 0.018$ ; g.l. = 1). Dichos resultados concuerdan con lo reportado por Kawahara *et al.* (2009; 2013) y Rubinoff *et al.* (2012).

**Cuadro 3. Distribución de *M. sexta sexta* en México por reino biogeográfico.**

Reino biogeográfico	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Neotropical	25	71.4
Neártico	10	28.6

De acuerdo con los resultados generados por el presente trabajo, este lepidóptero se encuentra en bosques latifoliados húmedos y secos tropicales y subtropicales. También, ocasionalmente puede encontrarse en bosques de coníferas y matorrales xéricos. Dicha situación indica una amplia plasticidad ecológica para soportar condiciones ambientales altamente contrastantes (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Distribución de *M. sexta sexta* en México por tipo de hábitat dominante.**

Tipo de hábitat dominante (según Olson <i>et al.</i> , 2001)	Número de colectas
Bosques latifoliados húmedos tropicales y subtropicales	27
Bosques latifoliados secos tropicales y subtropicales	16
Bosques de coníferas tropicales y subtropicales	5
Matorrales desérticos y xéricos	5
Manglares	1
Bosques y matorrales mediterráneos	2
<b>Total</b>	<b>56</b>

Dicha plasticidad, así como su amplia distribución geográfica y la gran heterogeneidad ambiental del país explican la gran cantidad de eco-regiones en las que puede estar presente (Cuadro 5). De ellas, destacan por el número de localidades, los bosques húmedos de la región Petén-Veracruz, los bosques secos de Jalisco y los bosques húmedos de Yucatán.





**Cuadro 5. Distribución de *M. sexta sexta* en México respecto a las eco-regiones.**

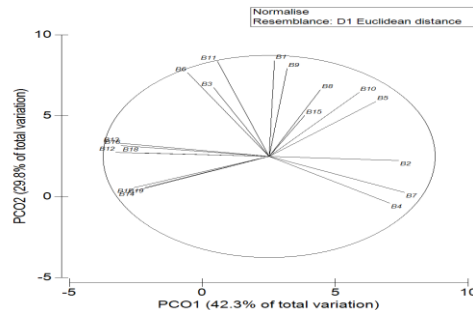
Eco-Región	Número de colectas
NA0201. Bosques secos subtropicales de transición de Sonora-Sinaloa	2
NA0303. Bosques de pino-encino de la Sierra Madre Oriental	1
NA1202. Costa Sur de California	2
NA1304. Desierto Chihuahuense	1
NA1309. Matorral xérico del Golfo de California	1
NA1311. Desierto Sonorense	2
NA1312. Matorral espinoso Tamaulipeco	1
NT0154. Bosques húmedos Petén-Veracruz	12
NT0161. Sierra de los Tuxtlas	2
NT0162. Bosques húmedos de la Sierra Madre de Chiapas	1
NT0176. Bosques húmedos de Veracruz	3
NT0177. Bosques montanos de Veracruz	3
NT0181. Bosques húmedos de Yucatán	5
NT0205. Bosques secos del Balsas	3
NT0211. Bosques secos de la depresión de Chiapas	2
NT0217. Bosques secos de Jalisco	6
NT0227. Bosques secos de la Sierra de La Laguna	1
NT0230. Bosques secos del Pacífico Sur	2
NT0303. Bosques de pino-encino de Centroamérica	1
NT0309. Bosques de pino-encino de la Sierra Madre del Sur	1
NT0310. Bosques de pino-encino del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano	2
NT1404. Manglares mesoamericanos del norte del Pacífico	1

Estos resultados indican que los Sphingidae son capaces de ocupar una amplia gama de biomas y concuerdan con lo expuesto por León-Cortés *et al.* (2006). Debe considerarse que, en el caso de *M. sexta sexta*, su amplia distribución geográfica está relacionada con la presencia de especies de plantas de la familia Solanaceae. Esto se debe a la especificidad que tiene este lepidóptero en su fase larvaria sobre este tipo de hospederos (Powell y Opler, 2009). Los dos primeros CP explican el 72% de la variación observada (Figura 4). En la ordenación es posible observar que los sitios con mayor precipitación se ubican en el extremo izquierdo del CP1, mientras que en el derecho se ubican los que presentaron temperaturas más altas.

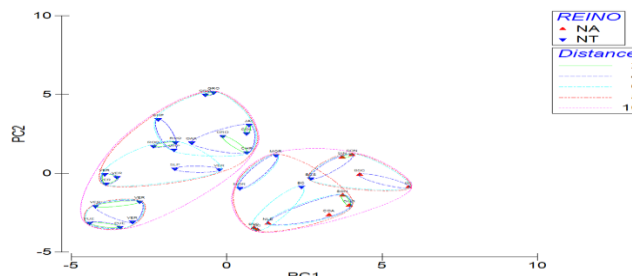
En el caso del CP2 las localidades con los valores más altos de temperatura (sean éstos anuales, mensuales o estacionales) se encontraron en la parte superior del



gráfico. A partir de este marco de interpretación, resulta mucho más sencillo diferenciar los agrupamientos y localidades (Figura 5).

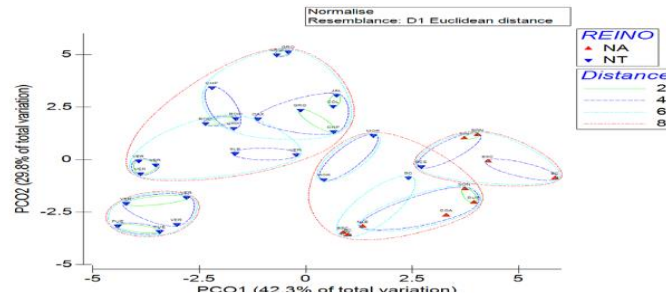


**Figura 4. Contribución de las variables bioclimáticas en los primeros dos componentes principales (CP).**



**Figura 5. Proyección de las localidades en los primeros dos componentes principales (CP).**

La notación NT corresponde a sitios ubicados en la región Neotropical y NA a los sitios en la región Neártica. Las líneas corresponden a distancias euclidianas obtenidas por un análisis de conglomerados. Existe un conjunto de localidades caracterizadas por sus altas precipitaciones (anuales, mensuales y estacionales) bajas oscilaciones térmicas y temperaturas moderadas. En el extremo opuesto se encuentran sitios con precipitaciones escasas, altas oscilaciones térmicas, pero igualmente temperaturas moderadas; finalmente en la parte media superior encontramos localidades donde tanto la precipitación como la oscilación térmica muestran valores intermedios, pero que se caracterizan por sus altas temperaturas (Figura 6). Estas observaciones, junto con las planteadas en apartados anteriores indican la probable existencia de ecotipos entre los cuales no existen poblaciones intermedias.

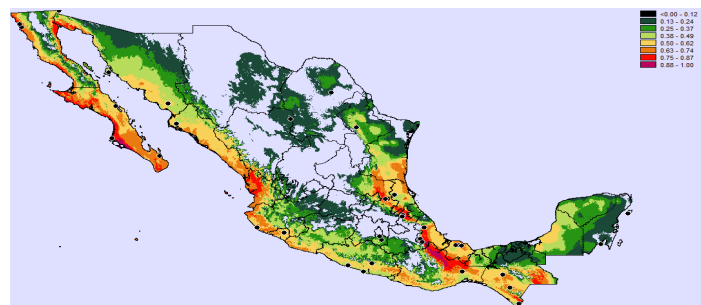


**Figura 6. Proyección de las localidades en los primeros dos ejes de coordenadas principales (CoP).**

La notación NT corresponde a sitios ubicados en la región Neotropical y NA a los sitios en la región Neártica. Las líneas corresponden a distancias euclidianas obtenidas por un análisis de conglomerados.

### Distribución y tamaño de las áreas

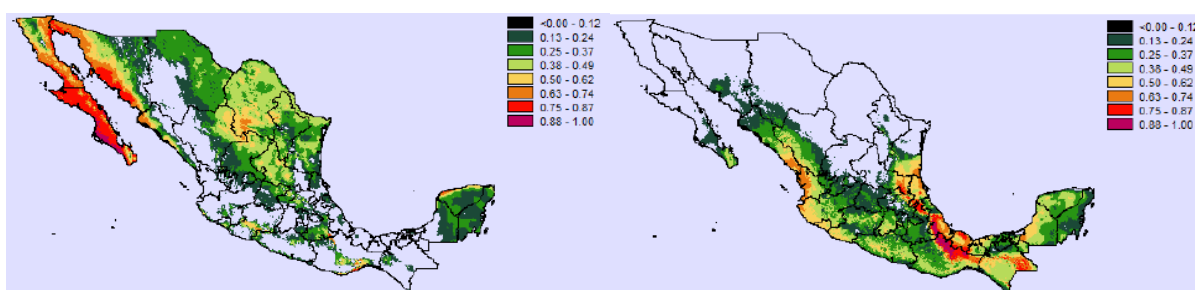
Cuando se consideró el total de localidades (modelo global) en México (Figura 7) los valores más altos de idoneidad (mayores a 0.75) tienden a concentrarse primordialmente, en regiones costeras del noroeste de Sonora, costa de Baja California y una gran parte de Baja California Sur, así como en regiones occidentales del estado de Nayarit. En la porción oriental de país los valores más altos se ubican en el sureste de San Luis Potosí, centro y sureste del Veracruz, especialmente en la zona limítrofe con el norte de Oaxaca, al igual que en la región montañosa del estado de Chiapas.



**Figura 7. Distribución potencial global de *M. sexta sexta* estimada a partir de las variables bioclimáticas B5, B6, B7, B9, B13, B14 y B15 (WORLDCLIM), considerando todas las localidades. La escala de color indica la idoneidad de las áreas para el taxón.**



A pesar de que una gran proporción de las localidades del país se encuentran ubicadas en áreas categorizadas como idóneas por este modelo global, la capacidad predictiva del mismo no responde adecuadamente para los sitios ubicados en los estados de Durango, Coahuila y Nuevo León. Esta situación puede ser consecuencia de que una gran proporción de las localidades del país donde ha sido confirmada la presencia de *M. sexta sexta* se encuentra dentro de la zona intertropical, por lo que la predicción resulta ser mucho más robusta para esta región. Por esta razón, la distribución potencial fue igualmente calculada para las regiones Neotropical y Neártica por separado. Esta clasificación por regiones generó mapas de distribución potencial mucho más consistentes con las localidades y con las características climáticas para las zonas Neotropical y Neártica (Figura 8).



**Figura 8. Distribución potencial de *M. sexta sexta* estimada a partir de las variables bioclimáticas con menor correlación (WORLDCLIM) para las regiones Neotropical (superior) y Neártica (inferior). La escala de color indica la idoneidad de las áreas para el taxón.**

## Conclusiones

1. *M. sexta sexta* es una subespecie ampliamente distribuida en México, que se desarrolla bajo condiciones ambientales muy diversas. Generalmente se concentra en la región neotropical del país donde existen bosques latifoliados tropicales y subtropicales donde predominan climas cálidos húmedos y subhúmedos o semicálidos húmedos. En menor grado en climas con diversos grados de aridez.





2. Sin importar la región del país, la distribución de la lluvia a lo largo del año ejerce un efecto regulatorio sobre la distribución de *M. sexta sexta*.
3. La subespecie tolera un amplio rango de condiciones tanto para la temperatura como para la precipitación. Sin embargo, la distribución dentro de estos rangos resulta ser discontinua, lo que sugiere la existencia de subgrupos.
4. Los análisis de conglomerados, así como el análisis de componentes principales permitieron diferenciar con claridad que cada subgrupo se desarrolla bajo condiciones climáticas distinguibles. De alguna manera cada grupo está asociado a las dos regiones biogeográficas en que se presentan en el país.
5. Los modelos de distribución potencial para el taxón mostraron un mayor ajuste cuando los datos de presencia se abordan de manera regionalizada (neártica y neotropical) y una idoneidad entre 12 y 15% del total del territorio nacional.
6. Para el modelo de la región neotropical, tanto la estacionalidad de la temperatura, como de la precipitación resultaron ser las variables ambientales con mayor peso.
7. Para la zona neártica, el modelo regional sugiere que la cantidad de precipitación en el año y en las estaciones lluviosa y seca, ejercen una mayor influencia en la idoneidad de las áreas de distribución de *M. sexta sexta*.

### Literatura citada

- Eaton, J. L. 1971. Morphology of the head and thorax of the adult tobacco hornworm, *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae). 1. Skeleton and muscles. Ann. Entomol. Soc. Am. 64(2):437-445.
- García, E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- García, E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Serie Libros. Núm. 6. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 90 p.



- Hernández, B. F., J. M. González and S. B. Vinson. 2012. Ecology and conservation of *Coreura albicosta* Draudt, 1916 (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae: Ctenuchina), an endemic species of Mexico. *Southwest. Entomol.* 37(3):369-378.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25(15):1965-1978.
- Hill, D. S. 1987. *Agricultural insect pests of temperate regions and their control.* Cambridge University Press. Cambridge, UK. 659 p.
- Janzen, D. H. 1986. Biogeography of an unexceptional place: what determines the saturniid and sphingid moth fauna of Santa Rosa National Park, Costa Rica, and what does it mean to conservation biology? *Brenesia* 25/26:51-87.
- Kawahara, A. Y., A. A. Mignault, J. C. Regier, I. J. Kitching and C. Mitter. 2009. Phylogeny and biogeography of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae): Evidence from five nuclear genes. *PLoS ONE* 4(5):e5719.
- Kawahara, A. Y., J. W. Breinholt, F. V. Ponce, J. Haxaire, L. Xiao, G. P. A Lamarre *et al.* 2013. Evolution of *Manduca sexta* hornworms and relatives: Biogeographical analysis reveals an ancestral diversification in Central America. *Mol. Phylogenet. Evol.* 68:381-386.
- León-Cortés, J. L. 2000. Sphingoidea (Lepidoptera). p. 483-500. *In:* Llorente-Bousquets, J., E. González S. y N. Papavero (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Volumen II. CONABIO. UNAM. México, D. F.
- León-Cortés, J. L., I. J. Kitching and A. Molina-Martínez. 2006. Distributional patterns of the family Sphingidae (Lepidoptera). p. 629-647. *In:* Morrone, J. J. and J. E. Llorente-Bousquets (eds.). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana.* Las Prensas de Ciencias. UNAM. México, D. F.
- Lozier, J. D. and N. J. Mills. 2011. Predicting the potential invasive range of light brown apple moth (*Epiphyas postvittana*) using biologically informed and correlative species distribution models. *Biol. Inv.* 13(10):2409-2421.



- Luis, M. A., J. Llorente e I. Vargas. 2005, Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. p. 226-294. *In*: Llorente, J. y J. J. Morrone (eds.). Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas RIBES. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Lv, W., Z. Li, X. Wu, W. Ni and W. Qv. 2012. Maximum entropy niche-based modeling (Maxent) of potential geographical distributions of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in China. p. 239-246. *In*: Li, D. and Y. Chen (eds.). International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture. Zhangjiajie, China.
- Olson, D., E. Dinerstein, E. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood *et al.* 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience* 51(11):933-938.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190:231-259.
- Powell, J. A. and P. A. Opler. 2009. Moths of western North America. University of California Press. Berkeley, CA, USA. 383 p.
- Rubinoff, D., M. San Jose and A.Y. Kawahara. 2012. Phylogenetics and species status of Hawaii's endangered blackburn's sphinx moth, *Manduca blackburni* (Lepidoptera: Sphingidae). *Pac. Sci.* 66(1):31-41.
- Swanson, T. L., L. M. Knittel, T. M. Coate, S. M. Farley, M. A. Snyder and P. F. Copenhagen. 2005. The insect homologue of the amyloid precursor protein interacts with the heterotrimeric G protein Go alpha in an identified population of migratory neurons. *Dev. Biol.* 288:160-178.



## **EFFECTO DE LA ROTACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE CULTIVOS (maíz, frijol, haba, avena, chícharo) Y LOS NIVELES DE LA FERTILIDAD DEL SUELO**

Alejandro Otlica Rosario<sup>18\*</sup>, Rodolfo Francisco Sánchez Román<sup>18</sup> y Juan Contreras Ramos<sup>19</sup>

### **Resumen**

El predominio del cultivo del maíz en la región de Serdán, Puebla, está considerado por estudios previos como poco o nada sostenible, a causa de que han desaparecido gradualmente las asociaciones de leguminosas, y en las localidades donde aún se practican las rotaciones entre gramíneas y leguminosas, éstas se han espaciado de tal manera que en un periodo de cinco años, el cultivo de maíz predomina en el 60 a 80% de dicho ciclo, por lo que el actual predominio de maíz no cumple con los criterios de manejo sustentable de los terrenos agrícolas. Si bien la tecnología local de producción aún es practicada por los productores, los altos costos de producción y la escasa rentabilidad de los cultivos ha obligado a los agricultores a reducir los costos, vía un mayor uso de maquinaria y reducción o exclusión de cultivos no rentables social y económicamente, reduciendo la aplicación de insumos agrícolas, entre ellos el fertilizante, por sus altos costos tendencia que resulta más clara cuando se trata de cultivos de leguminosas. Con respecto al maíz (se observa con frecuencia que las aplicaciones de fertilizante cubren sólo el 70% de la dosis de nitrógeno y el 50% del fósforo recomendados por la investigación (110N-50P2O5), lo que se refleja en rendimientos notablemente inferiores al potencial del cultivo. Dada la merma en la rentabilidad socioeconómica de la actividad agrícola local y de sus efectos negativos en los aspectos tecnológicos y de la fertilidad de suelo por las actuales prácticas agrícolas de la zona, el objetivo general del presente proyecto es

---

<sup>18</sup> Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán. aotlica@tecserdan.edu.mx

<sup>19</sup> Colegio de Posgraduados.





desarrollar prácticas de manejo sustentable que mejoren los rendimientos de los cultivos y los niveles de fertilidad del suelo.

**Palabras clave:** gramíneas, leguminosas, fertilización, rentabilidad

## Introducción

El desarrollo de la tecnología agrícola dentro de la región de Serdán, Puebla, por parte del Colegio de Postgraduados de 1975 a 2003, se realizó en los terrenos de los productores. En un principio, existían más de 12 sistemas agrícolas con sus respectivas variedades locales, razón por la cual en cada ciclo anual se trabajó en desarrollar para los cultivos de maíz, haba, frijol, trigo y avena, que comprendían el 90% de la superficie agrícola. Con lo anterior se lograba el interés y participación de los productores, y se evitaba el efecto llamado “parcela experimental”, donde la continua mejora de la fertilidad del suelo y el control radical de plagas y enfermedades dentro de una misma parcela y sitio derivaba en resultados fuera de la realidad de los resultados en las investigaciones sobre la respuesta a los insumos químicos en las parcelas de los productores. Sin embargo, en un periodo de 30 años, la región ha perdido la mayor parte de su diversidad de cultivos y variedades locales y los rendimientos permanecen estables, pero no así la rentabilidad de los cultivos (Avelino, 1985; Juárez y Ramírez, 2001; Contreras, 2014).

La actual tecnología local de producción practicada por los productores tiene su herencia de la investigación experimental en los terrenos locales y la difusión de los resultados de la misma, a través de las instituciones vinculadas al sector rural. Sin embargo, la misma presenta actualmente altos costos de producción y una escasa rentabilidad de los cultivos, lo que ha obligado a los agricultores a reducir los costos vía un mayor uso de maquinaria y reducción o exclusión de cultivos no rentables social y económicamente, disminuyendo la aplicación de insumos agrícolas, entre



ellos el fertilizante por sus altos costos, tendencia que resulta más clara cuando se trata de cultivos de leguminosas donde la aplicación de fertilizantes con sus excepciones es prácticamente nula. Con respecto al maíz (su recomendación 110N-50P2O5), se observa con frecuencia que las aplicaciones de fertilizante cubren sólo el 70% de la dosis de nitrógeno y el 50% del fósforo, lo que se refleja en rendimientos 20 a 30% inferiores al potencial del cultivo de 4.5 t/ha.

El predominio del cultivo de maíz en la región agrícola de Serdán, está considerado por estudios previos como poco o nada sostenible, a causa de que han desaparecido gradualmente las asociaciones de leguminosas, y en las localidades donde aún se practican las rotaciones entre gramíneas y leguminosas, éstas se han espaciado de tal manera que en un periodo de cinco años el cultivo de maíz predomina en el 60 u 80% de dicho ciclo, por lo que el actual predominio de maíz no cumple con los criterios de manejo sustentable de los terrenos agrícolas (Masera *et al.*, 2000; Hernández, 2004; Contreras, 2005).

Por ello se requiere rescatar y desarrollar una tecnología acorde a las condiciones ambientales y sociales de la región en estudio, donde se den rotaciones y manejo de cultivos que permitan mantener niveles apropiados de rentabilidad social y económica que eviten la degradación ecológica macro y micro de los suelos. Se deben tomar como base los actuales cultivos predominantes dentro de la zona de Serdán, incorporando además aquellos sistemas agrícolas con potencial o que son actualmente marginales dentro de la región mediante prácticas sustentables de rotación de cultivos.

Estas prácticas pueden tener notables ventajas sobre el actual predominio del monocultivo de maíz en la zona, como reducir las pérdidas de los ingresos del productor, al establecer una adecuada estrategia de rotaciones con cultivos solos o asociados, que permitan incrementar los ingresos o reducir sus pérdidas ante la incertidumbre del clima (Nel y Loubser, 2004; Contreras, 2014). Además de lo anterior, la incorporación de rotaciones y alternativas de cultivos que se adapten a las necesidades de los productores y de sus sistemas locales, por lo general



proporcionan beneficios ambientales como menor uso de plaguicidas; hay además un mejor control de enfermedades, plagas y malezas, la extracción o disponibilidad de nutrientes es diferente entre los cultivos que participan en la rotación, lo que permite lograr una estabilidad en la aplicación de fertilizantes, mejora la calidad biológica, física y química del suelo, se disminuye la contaminación del agua y el riesgo en la salud del productor, y presenta por consiguiente la posibilidad de reducir costos. La incorporación de dos o más cultivos creciendo asociados en una misma superficie al mismo tiempo, mejora el aprovechamiento de la radiación solar y se tiene una mejor cobertura contra las erosiones eólicas e hídricas (Nel y Loubser 2004; Mohler y Johnson, 2009).

Existen algunas desventajas de las rotaciones respecto al monocultivo: se requiere un control de las rotaciones mediante un plan de manejo de los terrenos, el cual está sujeto a continuas modificaciones por las circunstancias económicas y del clima. Las decisiones particulares de cada productor dificultan el control de las rotaciones, sobre todo en áreas donde la superficie de tenencia es pequeña (menor a 20 ha). En el municipio de Chalchicomula de Sesma, la superficie individual de la tenencia agrícola varía de 4 a 20 ha y se encuentra fraccionada en tres o más predios, lo que dificulta la mecanización y un control adecuado de la actividad agrícola. Se debe de considerar que un nuevo sistema de producción agrícola introducido, a pesar de adaptarse y tener potencial económico, requiere de los apoyos necesarios en tiempo y forma de maquinaria, tecnología, técnicos, insumos, mercado y consumidores, lo que puede ser una gran desventaja estructural y política a corto plazo. La convivencia de dos o más cultivos en asociación o imbricación dificulta las labores mecánicas y de manejo en áreas donde la superficie que ostenta el productor no es una limitante; por el contrario, en lugares donde existen minifundios y mano de obra disponible, la asociación de dos o más especies en un mismo predio es una práctica que se debe de recomendar (Dogan *et al.*, 2008; Moncada *et al.*, 2010; Contreras, 2014).



Establecer una investigación continua en un solo sitio durante varios ciclos tiene sus ventajas, en especial cuando se trata de tener un control y seguimiento metodológico continuo en la parcela de investigación al estudiar la respuesta del cultivo a los diferentes aspectos físicos y químicos relacionados con el cuidado de los elementos claves de la sustentabilidad agrícola como es el medir la erosión o mejora de los siguientes indicadores: niveles de fertilidad del suelo, materia orgánica, permeabilidad y estructura del suelo, conservación de la humedad de los suelos entre otros. Aspectos en los cuales la rotación de cultivos y el fraccionamiento del terreno al implementarse durante el tiempo de estudio los diferentes tratamientos que resultan de la sucesión de los cultivos, pueden interferir si se llevara a efecto en parcelas comerciales con la toma de decisiones del productor, de allí la importancia de tener una parcela de control experimental bajo estricto control durante el tiempo que dure el proyecto. Dada la merma en la rentabilidad socioeconómica de la actividad agrícola local y de sus efectos negativos en los aspectos tecnológicos y de la fertilidad de suelo por las actuales prácticas agrícolas de la zona, el objetivo general del presente proyecto es desarrollar prácticas de manejo sustentable que mejoren los rendimientos de los cultivos y los niveles de fertilidad del suelo.

## **Materiales y métodos**

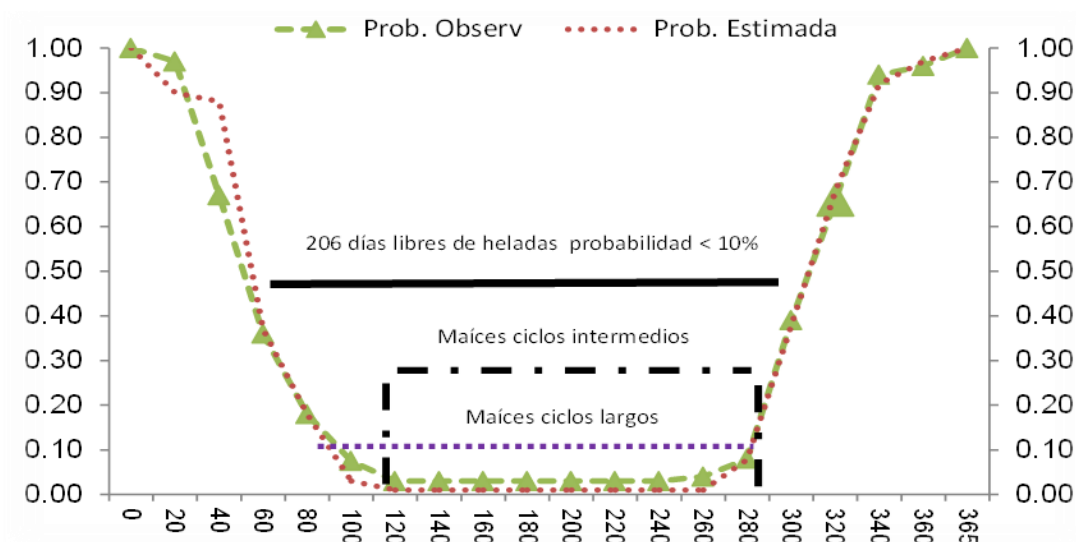
El trabajo se realiza en el valle de Serdán, en los terrenos experimentales del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, localizado en los 18.998° de latitud norte y -97.463° de longitud oeste. La región donde se desarrolla la presente investigación incluyendo los componentes de vinculación y educación, se ubica en la porción centro oriental del estado de Puebla, comprendiendo los municipios de Chalchicomula de Sesma, Tlachichuca, San Juan Atenco, Aljojuca y San Nicolás Buenos Aires, los cuales tienen una superficie física total de 78,000 ha y en los que





predomina el monocultivo del maíz ocupando del 50 al 70% de la superficie agrícola sembrada (INEGI, 2015). La principal actividad económica en el área de trabajo es la agropecuaria, donde los productores poseen en promedio 6 ha (si bien varía de 4 a 20 ha) fraccionadas en cuatro o más predios, con el propósito de reducir el riesgo por sequías y heladas, las que ocurren recurrentemente todos los años (Contreras, 2005). El tipo de suelo predominante es el Regosol eútrico, con bajo contenido de materia orgánica (0.3% en promedio), de textura arenosa (73 a 93% de arena) con siete tonos de color claro.

La región agrícola de Serdán por su altitud está expuesta a las bajas temperaturas que ocasionan daños y pérdidas en el rendimiento del maíz y frijol por las heladas tempranas que se presentan a mediados del mes de septiembre u octubre cuando aún no ha finalizado el ciclo de dichos cultivos, lo anterior limita el potencial del cultivo y repercute en los rendimientos. El entorno ecológico de la región de los Llanos de Serdán está influenciado por la Sierra Madre Oriental, donde el Citlaltépetl conocido como Pico de Orizaba y la Sierra Negra afectan la distribución de la precipitación, los vientos y las temperaturas de la zona de estudio, por lo que las heladas son recurrentes en la zona (Figura 1).

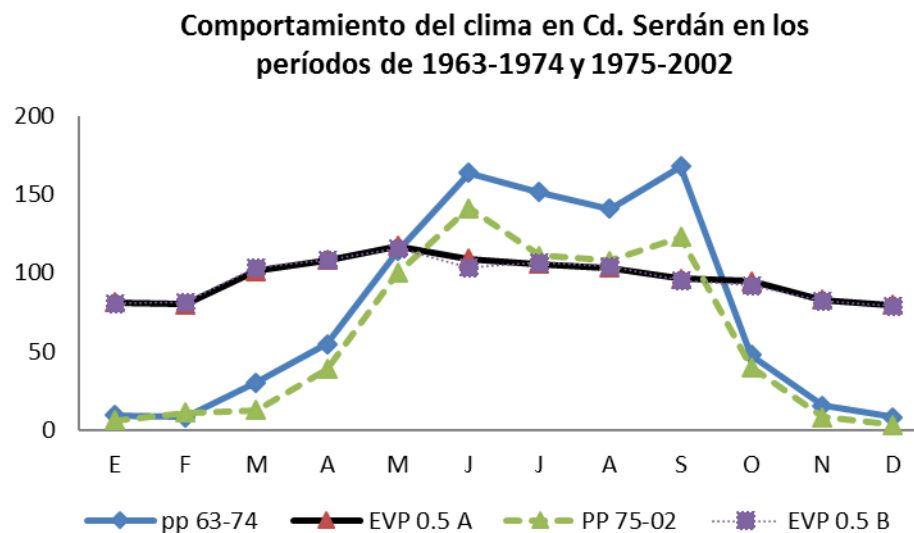


**Figura 1. Estimación de probabilidades de heladas con base a datos de temperaturas históricas dentro de la estación climatológica de Cd. Serdán 1963-1981 (Fuente: Grassi, 1983).**



La precipitación del área varía de 650 a 1,200 mm anuales, pero al ser suelos muy arenosos y bajos en materia orgánica, los periodos de sequía en los meses de agosto y septiembre que duran de 24 a 42 días continuos, y que coinciden con la floración y llenado de grano del maíz, hacen que repercutan negativamente en el rendimiento del maíz.

En la actualidad, con base en la información histórica de la localidad de Serdán que se separó en dos periodos de observación (1963-1974 y 1975-2002), se estima que de abril a septiembre hay una reducción promedio del 20% de la precipitación anual local, donde los meses de marzo y abril presentan la mayor disminución de la precipitación (>27%) (Figura 2).



**Figura 2. Reducción de la precipitación histórica dentro de la zona agrícola correspondiente a la localidad de Serdán. Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua Delegación Puebla.**

Lo anterior, en términos prácticos representa que las fechas óptimas de las siembras de humedad se recorten de tal manera que se tenga que recomendar a los productores que sus siembras sean en abril o mayo, en vez de marzo o abril, como aun suele realizar el productor. La gráfica, no obstante, disfraza los problemas de sequías que regularmente se presentan en agosto, ya que la información de la



propia estación, nos permite determinar que se tiene una posibilidad anual del 44% de que las precipitaciones sean menores en un 20% a la media que se ha obtenido para el mes referido. Si se aumenta el nivel de riesgo para estimar la posibilidad de que la precipitación de agosto para Serdán, sea igual o menor al 50% de la registrada en dicho mes, dicho riesgo se estima que es del 23%, equivalente a uno de cada cinco años agrícolas. Información propia generada a partir de las variables climáticas obtenidas de la estación meteorológica de Serdán; los datos provienen de la Comisión Nacional del Agua (CNA) Delegación Puebla).

En las últimas dos décadas, la deforestación ha dejado al descubierto extensas zonas antes boscosas convertidas en terrenos agrícolas que han ocasionado un sensible aumento en la erosión eólica e hídrica afectado sobre todo los terrenos cultivados en las partes bajas del valle, lo que está afectando la sostenibilidad ambiental de la zona. La seguridad alimentaria de la población de los municipios que comprenden los Llanos de Serdán está asegurada, pues incluso exporta sus excedentes de granos a otras regiones, pero lo anterior es con base en una continua reducción de su sostenibilidad agrícola, ya que se ha determinado que el predominio del monocultivo de maíz con escasas o pocas rotaciones con leguminosas está tiende a reducir los rendimientos y el contenido de materia orgánica del suelo, lo que implica una degradación de los suelos agrícolas y una mayor dependencia de insumos químicos para mantener los rendimientos locales de dichos terrenos (Contreras, 2005).

## Resultados y discusión

Se han escogido 10 tratamientos (maíz con fertilización química 110N-50P2O5 y 5 t de estiércol, maíz 135N-50P2O5, maíz 110N-50P2O5, maíz con fertilización química un año y cuatro sin químico, maíz asociado con haba, maíz asociado con frijol, y sin asociaciones los siguientes cultivos: frijol, haba, avena y chícharo. En la parcela del



área de monocultivos se siembran cada cinco surcos los mismos tratamientos sin modificación; las parcelas tienen cinco surcos de 40 m de largo; al final del ciclo se divide cada parcela en cuatro repeticiones con el objetivo de su análisis estadístico. En el área denominada rotaciones por el número de posibles combinaciones a partir del cuarto año se eligieron en base a los resultados preliminares las mejores combinaciones reiniciando la rotación a partir de primer y segundo del inicio del experimento. El área de rotaciones sus parcelas son cinco surcos por 15 m de largo con tres repeticiones en las que en cada ciclo se cambia el cultivo. A medida que se ha fraccionado la parcela experimental en los sucesivos tratamientos y combinaciones de rotaciones se irán ampliando la toma de muestras de suelo para estudiar la evolución de la materia orgánica uno de los principales indicadores de la erosión de la sustentabilidad de los terrenos agrícolas. Adicionalmente para este año se tomarán durante la proyección del experimento, 20 muestras de suelos de los terrenos de los productores (cuatro por agro sistema) para determinar la materia orgánica, textura, profundidad del suelo y otros datos químicos las que serán geo referenciadas por área de cultivo con propósitos de clasificación e identificación agroecológica en estudios posteriores.

Otros indicadores de sustentabilidad como son la capacidad de retención de humedad y permeabilidad del suelo, el lixiviado del nitrógeno, la absorción del nitrógeno por la planta también se ha considerado si bien por el momento se desconoce el presupuesto del equipo y el costo de los análisis respectivos.

Dentro de la parcela experimental si se consiguen estudiantes de licenciatura se tomarán variables del cultivo como son: Unidades térmicas acumuladas por cada fase de cultivo y el total de las mismas, la superficie de radiación interceptada por el método de la regla, superficie inicial de área foliar de crecimiento, índice de área foliar máxima, fracción máxima del índice de área foliar a la madurez fisiológica, profundidad máxima de la raíz.

Los análisis estadísticos de las condiciones químicas y físicas de suelo se harán mediante el análisis SAS como bloques al azar en forma individual (monocultivo y





rotaciones, y en parcelas divididas (monocultivo vs rotaciones). Los rendimientos al ser diferentes cultivos sólo pueden ser comparados los tratamientos de maíz y maíz-asociación. Por ello, también se realizará un análisis económico y energético de los tratamientos que mejores resultados obtengan en forma independiente o dentro de un plan de rotaciones.

## Conclusiones

Todas las variables del suelo básicas que comprenden la fertilidad del suelo que se estudiaron, fueron afectadas por la acción de la labranza, manejo y cultivo en monocultivo; la materia orgánica, nitrógeno total, fósforo soluble y calcio soluble tienden a aumentar con el uso agrícola con respecto al suelo en reposo. En contraste, el potasio y magnesio soluble se reducen con la actividad agrícola del suelo.

El haba en monocultivo o en asociación con el maíz tendió a mejorar la mayoría de las variables del suelo estudiadas en las dos capas de suelo (20 y 40 cm).

Existen contrastes para el fósforo para dos tratamientos o cultivos, donde la avena obtuvo el mayor aumento de este nutriente en el suelo, lo que indica enriquecimiento de dicho nutriente en el suelo. El exceso de nitrógeno en maíz (M135) para aumentar el rendimiento y volumen de pastura ocasiona el deterioro del fósforo en el suelo, por lo que este tratamiento de maíz de alto rendimiento, no debe ser recomendado para la producción en monocultivo sin rotaciones de otras especies agrícolas, o en su caso incrementar la dosis de fósforo en las parcelas de alto rendimiento de maíz para la zona de Serdán. Se deben realizar cambios en la tecnología de maíz de alto rendimientos (M135) y de chícharo, puesto que causan déficits de fósforo y potasio en estos dos cultivos que pueden repercutir en el futuro en los rendimientos de los cultivos y en la calidad del suelo agrícola.



## Literatura citada

- Avelino, R. D. 1985. Resultados de las estimaciones de rendimiento de maíz en el período 1975 a 1984. Plan Llanos de Serdán. CEICADAR. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.
- Contreras, R. J. 2005. Evaluación de la sostenibilidad del cultivo de maíz grano en la región de Serdán, Puebla (México). Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 447 p.
- Contreras, R. J. 2014. El monocultivo o una rotación de cultivos, las posibles alternativas de producción para el productor dentro de la región de Serdán en Puebla. In: Memorias del XXV Congreso Nacional y V Internacional de Fitogenética 2014. San Luis Potosí, S.L.P., México.
- Dogan, R., T. A. Goksoy, K. Yagd and M.Z. Turan. 2008. Comparison of the effects of different crop rotation systems on winter wheat and sunflower under rain-fed conditions. *Afr. J. Biotechnol.* 7(22):4076-4082.
- Grassi, C. B.A. 1983. Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de Méx., México. 120 p.
- Hernández, D. C. G 2004. Lección 9: Indicadores para los sistemas agrarios. Correspondiente al temario de Producción Agraria Sostenible. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2015. Censo agropecuario y forestal del estado de Puebla 2014. México, D. F.
- Juárez, S. P. y B. Ramírez V. 2001. Estimación de rendimientos del Plan Llanos de Serdán ciclo P.V. 2000. CEICADAR. Instituto de Socioeconomía. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla.
- Masera, O., M. Astier y S. López-Ridaura. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa México, S. A. de C.V. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. Instituto de Ecología. UNAM. México, D. F. 101 p.



- Mohler, C. L. and S. E. Johnson. 2009. Crop rotation on organic farms. A planning manual. Sustainable Agriculture Research and Education. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service Ithaca, NY, USA. 156 p.
- Moncada, K., C. Sheaffer and J. Stordahi. 2010. Alternative Crops. In: Moncada, K. and C. Sheaffer (eds.). Risk management guide for organic producers. University of Minnesota. St. Paul, MN, USA.
- Nel, A. A and H. L. Loubser. 2004. The impact of crop rotation on profitability and production risk in the eastern and north western free state. *Agrekon* 43(1):101-111.



## FECHAS DE SIEMBRA DE REMOLACHA AZUCARERA EN GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez<sup>20\*</sup>

### Resumen

En México, el cultivo de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.), ha adquirido relevancia a partir de la necesidad de producir energías renovables como el etanol. En Guanajuato existe interés por este cultivo, por lo que se establecieron en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato, doce fechas de siembra, durante un año, del 15 de abril de 2012, al 15 de marzo de 2013, con la variedad Purple Sugar, bajo diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, los tratamientos fueron las fechas de siembra, cada fecha se estableció en 10 surcos de 16 m de longitud y el ancho de surco fue de 50 cm (80 m<sup>2</sup>), delimitando las 4 repeticiones. La parcela útil constó de los 4 surcos centrales de 3 m de longitud (6 m<sup>2</sup>) por repetición. La fórmula de fertilización fue 180-60-00. El calendario de riego programado fue 0-35-75-110 después de la siembra. Las variables tomadas fueron: a) contenido de azúcar por la medición de grados brix en la cosecha a los 135 días después de la siembra. Para el rendimiento de biomasa se cosechó la parcela útil, pesando raíz más follaje y se eliminó el follaje pesando sólo la raíz. Las variables climáticas fueron radiación, temperatura mínima, máxima y promedio, días nublados y precipitación. En base a los resultados obtenidos se concluye: la capacidad productiva de la remolacha resultó rentable en todas las fechas de siembra establecidas, el menor rendimiento fue de 62.7 t/ha, con relación beneficio costo de 2.18; hasta la de mayor rendimiento con 84.2 t/ha y con relación beneficio costo de 2.96, lo que permite programar en forma escalonada una producción industrial durante el año.

**Palabras clave:** Producción de azúcar, etanol, cultivo bio-energético, energía renovable

<sup>20</sup> Investigador del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km. 6.5 carretera, Celaya San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato. \*[hernandez.miguel@inifap.gob.mx](mailto:hernandez.miguel@inifap.gob.mx)





## Introducción

En México, el cultivo de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) ha adquirido relevancia en los últimos cuatro años. El Gobierno Federal emitió la Ley de Bioenergéticos en 2008, donde señala al sorgo dulce y a la remolacha azucarera como los cultivos que se pueden explotar para producir materia prima para la obtención de etanol. La remolacha azucarera es una planta bianual, perteneciente a la familia de las *Quenopodiáceas*. La forma actual proviene de la especie *vulgaris*, de la cual se deriva por selección humana, de la forma primitiva que son sus antecesores (Gordo, 2003). La estrategia para producir remolacha azucarera se basa en un conocimiento integral del manejo del cultivo y la influencia que sobre él ejercen tanto el clima y su interacción, actuando a nivel de parcela. En la actualidad, existen soluciones para algunos problemas que se pueden presentar a lo largo del ciclo de cultivo, como la preparación del suelo para la siembra, la elección de la variedad adecuada, la aparición de malas hierbas, plagas y enfermedades (con algunas excepciones como es en el caso del esclerocio, *Sclerotium rolfsii* sacc.), donde, tan solo siguiendo las recomendaciones, se asegura un buen rendimiento en la cosecha final (Morillo-Velarde *et al.*, 2003).

Los cuatro factores más influyentes en la producción de remolacha azucarera son: fecha de siembra óptima, preparación y tipo de suelo (historial del suelo), riego y abono nitrogenado, los cuales tienen gran influencia sobre los resultados finales de la cosecha (Morillo-Velarde *et al.*, 2003). En las zonas templadas el principal factor que controla el rendimiento es la cantidad de radiación interceptada (Scott *et al.*, 1973). En regiones tropicales la radiación es más intensa y se presenta a saturación, por lo que la relación entre radiación interceptada y rendimiento no es consistente. Para la producción de remolacha azucarera en zonas semiáridas (donde el riego es esencial para la producción) el rendimiento está más relacionado con la cantidad de agua disponible y la demanda evaporativa de la atmósfera (Scott y Jaggard, 1993). En México, el cultivo de la remolacha azucarera se siembra en los estados norteros en el ciclo agrícola otoño-invierno, por tener inviernos benignos. En Guanajuato, se recomienda su siembra en ese mismo ciclo agrícola durante los meses de



noviembre y diciembre, sin embargo, dado que las temperaturas en dicho estado son templadas durante la mayor parte del año, existe la posibilidad de sembrar remolacha azucarera durante todo el año. Por lo anterior, se establecieron en el Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato, en 2012 y 2013, doce fechas de siembra que cubren todo el año, con el propósito de demostrar que la remolacha azucarera es factible sembrarse durante todo el año, con buena producción de materia prima y un nivel adecuado de azúcar, medida por el contenido de grados brix. Lo anterior con la finalidad de proporcionar elementos para una producción programada de siembra a través del año, para la producción de azúcar en forma industrial.

## **Materiales y métodos**

**Fechas de siembra.** En el lote 24 del Campo Experimental Bajío (CEBAJ), se establecieron bajo condiciones de riego doce fechas de siembra en el periodo del 15 de abril de 2012 al 15 de marzo de 2013. Cada una se sembró y se regó el día 15 de cada mes, durante todo ese año.

**Variedad y densidad de siembra.** La variedad sembrada fue Purple Sugar. La siembra se realizó depositando dos semillas cada 25 cm. La distancia entre surcos fue de 50 cm. A los 10 días después de la siembra se aclaró, dejando una planta cada 25 cm, obteniéndose una densidad de población de 100,000 plantas/ha.

**Diseño experimental.** Se usó el diseño bloques al azar con 4 repeticiones en donde los tratamientos fueron las doce fechas de siembra. Cada fecha se estableció en 10 surcos de 16 metros de longitud y el ancho de surco fue a 50 cm (80 m<sup>2</sup> de superficie por fecha), delimitando las cuatro repeticiones cada 4 metros mediante hilos o cuerdas. La parcela útil constó de 4 surcos centrales de 3 m de longitud (superficie útil 6 m<sup>2</sup>) por repetición.

**Manejo experimental.** La preparación del terreno fue la tradicional que consiste en barbecho, dos rastras, nivelación y surcado a 50 cm. La fórmula de fertilización fue 180-60-00, aplicando la mitad del nitrógeno (Urea al 46% como fuente de nitrógeno)



y todo el fósforo (Superfosfato de calcio triple al 46% como fuente de fósforo) a la siembra y la otra mitad a los 34 días después de la siembra. El calendario de riego programado fue 0-35-75-110 después de la siembra, aplicando una lámina media de 15 cm por riego, sin embargo, dada la presencia del temporal se ahorró en las fechas de siembra de abril, mayo y junio de 2012, un riego, ya que en el mes de julio la precipitación fue de 118mm.

Variables cuantificadas. Las variables tomadas fueron: a) un muestreo de contenido de azúcar determinado por la medición de grados brix, que se realizó en la cosecha a los 135 días después de la siembra, para lo cual se extrajo la raíz de 5 plantas tomadas al azar y se cortaron en trozos pequeños y se prensó para extraer el jugo y en él, hacer la medición con el refractómetro del contenido de azúcar en unidades de grados brix de cada planta, obteniendo la media de las cinco plantas. b) Para el rendimiento de biomasa se cosechó la parcela útil de las cuatro repeticiones, en cada una se cosecharon todas las plantas, pesando toda la biomasa (raíz más follaje), posteriormente, se cortó y eliminó el follaje pesando sólo la raíz, en báscula de la marca Detecto (precisión de 1.0 g).

Variables climáticas. Se registraron las siguientes variables climáticas de la estación meteorológica del CEBAJ: radiación, temperatura mínima, máxima y promedio, días nublados y precipitación, para realizar el análisis de interpretación entre el comportamiento de las variables agronómicas de interés (rendimiento y contenido de azúcar) con dichas variables climáticas.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestra la significancia estadística para la separación de medias (Tukey 0.05%) del rendimiento de biomasa de la raíz por hectárea, del contenido de azúcar medida en grados brix, del número total de hojas al momento de la cosecha y, del diámetro en la parte media de la raíz. Se observa que enero y febrero fueron las mejores fechas para el cultivo de la remolacha en el Bajío, con valores de 82.5 y 84.2 t/ha de biomasa de raíz, respectivamente, con 26 ° Brix, con 33.5 y 35 hojas y con



17 cm de diámetro; el segundo grupo estadístico comprende las fechas de agosto a diciembre y marzo, con rendimientos que van de 74.80 a 78.85 t/ha, con poco más de 25 ° Brix, con un número de hojas de 26.5 a 30 y un diámetro de 16 a 17 cm; las fechas con menor rendimiento de biomasa, menor cantidad de azúcar, menor número de hojas y menor diámetro fueron las de abril y mayo con 62.7 y 64.2 t/ha, con 22°Brix, con 25 hojas y un diámetro de raíz de 14 cm.

La presencia de enfermedades sólo se detectó en las fechas de junio, julio y agosto con un total de 4, 8 y 4 plantas enfermas, respectivamente. El reporte del laboratorio indicó la presencia del patógeno *Erysiphe betae*, hongo que causa la enfermedad de la cenicilla de la remolacha, formando un micelio algodonoso en el haz y el envés de la hoja, debido a humedad relativa alta (más del 70%) y temperaturas por arriba de los 20°C, el daño que causa al follaje se traduce en pérdida de azúcar hasta del 30% en ataques severos, en estas fechas solo se presentó como curiosidad fitopatológica.

Es importante señalar, para la interpretación biológica de los resultados obtenidos, que la biomasa de la planta de remolacha está repartida en hojas (peciolos y limbos) y en la raíz que es el órgano de importancia económica, por lo que en todas las fechas de siembra se distinguen claramente dos etapas fenológicas de desarrollo: la fase vegetativa (durante los primeros 50 a 60 días) y la fase de desarrollo de la raíz (los siguientes 70 a 80 días). Se observó que en la fase vegetativa la planta requiere de temperaturas frescas, para el desarrollo de un mayor número de hojas en las fechas de noviembre a marzo (de 15.0 a 16.6°C de temperatura media), lo que representó un mayor rendimiento.





**Cuadro 1. Rendimiento de biomasa de raíz, grados brix, número de hojas a la cosecha, diámetro en la parte media de la raíz, en las fechas de siembra de remolacha azucarera en 2012-13, bajo riego.**

Fecha siembra	Rendimiento t/ha	Grados brix	Número de hojas	Diámetro parte media, cm
15 Abr. 2012	62.70 e	22.3 de	25.2 c	14.0 g
15 May. 2012	64.20 e	22.2 e	25.5 c	14.3 g
15 Jun. 2012	69.45 d	23.8 cd	26.0 c	14.8 efg
15 Jul. 2012	72.90 cd	24.2 bc	26.3 c	15.2 defg
15 Ago. 2012	74.80 bc	25.2 abc	26.5 c	15.8 cdef
15 Sep. 2012	75.10 bc	25.2 abc	27.0 bc	16.2 bcd
15 Oct. 2012	76.28 bc	25.3 abc	27.2 bc	16.1 bcde
15 Nov. 2012	76.86 b	25.4 ab	27.5 bc	16.6 abcd
15 Dic.-2012	78.40 b	25.7 ab	30.0 b	17.1 abc
15 Ene. 2013	82.50 a	26.0 a	33.5 a	17.3 ab
15 Feb. 2013	84.21 a	26.2 a	35.0 a	17.9 a
15-Mar. 2013	76.85 b	24.3 bc	27.8 bc	16.8 ab
Tukey 5%	3.89	1.5	3.2	1.4

Al respecto, Van Heemst (1986), indica que los factores ambientales que más influyen en el desarrollo y la producción de la planta de remolacha son: temperatura fresca en la fase vegetativa y la radiación del día; lo anterior significa que un mismo cultivo sembrado en zonas o fechas diferentes, se comporte de forma diferente (Bilbao, 2000). En contraste, las fechas de siembra de abril a julio se desarrollaron con temperaturas medias más altas durante su ciclo y tuvieron el menor número de hojas (25 a 26), menor cantidad de grados brix (22 a 24) y menor rendimiento (62 a 72 t/ha). Al respecto, Milford *et al.* (1985) determinaron que, en las fases más tempranas de desarrollo, la aparición de una hoja nueva está estrechamente relacionada con la integral térmica (suma de las temperaturas medias diarias menores que 3°C).

La otra fase es la acumulación de azúcar que, en las dos mejores fechas de febrero y marzo, tuvieron una excelente cantidad de radiación promedio diaria y mensual durante su desarrollo, que, aunado a la mayor cantidad de hojas, favorecieron una alta tasa de producción de azúcar, la cual se almacena en la raíz, alcanzando un máximo a los 125 y los 135 días después de la siembra. En contraste, las fechas de siembra de abril, mayo y junio presentaron el menor rendimiento, menor contenido de grados brix y menor número de hojas, no obstante que se desarrollaron durante



los meses de máxima radiación, sin embargo, el aprovechamiento de ésta, se ve afectado por el número de días parcialmente nublados, lo que probablemente afectó el rendimiento.

Rentabilidad del cultivo. El costo de inversión del cultivo de remolacha es de \$17,000.00/ha bajo el sistema tradicional, el cual incluye: barbecho, dos rastras, nivelación, siembra y primera fertilización, trazo de canales, cultivo y segunda fertilización, fertilizantes, pesticidas, riegos y cosecha. El costo por tonelada de remolacha es variable en el año, fluctuando de \$500.00 a \$700 pesos. Por lo anterior, la rentabilidad obtenida en la fecha del 15 de abril donde se obtuvo el menor rendimiento, poco más de 62 t/ha, con un costo promedio por tonelada de \$600.00, la relación beneficio costo fue de 2.18; en cambio, en la fecha del 15 de febrero donde se obtuvo el mayor rendimiento (84 t/ha), la relación beneficio costo fue de 2.96, demostrándose con ello, la factibilidad de producir remolacha azucarera durante todo el año en la Región del Bajío, con buena rentabilidad económica.

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el estudio de doce fechas de siembra de remolacha, en función del rendimiento por hectárea, el contenido de azúcar (medido en grados brix), el número de hojas, y su rentabilidad económica, así como su interrelación con el ambiente donde se realizó el estudio, se concluye:

La capacidad productiva de la remolacha proviene de su habilidad para interceptar la radiación para los procesos fotosintéticos y almacenarla en la raíz, lo cual resultó rentable en todas las fechas de siembra establecidas cada día quince de mes, desde la fecha del quince de abril con el menor rendimiento de 62.7 t/ha y con una relación beneficio costo de 2.18, hasta la de mayor rendimiento, la del 15 de febrero, con 84.2 t/ha y una relación beneficio costo de 2.96, lo que permite programar en forma escalonada la siembra de remolacha para una producción industrial.



## Literatura citada

- Bell, C. J., Milford, G. F. J. y Leigh, R. A. 1996. Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source-sink Relationships. Sugar Beet. E. Zamski and A. A. Schaffer(Ed). New York, Marcel Dekker Ltd: 691-707
- Bilbao, M. 2000. Es distinta la remolacha de siembra otoñal. AIMCRA. Sevilla. 67: 41-42.
- Bilbao, M., Martínez, J. J. y Delgado, A. 2004. "Evaluation of Soil Nitrate as a Predictor of Nitrogen Requirement for Sugar Beet Grown in a Mediterranean Climate". Agronomy Journal 96(1): 18-25.
- Draycott, A. P. y Christenson, D. R. 2003. Nutrients for Sugar Beet Production. Soil-plant relationships. Wallingford. CABI Publishing
- Gordo, L. F. 2003. La calidad tecnológica de la remolacha azucarera. Valladolid. AIMCRA.p:194
- Houba, V. J. G. 1973. Effect of nitrogen dressings on growth and development of sugar-beet. Wageningen. Centre for Agricultural Publishing and Documentation.p:65 p.
- Milford, G. F. J., Pocock, T. O. y Riley, J. 1985. "An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops". Annals of applied biology 106(1): 173-185.
- Milford, G. F. J. 2006. Plant structure and crop physiology. Sugar Beet. A. P. Draycott(Ed). London, Blackwell Publishers: 30-49.
- Morillo-Velarde, R. y Bilbao, M. 1992. "La remolacha azucarera de siembra otoñal. Situación y factores de cultivo". Agricultura 715: 146-153.
- Morillo-Velarde, R., Bermejo, J. L., Ayala, J., Moreno, A., Gutiérrez, M. y Márquez, L. 2003. Remolacha azucarera de siembra otoñal. Normas técnicas de cultivo. Sevilla. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.p:143
- Morillo-Velarde, R. y Ober, E. S. 2006. Water use and irrigation. Sugar Beet. A. P. Draycott(Ed). London, Blackwell Publishers: 221-255.
- Scott, R. K. y Jaggard, K. W. 1993. Crop Physiology and Agronomy. The Sugar Beet Crop: Science into practice. D. A. Cooke and R. K. Scott Ed). London, Chapman and Hall: 179-233.



- Shaw, B., Thomas, T. H. y Cooke, D. T. 2002. "Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress". *Plant Growth Regulation* 37(1): 77-83.
- Van Heemst, H. D. J. 1986. *Physiological principles. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops.* H. van Keulen and J. Wolf(Ed). Wageningen, Pudoc: 13-26.





## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE CEBADA MALTERA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA EN GUANAJUATO

Salomón Solano Hernández<sup>21</sup> y Miguel Hernández Martínez<sup>21\*</sup>

### Resumen

El mejoramiento genético de cebada maltera tiene como finalidad la generación de variedades mejoradas que tengan alta productividad, con adecuadas características agronómicas, con tolerancia a las principales enfermedades en las áreas de producción de El Bajío y con buena calidad maltera, para satisfacer las necesidades de la industria. Los objetivos fueron: a) Identificar genotipos sobresalientes con características agronómicas y de calidad de la cebada maltera que requiere la industria maltera-cervecera, para que se incluyan en la evaluación a nivel industrial (más de 500 t). b) Determinar la fecha óptima de siembra para los genotipos bajo estudio en la localidad de Roque, municipio de Celaya, Guanajuato. El estudio inicio el 30 de noviembre del 2012. Se evaluaron 13 variedades experimentales y 3 testigos comerciales en 7 fechas de siembra con diferencia entre una fecha y otra de 5 días. Los resultados indicaron que: 1) las dos primeras fechas fueron las mejores en expresar el potencial de rendimiento; 2) Existe una alta interacción de genotipos por fechas de siembra ( $\alpha=0.01$ ) en las variables rendimiento de grano, días floración, días a madurez y altura de planta; 3) El rendimiento de los genotipos fue 5749 y 5634 kg/ha para la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente. La línea élite R99-104-5R obtuvo un rendimiento similar al de los testigos Alina y Armida, y fueron superiores al resto de genotipos, con potencial de rendimiento promedio de grano de 6036, 6372 y 6201 kg/ha, respectivamente.

**Palabras clave:** Interacción genotipo-ambiente, calidad maltera

<sup>21</sup> Investigadores del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km. 6.5 carretera Celaya San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato. e-mail: hernandez.miguel@inifap.gob.mx



## Introducción

La región de El Bajío, México, comprende parte de los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, en donde la cebada se cultiva bajo condiciones de riego, durante el ciclo otoño-invierno (Solano *et al.*, 2009). El crecimiento de la superficie sembrada con cebada en esta región, se debe principalmente a que demanda menor cantidad de agua que el trigo, con un ciclo de cultivo entre 110 a 125 días de siembra a madurez fisiológica (Ellis, 1992), la comercialización es por contrato y tiene bonificaciones por la calidad física del grano (Zamora *et al.*, 2008; 2010), asimismo, la producción nacional de semilla de cebada se efectúa en el estado de Guanajuato, como una opción más redituable al producir este insumo (SIAP, 2013). El mejoramiento genético de cebada maltera tiene como finalidad la generación de variedades mejoradas que tengan alta productividad, estables a diferentes condiciones agroclimáticas (Olesen *et al.*, 2012) con adecuadas características agronómicas (Farahani *et al.*, 2011), tolerancia a las principales enfermedades en las áreas de producción de El Bajío y buena calidad maltera (Suaste-Franco *et al.*, 2013), para satisfacer las necesidades de la industria. Con dichas variedades, el cultivo será más rentable para los productores por la disminución del uso de pesticidas y la buena calidad que requiere la industria maltera-cervecera nacional (Ron y Loewy, 1996). Además de generar tecnología de producción que permita aprovechar el potencial genético de las variedades comerciales recomendadas, con el estudio de fechas de siembra se podrá determinar la fecha óptima de siembra para cada genotipo bajo estudio, debido a que la fecha de siembra tiene diferentes grados de efecto sobre la respuesta de los genotipos de cebada maltera ya que durante el ciclo Otoño-Invierno 2012/2013 incidieron heladas en los primeros días de marzo y golpes de calor durante el llenado de grano. Los objetivos del presente trabajo fueron: a) Identificar genotipos sobresalientes con características agronómicas y de calidad de la cebada maltera que requiere la industria maltera-cervecera, para ser incluidas en la evaluación a nivel industrial (más de 500 toneladas) y b) Determinar la fecha óptima de siembra



para los genotipos bajo estudio en la localidad de Roque, municipio de Celaya, Guanajuato.

## **Materiales y métodos**

La parcela experimental se estableció durante el ciclo otoño-invierno 2012/2013, bajo labranza tradicional, en condiciones de riego, en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato, en el Campo Experimental Bajío del INIFAP (latitud 20°34' 00", longitud 100°50'00" y 1765 m de altitud). El suelo es de tipo vertisol, negro, profundo, de textura arcillo-limosos, fértil y pH moderadamente alcalino (7.73). Se evaluaron 16 genotipos de cebada, de las cuales ocho son líneas experimentales con pedigrí, cinco líneas con número de muestras con características para riego y tres son variedades comerciales del INIFAP (Alina, Armida y Esperanza) como testigos. Las fechas de siembra fueron: FS1=30/nov/2012, FS2=5/dic/2012, FS3=10/dic/2012, FS4=15/dic/2012, FS5=20dic/2012, FS6=25/dic/2012 y FS7=30/dic/2012. Se utilizó un diseño experimental látice 4x4 con cuatro repeticiones, el tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 3.0 m de largo espaciados a 0.30 m. La parcela útil fue dos surcos centrales de 3.0 m de largo.

La fórmula de fertilización aplicada en cada fecha fue la 220-40-00, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y el resto de nitrógeno a los 35 días después de la siembra. Para el control de maleza se aplicó la mezcla de Axial y Amber en dosis de 0.5 L y 10 g por hectárea, respectivamente, en la época de amacollo para el control de hoja ancha, chayotillo y avena silvestre.

El número de riegos fue el de nacencia y tres riegos de auxilio, con una lámina promedio de 15 cm. Se realizaron los análisis de varianza simple por cada fecha y el análisis combinado de las siete fechas de siembra con las variables respuesta que fueron: días a floración, días madurez fisiológica, altura final de la planta (cm), respuesta a las enfermedades y rendimiento de grano (kg/ha).



## Resultados y discusión

Las condiciones climáticas en localidad de CEBAJ en Roque, Gto., con heladas tardías en los primeros días de marzo (3, 4 y 5) y golpes de calor en el llenado de grano en el ciclo Otoño-Invierno 2012-2013, no fueron favorables para el desarrollo y productividad del cultivo de la cebada, el rendimiento de grano promedio de las fechas fue bajo de 5.08 toneladas por hectárea, cuando el promedio de genotipos en otro ciclo de invierno en condiciones favorables fue cerca de 7 toneladas por hectárea en la fase experimental.

Los resultados mostraron alta interacción entre los genotipos y fechas de siembra ( $\alpha=0.01$ ) en las variables de rendimiento de grano, días floración, días a madurez y altura de planta.

Las mejores fechas de siembra en donde los genotipos de cebada produjeron más grano fueron en las fechas de siembra FS1 y FS2 con rendimiento promedio de todos los genotipos de 5749 y 5634 kg/ha, respectivamente.

Los mejores genotipos a través de todas las fechas de siembra fueron los materiales genéticos R99-104-5R, Alina y Armida, los cuales expresaron su superioridad en el potencial de rendimiento de grano con 6036, 6372 y 6201 kg/ha, respectivamente.

En el Cuadro 1 se muestra el rendimiento de los genotipos de cebada maltera de las siete fechas de siembra, así como los promedios de estas. En el mismo cuadro se puede apreciar que la línea 4 (R99-104-5R-2C-3R-3C-0R), presentó rendimientos similares con los testigos.





**Cuadro1. Rendimientos de grano promedios obtenidos con cada uno de los genotipos de cebada en cada fecha de siembra. Guanajuato. Ciclo O.I.2012-2013 INIFAP-CIRCE-CEBAJ.**

No	Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)							
		FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	FS6	FS7	PROM
1	M173	4554	4517	3251	3206	4016	4190	3362	3871
2	N174	5801	5464	4234	3371	5668	5253	5308	5014
3	RV98-50-2C-1R-1C-2R-0C	5759	6260	4883	4319	5257	5378	5047	5272
4	R99-104-5R-2C-3R-3C-0R	6994	6920	6186	4989	6372	5810	4982	6036
5	M179	5421	6007	4355	3901	4617	3907	3802	4573
6	RC2-212-4C-1R-3C-0C-0R	5492	5487	5104	5175	5740	5187	4761	5278
7	CV00-370-2C-1R-4C-2R-1C-0R	4519	4944	4147	3933	5751	5740	4483	4788
8	CV02-217-2PZ-1R-1C-2C-2R-1C-0	5154	5091	3976	3516	5503	4954	4630	4689
9	RC03-168-1PZ-1C-4R-2C-0R	5754	6080	5318	5817	5799	5694	5495	5708
10	RC03-168-1PZ-1C-3R-2C-0R	6064	5982	5136	5898	6229	5848	5534	5813
11	R05-19-5C-1R-3C-2R-1C-0R	6781	6349	5002	4991	5628	5485	4739	5568
12	M176	4268	3358	1973	1665	2507	3296	3192	2894
13	M177	5424	5213	4255	3232	4643	4414	4308	4498
14	ALINA	7234	6628	6269	5547	7287	5965	5674	6372
15	ARMIDA	7096	6685	6764	5836	6112	6043	4872	6201
16	ESPERANZA	5677	5165	5073	4048	4718	4596	4642	4845
	Promedio	5749	5634	4745	4340	5365	5110	4677	5089

FS1=30/nov/2012, FS2=5/dic/2012, FS3=10/dic/2012, FS4=15/dic/2012, FS5=20dic/2012, FS6=25/dic/2012 y FS7=30/dic/2012

## Conclusiones

1. Los genotipos R99-104-5R, Alina y Armida fueron superiores en potencial de rendimiento de grano con 6.03, 6.37 y 6.20 t/ha, respectivamente.
2. Las fechas óptimas de siembra para los genotipos más rendidores R99-104-5R-2C-3R-3C-0R y ALINA fueron del 30 de noviembre al 20 de diciembre, sólo para la variedad ARMIDA se prolongó hasta el 25 de diciembre del 2012.

## Literatura citada

Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. Plant Growth Regulation 11:249-255.



- Farahani, H. A., P. Moaven, and M. Kasra. 2011. Effect of seed size on seedling production in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Advances in Environmental Biology* 5(7):1711-1715.
- Olesen, J. E., C. D. Borgeesen, L. Elsgaard, T. Palosuo, R. P. Rotter, A. O. Skjelvag, *et al.* 2012. Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 29(10):1527-1542.
- Ron, M. y Loewy, T. 1996. Análisis de la respuesta de cebada cervecera a nitrógeno y fósforo en tres suelos del sudoeste bonaerense (Argentina). *Ciencia del Suelo*. 14:47-49.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Cierre de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx> [consultado el 07 de noviembre de 2014].
- Solano, H., S., M. Zamora D., F. P. Gámez V., J. J. García R., R. Sánchez C., J. Ireta M., *et al.* 2009. Alina, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Agricultura Técnica en México* 35(4):467-469.
- Suaste-Franco, M. P., E. Solís-Moya, L. Ledesma-Ramírez, M. L. de la Cruz-González, O. A. Grageda-Cabrera, y A. Báez-Pérez. 2013. Efecto de la densidad y método de siembra en el rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en El Bajío, México. *Agrociencia* 47:159-170.
- Zamora, D., M., S. Solano H., R. Gómez M., I. Rojas M., J. Ireta M., R. Garza G., *et al.* 2008. Adabella: variedad de cebada maltera para valles altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica en México* 34(4):491-493.
- Zamora, D., M., S. Solano H., R. Garza G., J. Islas G., R. Huerta Z. y M. López C. 2010. Armida, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(5):723-726.



## FAUNA EDÁFICA EN CAÑA DE AZÚCAR Y LIMÓN PERSA COMO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL

Imelda Guadalupe Martínez Ignacio<sup>22</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>23\*</sup>, Félix D. Murillo Cuevas<sup>22</sup>,  
Jacel Adame García<sup>22</sup> y Jazmín Villegas Narváez<sup>22</sup>

### Resumen

El uso de suelo asociado a la producción agrícola es uno de los factores claves que afectan a la biodiversidad edáfica. El municipio de Úrsulo Galván tiene casi el 50% de su suelo para el cultivo de caña de azúcar y empieza a ganar terreno el cultivo de limón, con unas pocas hectáreas. Sólo 6% de su suelo presenta vegetación nativa. La expansión de la frontera agrícola del Municipio de Úrsulo Galván y los sistemas de manejo de los cultivos que no han cambiado en los últimos años, pueden traer consecuencias graves en la pérdida de biodiversidad edáfica con impactos negativos en la calidad del suelo. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de uso del suelo con caña de azúcar y limón persa sobre la fauna edáfica, a través de la comparación con un suelo de acahual. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de  $\approx 50 \text{ m}^2$ . En cada parcela se estableció un transecto de  $\approx 50 \text{ m}$  donde se colocaron cinco trampas de caída para artrópodos terrestres con una separación de un metro en un arreglo de zigzag a cada lado del transecto a una distancia de 5 m, dando un total de 10 trampas por uso de suelo. Se calculó la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de morfoespecies. Se realizó un análisis de correspondencia para asociar las especies de fauna edáfica con los usos de suelo. Se realizó una estadística descriptiva a los datos para comparar los usos de suelo en relación a los parámetros ecológicos. La mayor riqueza, diversidad y equidad se registró en el suelo con acahual, seguido del suelo con caña de azúcar. La mayor cantidad de morfoespecies

<sup>22</sup>Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván.

<sup>23</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Cotaxtla.

\*cabo.cabrera50@gmail.com



se asoció a los suelos con acahual y caña de azúcar, sólo las hormigas se asociaron al suelo con limón persa. Acorde a lo anterior, el cultivo de limón persa debe mejorar su sistema de producción para que permita conservar más la diversidad de fauna del suelo, ya que los resultados indican que este cultivo tiene un mayor impacto negativo con respecto al cultivo de caña de azúcar.

**Palabras clave:** biodiversidad, artrópodos edáficos, uso de suelo, macrofauna, mesofauna

## Introducción

El uso de suelo asociado a la producción agrícola es uno de los factores claves que afectan la biodiversidad edáfica, con impactos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas, provocando la disminución o pérdida del suelo (Cabrera y Zuaznabar, 2010; Stechauner y Madriñán, 2013; Desiree *et al.*, 2014; Franco *et al.*, 2016; Cabrera *et al.*, 2019a; Murillo *et al.*, 2019). La fauna que habita en el suelo desempeña un papel importante en los servicios ecosistémicos, participa en las interacciones entre los procesos físicos, químicos y biológicos. Las funciones de los artrópodos edáficos muestran que son indicadores de la calidad del suelo y un recurso que debe manejarse de forma adecuada para mejorar los servicios proporcionados a los agroecosistemas (Zagatto *et al.*, 2017). La macrofauna del suelo es diversa, abundante y multifuncional (Franco *et al.*, 2016; Murillo *et al.*, 2019); las hormigas, termitas, escarabajos, pseudoescorpiones, arañas y otros grupos menos conocidos son abundantes e importantes para el funcionamiento del suelo, los cuales influyen en los procesos de descomposición y mineralización de nutrientes (Lang *et al.*, 2011, Franco *et al.*, 2016). La mesofauna es más abundante y diversa, siendo los ácaros y colémbolos los más importantes por su abundancia, diversidad y función en el suelo, además de que son indicadores ecológicos por su gran aptitud para la especiación, ciclos de vida corto y poca dispersión de las especies (Eeva y Penttinen, 2009; Cabrera *et al.*, 2019a; 2019b). Como indicador biológico del estado de





conservación y/o perturbación del suelo, la macro y mesofauna edáfica debe estar relacionada con los atributos físicos y químicos del suelo, que a la vez manifiestan la productividad del ecosistema (Bedano *et al.*, 2006a; 2006b; Botina *et al.*, 2012; Tapia *et al.*, 2016).

El estado de Veracruz, México, es el principal productor nacional de caña de azúcar con 303, 984 hectáreas sembradas y una producción de 21, 232, 641 toneladas (SIAP, 2018). Además, ocupa el segundo lugar nacional en la producción de limón con 46, 711 hectáreas sembradas y una producción de 644, 598 toneladas (SIAP, 2018). El municipio de Úrsulo Galván tiene casi el 50% de su suelo para el cultivo de caña de azúcar y empieza a ganar terreno en el cultivo de limón, con unas pocas hectáreas. Sólo 6% de su suelo presenta vegetación nativa (INAP, 2013). La expansión de la frontera agrícola del Municipio de Úrsulo Galván y los sistemas de manejo de los cultivos que no han cambiado en los últimos años pueden traer consecuencias graves en la pérdida de biodiversidad edáfica, con impactos negativos en la calidad del suelo (Lang *et al.*, 2011; Cabrera *et al.*, 2019a; Murillo *et al.*, 2019).

## **Materiales y métodos**

### **Sitios de muestreo**

Los sitios de muestreo se establecieron en los terrenos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) en el año 2018, con coordenadas de 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.61" Oeste. El clima de la región se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger, definido como cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura que oscila entre 24 y 26°C, y un rango de precipitación entre 1100 mm y 1300 mm.

Se establecieron tres áreas para el muestreo, un suelo con caña de azúcar, uno con limón persa y uno con acahual (como testigo): 1) Cultivo con caña de azúcar, ubicado en las coordenadas 19° 24' 50.27" N y 96° 21' 24.64" O, a una elevación de 11 msnm, con un polígono de muestreo de 2.03 ha; 2) Cultivo con limón persa, ubicado en las coordenadas 19° 24' 52.13" N y 96° 20' 58.19" O, a una elevación de 22 msnm. En este



cultivo se estableció un polígono de muestreo de 2.25 hectáreas; 3) Área de acahual, ubicado en las coordenadas 19° 25' 6.17" N y 96° 20' 53.87" O, a una elevación de 24 msnm, con un polígono de muestreo de 1.44 hectáreas, ésta área presenta una vegetación de selva baja caducifolia, relacionada a las zonas costeras donde se puede encontrar Cocuite (*Gliricidia sepium*), Nacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), Jilote (*Bursera simaruba*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Huizache (*Acacia cochliacantha*), Palma de coyol (*Acrocomia aculeata*), Capulín (*Karwinskia humboldtiana*), Guaje (*Lysiloma divaricatum*), entre otros, así como varias especies herbáceas, arbustivas, orquídeas y hongos *Basidiomycota*.

### **Muestreo de fauna edáfica**

En cada una de las áreas de uso de suelo los muestreos se realizaron durante dos meses (agosto y septiembre) durante el periodo de lluvias, realizándose tres muestreos por mes. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de  $\approx 50 \text{ m}^2$ . En cada parcela se estableció un transecto de  $\approx 50 \text{ m}$ , donde se colocaron 5 trampas de caída para artrópodos terrestres con una separación de un metro en un arreglo de zigzag a cada lado del transecto a una distancia de 5 m, dando un total de 10 trampas por uso de suelo. Las trampas fueron elaboradas con envases de plástico de un 1 L, enterrados a ras de suelo y con agua en el interior para que los artrópodos quedaran atrapados. Las trampas se cebaron con atún como atrayente embarrando las paredes de los envases. Las trampas se mantuvieron en campo durante tres días, colocadas una semana si y una no, durante los dos meses de muestreo.

### **Colecta y procesamiento de organismos**

Las trampas de caída se desenterraron para vaciar su contenido en bolsas de plástico, previamente etiquetadas con los datos del área, número de trampa y fecha. Posteriormente las bolsas de plástico se llevaron al Laboratorio de Entomología del ITUG para la extracción de los contenidos a través de un colador. Los organismos colectados fueron depositados en frascos de vidrio con alcohol al 70% y etiquetados con los datos de la trampa. Posteriormente los organismos fueron colocados en



cajas de Petri y con la ayuda de un microscopio estereoscópico, pinceles, agujas y pinzas entomológicas fueron separados y contabilizados por morfoespecie. Los organismos se identificaron a nivel de Ordenes, Subclases, Clases y algunas familias taxonómicas utilizando las claves de Triplehorn y Johnson (2015).

### **Análisis de datos**

Se calculó la abundancia con el número de organismos de cada morfoespecie, la riqueza con el número de morfoespecies, la diversidad con el índice de Shannon-Wiener (H'), la equidad con el índice de Pielou (J'), utilizando el programa *EstimateS* versión 8.2.0. Se realizó un análisis de correspondencia simple (AC) para asociar las especies de fauna edáfica con los usos de suelo. Se realizó una estadística descriptiva a los datos para comparar los usos de suelo en relación a la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de la fauna edáfica, utilizando el  $\bar{x} \pm E.E.$

### **Resultados y discusión**

En el Cuadro 1 se presentan las morfoespecies, categorías taxonómicas y abundancia, riqueza y equidad, de los organismos registrados en el presente trabajo. Se registraron 25 morfoespecies de organismos pertenecientes a las clases *Hexapoda* (insectos), *Arachnida* (arácnidos y ácaros), *Diplopoda* (milpiés), *Chilopoda* (ciempiés) y *Clitellata* (lombrices de tierra). Se identificaron las subclases *Acari* y *Oligochaeta*. Se identificaron 10 morfoespecies a nivel de órdenes y 10 a nivel de familias de insectos. La familia *Formicidae* (hormigas) presentó la mayor abundancia de organismos, principalmente en el uso de suelo con limón persa, el orden *Isoptera* (termitas) en el uso de suelo con caña de azúcar y los *Oligochaeta* (lombrices) en suelo con acahual. Se colectaron un total de 3,181 organismos de los cuales 1,400 se colectaron en suelo con limón, 1,012 en acahual y 769 en suelo con caña de azúcar. La mayor riqueza, diversidad y equidad se registró en el acahual, seguido de la caña de azúcar.



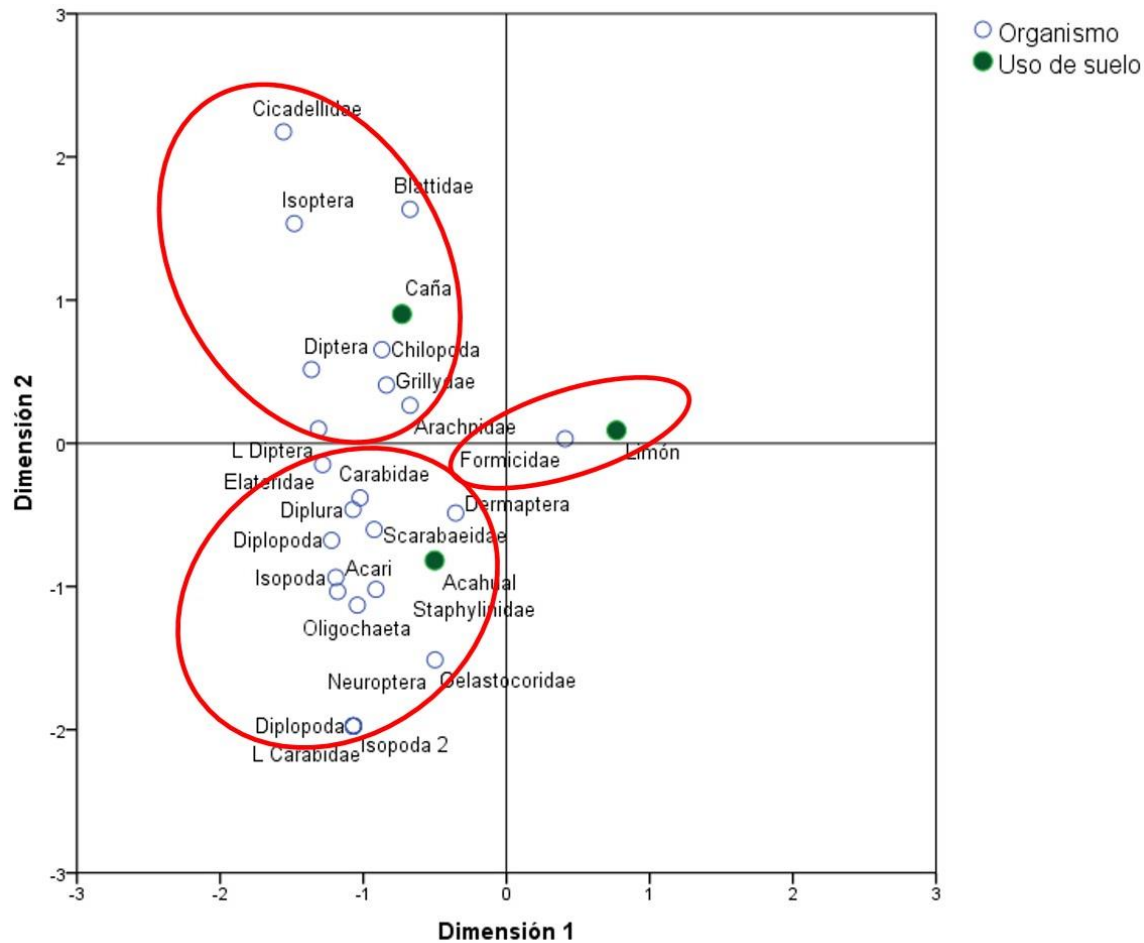
**Cuadro 1. Morfoespecies, categoría taxonómica, abundancia, riqueza y equidad, registradas en cada uno de los usos de suelo en el área de estudio.**

Organismo	Cat. taxonómica	Acahual	Caña	Limón
Acari	Subclase	65	10	0
Araneae	Orden	16	19	10
Blattidae	Familia	0	34	13
Carabidae	Familia	22	13	3
Chilopoda	Clase	10	19	6
Cicadellidae	Familia	0	35	0
Dermaptera	Orden	10	4	6
Diplopoda	Clase	17	0	0
Diplopoda	Clase	11	5	0
Diplura	Orden	31	17	3
Diptera	Orden	4	6	0
Elateridae	Familia	14	11	0
Formicidae	Familia	566	413	1341
Gelastocoridae	Familia	15	0	6
Grillydae	Familia	10	14	5
Isopoda	Orden	34	7	0
Isoptera	Orden	23	126	0
L. Carabidae	Familia	9	0	0
L. Diptera	Orden	7	7	0
Neuroptera	Orden	9	0	0
Oligochaeta	Subclase	73	17	4
Plecoptera	Orden	18	0	0
Psocoptera	Orden	14	0	0
Scarabaeidae	Familia	18	8	3
Staphylinidae	Familia	16	4	0
Abundancia		1012	769	1400
Riqueza		23	19	11
Diversidad H'		1.93	1.78	0.27
Equidad J'		0.60	0.55	0.08

El análisis de correspondencia simple (AC) indicó una correspondencia significativa entre los usos de suelo y las morfoespecies ( $\chi^2= 1249.84, p=0.0001$ ).

La mayor cantidad de morfoespecies se asoció a los suelos con acahual y caña de azúcar, sólo las hormigas se asociaron al suelo con limón persa (Figura 1). La mayor asociación de las hormigas al uso de suelo con limón persa puede deberse a que este cultivo alberga una mayor cantidad y diversidad de insectos asociados al cultivo, que producen secreciones ricas en azúcares como pulgones y psílido, lo cual atrae a las hormigas.



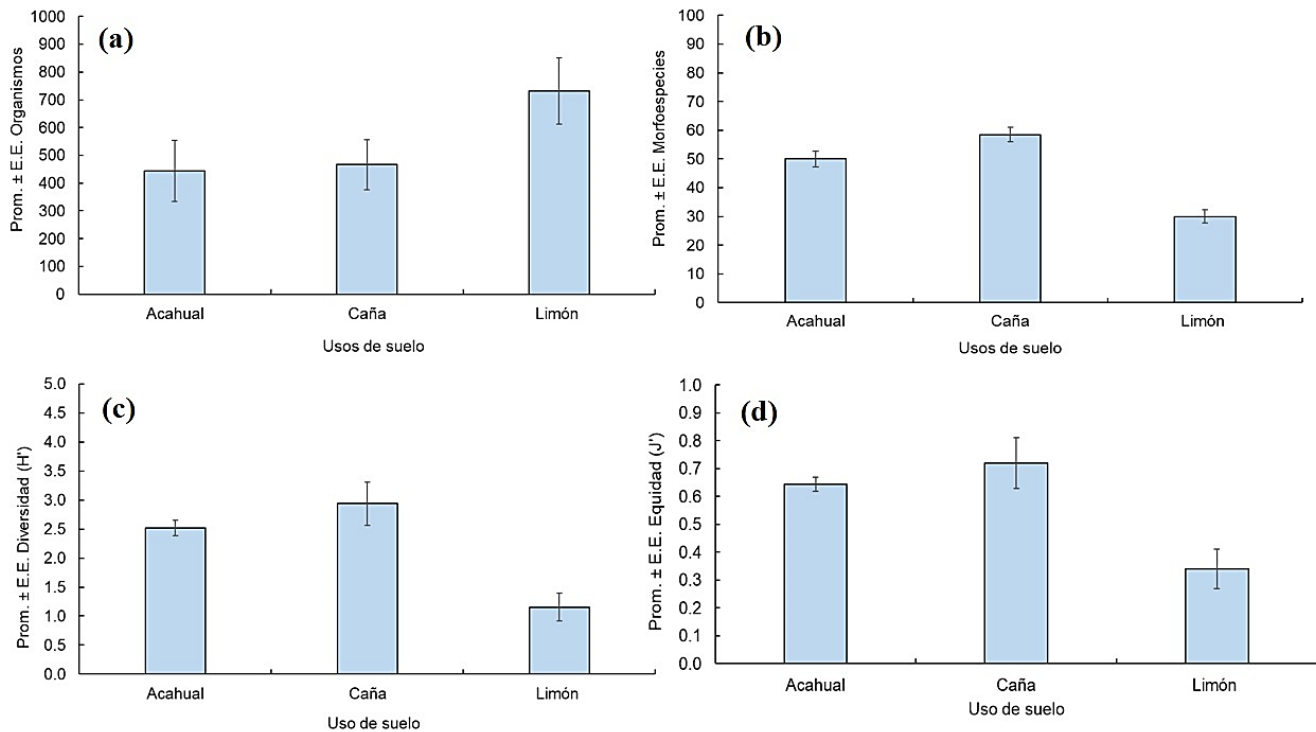


**Figura 1. Análisis de correspondencia simple donde se asocian las morfoespecies con los usos de suelo.**

De acuerdo a la estadística descriptiva, hubo diferencias significativas entre los usos de suelo al comparar la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de la fauna edáfica (Figura 2). El mayor promedio de organismos se registró en el uso de suelo con limón persa ( $731 \pm 119$ ), siendo significativamente diferente a la abundancia registrada en el suelo con acahual y con caña de azúcar, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí (Figura 2a). Sin embargo, a pesar de que el suelo con limón persa tuvo la mayor abundancia de organismos, éste registró el menor promedio de riqueza ( $30 \pm 2.3$ ), diversidad ( $1.1 \pm 0.2$ ) y equidad ( $0.34 \pm 0.07$ ) siendo significativamente diferente al uso de suelo con acahual y caña de azúcar (Figura 2b, c y d). Los suelos con acahual y caña de azúcar fueron estadísticamente iguales



en riqueza, diversidad y equidad, con valores de 50 y 58.5 morfoespecies, 2.5 y 2.9 de diversidad y 0.64 y 0.72 de equidad, respectivamente (Figura 2b, c y d).



**Figura 2. Promedio  $\pm$  E.E. de abundancia (a), riqueza (b), diversidad (c) y equidad (d) de fauna edáfica en cada uno de los usos de suelo.**

Como era de esperarse, los suelos con acahual fueron muy diversos en los grupos de meso y macrofauna, lo que sugiere un mayor complemento de grupos y funciones ecológicas en comparación con los suelos con caña de azúcar y limón persa. Los organismos degradadores como las lombrices de tierra, escarabajos y otros artrópodos fueron los asociados al suelo con acahual, registrándose un patrón similar a lo reportado en otros trabajos (Silva *et al.*, 2007; Cabrera *et al.*, 2011; Cabrera *et al.*, 2019a; Murillo *et al.*, 2019). Escarabajos y lombrices desempeñan un papel clave en la función de los ecosistemas tropicales (Momo *et al.*, 2003; Lavelle *et al.*, 2006) mediante la formación y estabilización de la estructura de los suelos muy degradados, entre otras (Ayuke *et al.*, 2011).

La caña de azúcar cultivada a partir de vegetación nativa y de manera persistente (30 años) en ecosistemas tropicales, proporciona hábitats de suelo adecuados para



una gran abundancia de grupos específicos de meso y macrofauna del suelo (Lang *et al.*, 2011; Cabrera *et al.*, 2011), lo cual fue confirmado con los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde el uso de suelo con caña de azúcar fue similar al del acahual en riqueza, diversidad y equidad (Figura 2). Estos resultados coinciden con otros trabajos (Barajas y Álvarez, 2003) quienes reportaron una nula variación de riqueza taxonómica de fauna entre diferentes ambientes agrícolas y naturales, así como con Lang *et al.* (2011), quienes reportaron similitud en cuanto a diversidad y riqueza de macrofauna en mango y caña persistente. Además, los resultados coinciden con los de Cabrera *et al.* (2019a) y Murillo *et al.* (2019), en cuanto a que el uso de suelo con caña de azúcar no afectó a la diversidad de fauna edáfica en comparación a otro uso de suelo productivo. Las termitas, dipluros, ácaros, cochinillas y lombrices de tierra fueron más abundantes en caña de azúcar a diferencia del suelo con limón persa, esto probablemente debido a las características del cultivo de caña persistente ya que se tiene la hipótesis de que en este sistema se presenta una mayor estabilidad poblacional de fauna edáfica respecto a caña reciente u a otros cultivos nuevos, dado que los organismos se encuentran mayormente adaptados a ambientes perturbados (Lang *et al.*, 2011). La abundancia de termitas y lombrices de tierra en suelo con caña de azúcar puede tener impactos positivos en la estabilidad estructural del suelo, ya que estos organismos tienen la capacidad de moverse a través del suelo y construir estructuras biogénicas estables en propiedades físicas, químicas y microbiológicas específicas (Jouquet *et al.*, 2006).

Los resultados indican que la conversión de uso de suelo con acahual o caña de azúcar al cultivo de limón persa afecta negativamente la riqueza, diversidad y equidad de la fauna del suelo. Los valores más bajos de biodiversidad en suelo con limón persa indican una avanzada degradación del suelo, probablemente debido a la intensidad del uso del suelo y al mal manejo del cultivo. Algunos factores que podrían haber influido en estos resultados fueron la menor cantidad de materia orgánica que genera el cultivo y una mayor compactación y erosión del suelo, características de los suelos con este cultivo en la región de estudio. Sin embargo, estas características se asocian a la mayor abundancia de hormigas, las cuales son



atraídas por estos tipos de suelo por que facilita la elaboración de sus nidos, pero también contribuyen en la erosión del suelo.

## Conclusiones

1. A pesar que el cultivo de caña de azúcar en el Municipio de Úrsulo Galván ha sido visto como un factor que potencializa la pérdida de biodiversidad en la región, debido a prácticas agrícolas intensivas y a la reducción de áreas de acahual por el cultivo, los resultados indican que el suelo con caña de azúcar no afectó la biodiversidad de la meso y macrofauna edáfica en relación a suelo con acahual. Sin embargo, el cultivo de limón persa debe mejorar su sistema de producción para que permita conservar más la diversidad de fauna del suelo, ya que los resultados indican que este cultivo tiene un mayor impacto negativo sobre la fauna edáfica, con respecto al cultivo de caña de azúcar.
2. Es posible que en la región de estudio el uso de suelo para caña de azúcar tenga una mínima o nula afectación sobre la fauna del suelo en comparación a otros usos de producción, también existe la posibilidad de que algunos organismos se estén volviendo tolerantes a las condiciones del suelo con caña de azúcar, dando como resultado que no existan diferencias significativas en relación a la biota del suelo con acahual.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por financiar el trabajo a través del proyecto con clave 6218.19-P. A los estudiantes de Licenciatura en Biología del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por el apoyo en el trabajo de campo y procesamiento de muestras.





## Literatura Citada

- Ayuke, F. O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D. K. Lelei, C. N. Kibunja y M. M. Pulleman. 2011. Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. *Applied Soil Ecology*. 48: 53-62.
- Bedano, J. C., M. P. Cantu y M. E. Doucet. 2006a. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. *Applied Soil Ecology*. 32: 293-304.
- Bedano, J. C., M. P. Cantu y M. E. Doucet. 2006b. Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*. 42: 107-119.
- Barajas-Guzmán, G. y J. Álvarez-Sánchez. 2003. La comunidad desintegradora en una selva húmeda tropical. pp. 162-184. *In: Álvarez Sánchez, J., E. Naranjo García (eds.). Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México. Instituto de Ecología A. C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. <http://hdl.handle.net/11154/141914>.*
- Botina, G. B., I. A. Velásquez, T. Bacca, F. J. Castillo y G. L. Dias. 2012. Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (Solanales: Solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*. 16: 69-77.
- Cabrera, H., F. D. Murillo-Cuevas, J. Adame-Gracia y J. A. Fernández-Viveros. 2019a. Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 33-43.
- Cabrera, H., F. D. Murillo-Cuevas, Juan. A. Villanueva-Jiménez y J. Adame-Gracia. 2019b. Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6 (17): 231-241.
- Cabrera, G., N. Robaina y D. Ponce de León. 2011. Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34: 313-330.



- Cabrera, J. A. y R. Zuaznábar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. *Cultivos Tropicales*. 31: 5-13.
- Desiree, J. I., A. V. Pita, V. D. H. Floor y P. C. F. Andre. 2014. Biodiversity impacts of bioenergy crop production: a state-of-the-art review. *Glob Change Biol Bioenergy*. 6: 183-209.
- Eeva, T. y R. Penttinen. 2009. Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution. *Science of the Total Environment* 407: 4771-4776.
- Franco, A. L. C., M. L. C. Bartz, M. R. Cherubin, D. Baretta, C. E. P. Cerri, B. J. Feigl, D. H. Wall, C. A. Davies y C. C. Cerri. 2016. Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*. 563-564: 160-168.
- INAP. 2013. Diagnósticos Municipales PACMA, entidad: Veracruz de Ignacio de la Llave, Municipio: Úrsulo Galván. Instituto Nacional de Administración Pública. México 49p.
- Jouquet, P., J. Dauber, J. Lagerlof, P. Lavelle y M. Lepage. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology* 32: 153-164.
- Lang, P. F., A. Pérez-Vázquez, J. P. Martínez-Dávila, D. E. Platas-Rosado, L. A. Ojeda-Enciso y I. J. González-Acuña. 2011. Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. *Terra Latinoamerica*. 29: 169-177.
- Lavelle, P., T. Decaens, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora y J. P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42: S3-S15.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2018. SAGARPA. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). Fecha de consulta: 26 de julio 2018.
- Silva, R., M. Tomazi, C. R. Pezarico, A. M. Aquino y F. M. Mercante. 2007. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 865-871.



- Stechauner, R. R. y M. R. Madriñán. 2013. Interacción macrofauna-microbiota: Efectos de la transformación de residuos de cosecha sobre la actividad de  $\beta$ -glucosidasa edáfica. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11: 184-195.
- Tapia-Coral, S., L. A. Teixeira, E. Velásquez y F. Waldez. 2016. Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 8(Supl): 260-267.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2015. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 p.
- Momo, F. R., L. B. Falco y E. B. Craig. 2003. Las lombrices de tierra como indicadoras del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 8: 55-63.
- Murillo- Cuevas, F. D., J. Adame-García, H. Cabrera-Mireles y J. A. Fernández-Viveros. 2019. Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6 (16): 23-33.
- Zagatto, M. R. G., C. C. Niva, M. J. Thomazini, D. Baretta, A. Santos, H. Nadolny. *et al.* 2017. Soil invertebrates in different land use systems: How integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 7: 150-161.



## FAUNA EDÁFICA EN UN SISTEMA DE PASTO, SILVOPASTORIL Y ACAHUAL EN ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ

Nidia Neyra Olavarria Sosa<sup>24</sup>, Félix D. Murillo Cuevas<sup>24\*</sup>, Jacel Adame García<sup>24</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>25</sup> y Adriana Elena Rivera Meza<sup>24</sup>

### Resumen

La mesofauna y macrofauna edáfica son importantes por su abundancia, diversidad y función en el suelo, lo que permite que sean considerados como un indicador ecológico de la calidad o alteración del mismo. La expansión de la frontera pecuaria que predomina en el Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, puede modificar los sistemas naturales al cambiar a actividades ganaderas, lo que conlleva a posibles cambios en las propiedades del suelo y su biota asociada. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de uso del suelo con pasto y silvopastoril sobre la fauna edáfica, a través de la comparación con un suelo con acahual. Los sitios de muestreo se establecieron en los terrenos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván en el año 2018. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de  $\approx 50 \text{ m}^2$ . En cada parcela se estableció un transecto de  $\approx 50 \text{ m}$ , donde se colocaron 5 trampas de caída para artrópodos terrestres con una separación de un metro en un arreglo de zigzag a cada lado del transecto a una distancia de 5 m, dando un total de 10 trampas por uso de suelo. Se calculó la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de morfoespecies, utilizando el programa *EstimateS* versión 8.2.0. Se realizó un análisis de correspondencia para asociar las especies de fauna edáfica con los usos de suelo. Se realizó una estadística descriptiva a los datos para comparar los usos de suelo en relación a los parámetros ecológicos. La mayor riqueza, diversidad y equidad la registró el suelo con acahual, seguido del suelo con silvopastoril para riqueza y con pasto para diversidad y equidad. La mayor cantidad

<sup>24</sup>Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván.

<sup>25</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Cotaxtla.

\*felix.murillo.itug@gmail.com





de morfoespecies se asoció a los suelos con acahual y silvopastoril, sólo las termitas y escarabajos se asociaron al suelo con pasto.

**Palabras clave:** biodiversidad, artrópodos edáficos, uso de suelo, impacto ambiental

## Introducción

La mesofauna edáfica es importante por su abundancia, diversidad y función en el suelo; además, la gran aptitud para la especiación, los ciclos de vida cortos y la poca dispersión de las especies, son características de la mesofauna que permiten considerarla como un indicador ecológico (Bedano *et al.*, 2006a; 2006b; Eeva y Penttinen, 2009). Por otro lado, la macrofauna edáfica es determinante en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico (Cabrera *et al.*, 2011; Cabrera, 2012); por consiguiente, varios autores proponen el uso de estos organismos como indicadores de la calidad o alteración del suelo, debido a que estos pueden ser afectados por diferentes usos y manejos del suelo; son susceptibles y presentan una rápida respuesta a los cambios en la cobertura vegetal, transformación de la diversidad y composición florística (Lavelle *et al.*, 2003; Lang *et al.*, 2011).

Dentro de la macrofauna edáfica se encuentran las lombrices de tierra, las cuales son afectadas por factores como el clima, alimentación, humedad, textura y condiciones químicas del suelo; por lo que éstas manifiestan cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo (Momo *et al.*, 2003). Organismos detritívoros como los *diplópodos* (milpiés), *isópodos* (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gastrópodos (caracoles) pueden ser utilizados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfico; estos organismos son muy sensibles a los cambios físicos y químicos del suelo, así como a los cambios bruscos de temperatura y humedad en sus hábitats (Moore *et al.*, 2004; Zerbino *et al.*, 2008). Otros grupos como las termitas adquieren importancia en zonas de cultivos, donde su invasión y agresividad se relacionan con condiciones adversas de



temperatura y humedad, así como con el contenido y la calidad del material orgánico en el suelo (Gutiérrez *et al.*, 2004; Laffont y Porcel, 2007; Hurtado *et al.*, 2017). Éstos son organismos oportunistas y más resistentes a perturbaciones inducidas, por lo que indican hábitats menos conservados o con algún nivel de degradación (Méndez y Equihua, 2001; Franco *et al.*, 2016). Las hormigas son organismos con mayor capacidad de sobrevivir en suelos agrícolas, a pesar de las alteraciones de su medio, lo que les permite una alta prevalencia en abundancia y resistencia con algún nivel de intervención antrópica (Rojas, 2001; Chanutásig *et al.*, 2011).

El uso de suelo asociado a la actividad pecuaria es uno de los factores clave que afecta a la biodiversidad edáfica, con impactos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que provoca una disminución o pérdida total en la productividad de éste (Cabrera y Zuaznábar, 2010; Cabrera *et al.*, 2011; Stechauner y Madriñán, 2013; Desiree *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2014; Franco *et al.*, 2016). El estado de Veracruz cuenta con cerca de 3.7 millones de hectáreas de pastizales (alrededor del 51% de la superficie estatal), que se dedican principalmente a la producción ganadera extensiva, que lo han convertido en el primer productor nacional de carne de bovino y el quinto de leche (SIAP, 2018). En la Región Centro de Veracruz, desde hace más de 50 años se ha dado un cambio de uso de suelo, de las áreas de vegetación nativa hacia pecuarias (Gobierno del Estado de Veracruz, 2016). La expansión de la frontera pecuaria que predomina en esta región puede modificar los sistemas naturales, lo que conlleva a posibles cambios en las propiedades del suelo y su biota asociada.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

Los sitios de muestreo se establecieron en los terrenos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) en el año 2018, con coordenadas 19° 24' 43.13" N y 96° 21' 32.61" O. El clima del sitio de estudio se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger,



definido como cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura que oscila entre 24 y 26°C, y un rango de precipitación entre 1100 mm y 1300 mm.

Se establecieron tres áreas para el muestreo de fauna edáfica, suelo con pasto, suelo con sistema silvopastoril y con acahual (como testigo): 1) El área con pasto mombasa tiene aproximadamente 10 años con el cultivo, anteriormente fue usado para caña de azúcar, se encuentra ubicada en las coordenadas 19° 25' 3.87" N y 96° 21' 7.85" O, a una elevación de 12 msnm; en este sistema se estableció un polígono de muestreo de 1.58 hectáreas; 2) El suelo bajo el sistema silvopastoril se encuentra ubicada en las coordenadas 19° 25' 7.94" N y 96° 21' 9.43" O, a una elevación de 11 msnm. En esta área se estableció un polígono de muestreo de 1.08 hectáreas. Esta área cuenta con las especies Morera (*Morus alba*), Colorín (*Erythrina americana*), Bambú (*Bambusa vulgaris*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Mulato (*Bursera simaruba*) y Cocuite (*Gliricidia sepium*) y 3) El área de acahual que se encuentra ubicado en las coordenadas 19° 25' 6.17" N y 96° 20' 53.87" O, a una elevación de 24 msnm, con un polígono de muestreo de 1.44 hectáreas, esta área presenta una vegetación de selva baja caducifolia, relacionada a las zonas costeras donde se pueden encontrar Cocuite (*Gliricidia sepium*), Nacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), Jilote (*Bursera simaruba*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Huizache (*Acacia cochliacantha*), Palma de coyol (*Acrocomia aculeata*), Capulín (*Karwinskia humboldtiana*), Guaje (*Lysiloma divaricatum*), entre otros, así como varias especies herbáceas, arbustivas, orquídeas y hongos *Basidiomycota*.

### **Muestreo de fauna edáfica**

En cada una de las áreas de uso de suelo los muestreos se realizaron durante dos meses (agosto y septiembre) durante el periodo de lluvias, realizándose tres muestreos por mes. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de  $\approx 50 \text{ m}^2$ . En cada parcela se estableció un transecto de  $\approx 50 \text{ m}$ , donde se colocaron 5 trampas de caída para artrópodos terrestres con una separación de un metro en un arreglo de zigzag a cada lado del transecto a una distancia de 5 m, dando un total de 10 trampas por uso de suelo. Las trampas fueron elaboradas con



envases de plástico de un 1 L, enterrados a ras de suelo y con agua en el interior para que los artrópodos quedaran atrapados. Las trampas se cebaron con atún como atrayente embarrando las paredes de los envases. Las trampas se mantuvieron en campo durante tres días, colocadas una semana si y una no, durante los dos meses de muestreo.

### **Colecta y procesamiento de organismos**

Las trampas de caída se desenterraron para vaciar su contenido en bolsas de plástico, previamente etiquetadas con los datos del área, número de trampa y fecha. Posteriormente las bolsas de plástico se llevaron al Laboratorio de Entomología del ITUG para la extracción de los contenidos a través de un colador. Los organismos colectados fueron depositados en frascos de vidrio con alcohol al 70% y etiquetados con los datos de la trampa. Posteriormente, los organismos fueron colocados en cajas de petri y con la ayuda de un microscopio estereoscópico, pinceles, agujas y pinzas entomológicas fueron separados y contabilizados por morfoespecie. Los organismos se identificaron a nivel de órdenes, subclases, clases y algunas familias taxonómicas utilizando las claves de Triplehorn y Johnson (2015).

### **Análisis de datos**

Se calculó la abundancia con el número de organismos de cada morfoespecie, la riqueza con el número de morfoespecies, la diversidad con el índice de Shannon-Wiener (H'), la equidad con el índice de Pielou (J'), utilizando el programa *EstimateS* versión 8.2.0. Se realizó un análisis de correspondencia (AC) para asociar las especies de fauna edáfica con los usos de suelo. Se realizó una estadística descriptiva a los datos para comparar los usos de suelo en relación a la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de la fauna edáfica, utilizando el  $\bar{X} \pm E.E.$

### **Resultados y discusión**

Se registraron 28 morfoespecies de organismos pertenecientes a las Clases *Hexapoda* (insectos), *Arachnida* (arácnidos y ácaros), *Diplopoda* (milpiés),





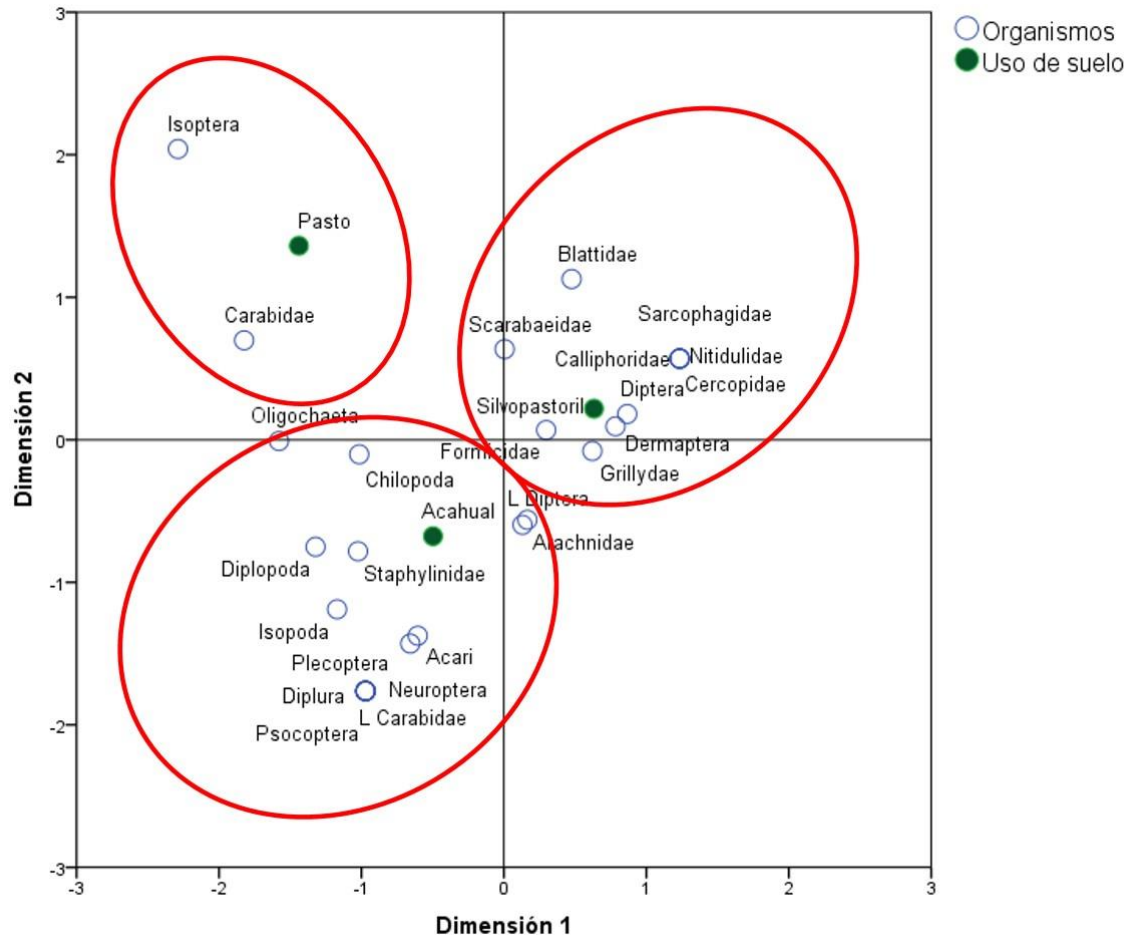
*Chilopoda* (ciempiés) y *Clitellata* (lombrices de tierra). Se identificaron las subclases *Acari* y *Oligochaeta*. Se identificaron 10 morfoespecies a nivel de órdenes y 14 a nivel de familias de insectos. La familia *Formicidae* (hormigas) presentó la mayor abundancia de organismos en todos los usos de suelo, destacándose en el de silvopastoril. El orden *Isoptera* (termitas) abundó más en el uso de suelo con pasto y los *Oligochaeta* (lombrices) y *Acari* (ácaros) en suelo con acahual. Se colectaron un total de 2,705 organismos de los cuales 1,420 se colectaron en silvopastoril, 1,012 en suelo con acahual y 230 en suelo con pasto. La mayor riqueza, diversidad y equidad la registró en el suelo con acahual, seguido del suelo con silvopastoril para riqueza y con pasto para diversidad y equidad (Cuadro 1).

El análisis de correspondencia resultó significativo entre los usos de suelo y las morfoespecies ( $\chi^2=1108.86, p=0.0001$ ). La mayor cantidad de morfoespecies se asoció a los suelos con acahual y silvopastoril, sólo los *Isoptera* (termitas) y *Carabidae* (escarabajos) se asociaron al suelo con pasto (Figura 1). La mayor asociación de las termitas y escarabajos al uso de suelo con pasto puede deberse a que este cultivo alberga una mayor cantidad de raíces asociadas a las termitas, que incluso pueden llegar a ser plagas para los pastos, y los escarabajos se asocian frecuentemente al estiércol del ganado, por lo tanto, son muy comunes en los suelos con pasto o con mucha actividad ganadera. Así mismo, estos resultados están influenciados por la menor diversidad de plantas, pisoteo del ganado, compactación y erosión del suelo (Martínez *et al.*, 2014). Sin embargo, estas condiciones pueden proporcionar hábitats adecuados para grupos específicos de macrofauna del suelo, como los escarabajos, los cuales estuvieron más asociados a pasto que al acahual y silvopastoril (Figura 1).



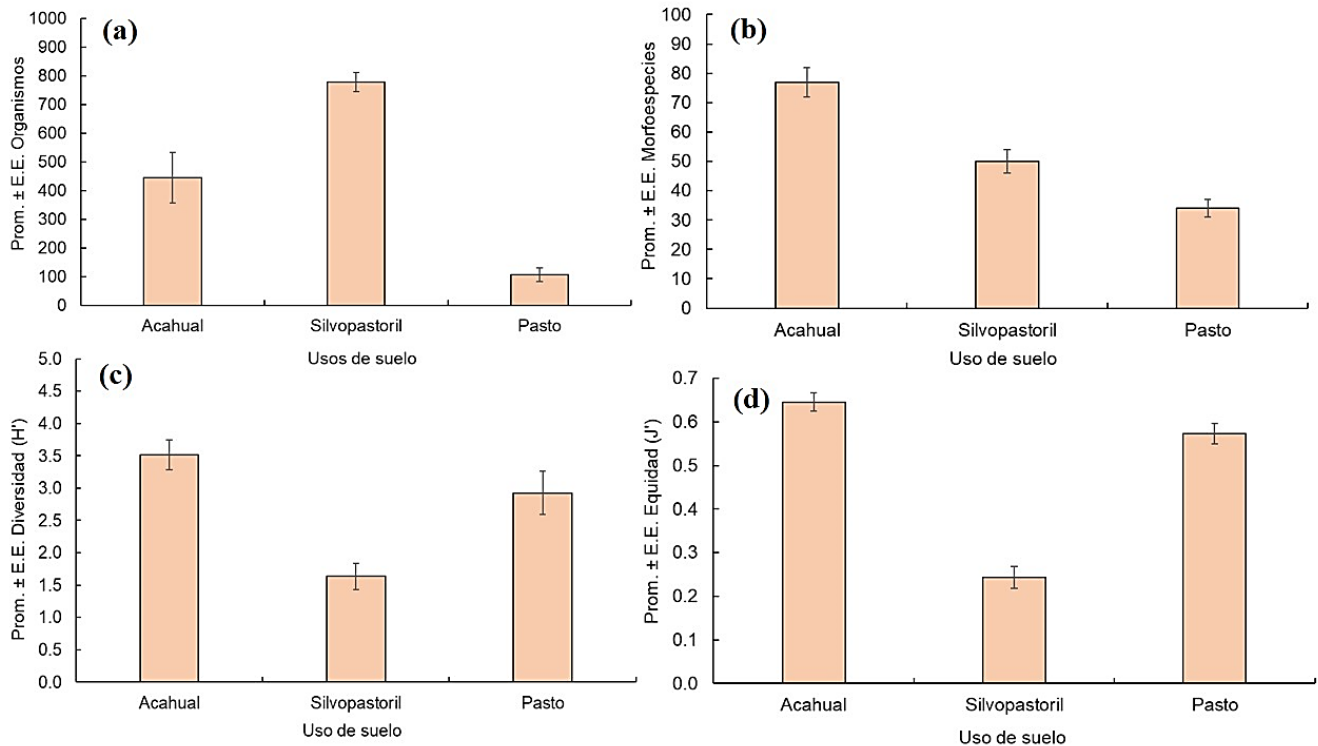
**Cuadro 1. Morfoespecies, categoría taxonómica, abundancia, riqueza, diversidad y equidad, registradas en cada uno de los usos de suelo en el área de estudio.**

Organismo	Cat. taxonómica	Acahual	Silvopastoril	Pasto
Acari	Subclase	65	13	0
Araneae	Orden	16	17	0
Blattidae	Familia	0	13	3
Calliphoridae	Familia	0	5	0
Carabidae	Familia	22	0	19
Cercopidae	Familia	0	3	0
Chilopoda	Clase	10	3	4
Dermaptera	Orden	10	39	0
Diplopoda	Clase	28	0	4
Diplura	Orden	31	0	0
Diptera	Orden	4	20	0
Elateridae	Familia	14	0	0
Formicidae	Familia	566	1187	127
Gelastocoridae	Familia	15	0	0
Grillydae	Familia	10	26	0
Isopoda	Orden	34	0	4
Isoptera	Orden	23	0	58
Larva de Carabidae	Familia	9	0	9
Larva diptera	Orden	7	7	0
Neuroptera	Orden	9	0	0
Nitidulidae	Familia	0	24	0
Oligochaeta	Subclase	73	0	36
Plecoptera	Orden	18	3	0
Psocoptera	Orden	14	0	0
Sarcophagidae	Familia	0	4	0
Scarabaeidae	Familia	18	51	6
Staphylinidae	Familia	16	2	3
Vespidae	Familia	0	3	0
Abundancia		1012	1420	273
Riqueza		23	17	11
Diversidad H'		1.93	0.83	1.62
Equidad J'		0.57	0.24	0.48



**Figura 1. Análisis de correspondencia simple donde se asocian las morfoespecies con los usos de suelo.**

De acuerdo a la estadística descriptiva, hubo diferencias significativas entre los usos de suelo al comparar la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de la fauna edáfica (Figura 2). El mayor promedio de organismos se registró en el uso de suelo con silvopastoril ( $777.5 \pm 33.5$ ), seguido de acahual y pasto, siendo significativamente diferentes en abundancia los tres usos de suelo (Figura 2a). En riqueza de morfoespecies, el suelo con acahual tuvo el mayor promedio ( $77 \pm 5$ ), seguido de silvopastoril y pasto (Figura 2b). La mayor diversidad y equidad de organismos en promedio se registró en el suelo con acahual ( $3.5 \pm 0.23$  y  $0.64 \pm 0.02$ , respectivamente), seguido del suelo con pasto y por último el silvopastoril (Figura 2c y d).



**Figura 2. Promedio  $\pm$  E.E. de (a) abundancia, (b) riqueza, (c) diversidad y (d) equidad de fauna edáfica en cada uno de los usos de suelo.**

Como era de esperarse, los suelos con acahual fueron muy diversos en los grupos de fauna edáfica y tuvo la mayor diversidad y equidad de organismos, lo que sugiere un mayor complemento de grupos y funciones ecológicas en comparación con los suelos con silvopastoril y pasto. Las hormigas fue el grupo más abundante en los tres usos de suelo, éstas desempeñan un papel clave en la función de los ecosistemas tropicales (Rojas, 2001; Lavelle *et al.*, 2006), por ejemplo, mediante la formación y estabilización de la estructura de los suelos muy degradados (Ayuke *et al.*, 2011). Contrariamente a lo que se ha reportado en algunos trabajos (Benito *et al.*, 2004; Decaens *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2016), la conversión de uso de suelo con vegetación nativa a pasto, tendría un impacto negativo en la diversidad de la fauna del suelo, como lo confirman los resultados del presente trabajo (Figura 1). Los valores más bajos de diversidad y equidad en el sistema silvopastoril, indican el nivel de degradación del suelo, debido probablemente a un mal manejo del mismo. Estos resultados están influenciados por la menor diversidad de plantas, compactación y





erosión del suelo, que son características de un suelo con mal manejo (Martínez *et al.*, 2014). Sin embargo, estas condiciones pueden proporcionar hábitats adecuados para grupos específicos de macrofauna del suelo, como los *formícidos*, *dermápteros*, *dípteros*, *cercopidos*, *nitulidos*, *grillidos*, etc., los cuales fueron más abundantes en silvopastoril que en acahual y pasto (Figura 1), como se ha demostrado en otros trabajos (Benito *et al.*, 2004; Decaens *et al.*, 2004). Por otro lado, los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los de Cabrera *et al.* (2019) y Murillo *et al.* (2019), en cuanto a que el uso del suelo con pasto afectó la diversidad de fauna edáfica en comparación a un acahual.

## Conclusiones

A pesar que la actividad ganadera en el municipio de Úrsulo Galván se tiene considerada como un factor que potencializa la pérdida de biodiversidad, debido a las prácticas intensivas del suelo y a la reducción de áreas de acahual por sistemas de pastos y silvopastoril, los resultados indican que el suelo con pasto afectó menos la biodiversidad de la meso y macrofauna edáfica, en comparación al suelo con silvopastoril en la región de estudio, probablemente por condiciones físicas del suelo más que por el sistema de producción. Acorde con los resultados, el sistema silvopastoril debe mejorar sus suelos para que permitan conservar la biodiversidad de los mismos, ya que hubo un mayor impacto negativo de este sistema sobre la fauna edáfica en comparación al cultivo de pasto.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por financiar el trabajo a través del proyecto con clave 6218.19-P. A los estudiantes de Licenciatura en Biología del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por el apoyo en el trabajo de campo y procesamiento de muestras.



## Literatura citada

- Ayuke, F. O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D. K. Lelei, C. N. Kibunja y M. M. Pulleman. 2011. Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. *Applied Soil Ecology*. 48: 53-62.
- Bedano, J. C., M. P. Cantu y M. E. Doucet. 2006a. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. *Applied Soil Ecology*. 32: 293-304.
- Bedano, J. C., M. P. Cantu y M. E. Doucet. 2006b. Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*. 42: 107-119.
- Benito, N. P., M. Brossard, A. Pasini, M. D. Guimaraes y B. Bobillier. 2004. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *European Journal of Soil Biology*. 40: 147-154.
- Cabrera-Mireles, H., F. D. Murillo-Cuevas, J. Adame-Gracia y J. A. Fernández-Viveros. 2019. Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 33-43.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 35: 349-364.
- Cabrera, G., N. Robaina y D. Ponce de León. 2011. Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34: 313-330.
- Cabrera, J. A. y R. Zuaznabar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. *Cultivos Tropicales*. 31: 5-13.
- Chanatásig-Vaca, C. I., H. E. Lwanga, F. P. Rojas, A. Ponce-Mendoza, V. J. Mendoza, R. A. Morón, H. Van der Wal y B. B. Dzib-Castillo. 2011. Effect of soil use in ants (Formicidae: Hymenoptera) in Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*. (n. s.) 27: 441-461.



- Decaens, T., J. J. Jimenez, E. Barros, A. Chauvel, E. Blanchart, C. Fragoso y P. Lavelle. 2004. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103: 301-312.
- Desiree, J. I., A. V. Pita, V. D. H. Floor y P. C. F Andre. 2014. Biodiversity impacts of bioenergy crop production: a state-of-the-art review. *Glob Change Biol Bioenergy*. 6: 183-209.
- Eeva, T. y R. Penttinen. 2009. Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution. *Science of the Total Environment*. 407: 4771-4776.
- Franco, A. L. C., M. L. C. Bartz, M. R. Cherubin, D. Baretta, C. E. P. Cerri, B. J. Feigl, D. H. Wall, C. A. Davies y C. C. Cerri. 2016. Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*. 563-564: 160-168.
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2016. Capitulo IV. Economía fuerte para el progreso de la gente. Apartado IV.2 Desarrollo Agropecuario: detonador del crecimiento. Plan Veracruzano de Desarrollo. pp. 128-133. <http://www.invedem.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/26/2014/03/tf07-pvdact-real-pnd-plan-mpales.pdf>.
- Gutiérrez, A. I., S. Uribe y J. A. Quiroz. 2004. Termitas asociadas a plantaciones de Eucalyptus spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 72: 54-59.
- Hurtado, H. Y., D. A. Manga y P. A. Sepúlveda-Cano. 2017. Registro de termitas (Isoptera) asociadas a cultivos de mango (*Mangifera indica*) en el departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Intropical* 12: 109-115.
- Laffont, E. R. y E. A. Porcel. 2007. Diversidad de termitas (Isoptera) en pastizales del nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*. 33: 82-85.
- Lang-Ovalle, P. F., A. Pérez-Vázquez, J. P. Martínez-Dávila, D. E. Platas-Rosado, L. A. Ojeda-Enciso y I. J. González-Acuña. 2011. Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. *Terra Latinoamerica*. 29: 169-177.
- Lavelle, P., B. Senapati y E. Barros. 2003. Soil macrofauna. *In*: Schroth, G., F. L. Sinclair (eds.). *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods*. CABF Publishing, UK. pp. 303.



- Martínez, J., Y. S. Cajas, J. D. León y N. W. Osorio. 2014. Silvopastoral systems enhance soil quality in grasslands of Colombia. *Applied and Environmental Soil Science*. (359736): 1-8.
- Méndez, M. J. T. y M. A. Equihua. 2001. Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, Isoptera). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 1:173-187.
- Momo, F. R., L. B. Falco y E. B. Craig. 2003. Las lombrices de tierra como indicadoras del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 8: 55-63.
- Moore, J. C., E. L. Berlow, D. C. Coleman, P. C. Ruitter, Q. Dong, A. Hastings, N. C. Johnson, K. S. Mccann, K. Melville, P. J. Morin, K. Nadelhoffer, A. D. Rosemond, D. M. Post, J. L. Sabo, K. M. Scow, M. J. Vanni y D. H. Wall. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters*. 7: 584-600.
- Murillo-Cuevas, F. D., J. Adame-García, H. Cabrera-Mireles y J. A. Fernández-Viveros. 2019. Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6 (16): 23-33.
- Rojas, F. P. 2001. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 1: 189-238.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2018). Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria, año 2002. SAGARPA. México. [http://infosiap.siap.gob.mx/apecuaria\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/apecuaria_siap_gb/icultivo/index.jsp).
- Stechauner, R. R. y M. R. Madriñán. 2013. Interacción macrofauna-microbiota: Efectos de la transformación de residuos de cosecha sobre la actividad de  $\beta$ -glucosidasa edáfica. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11: 184-195.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2015. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 p.
- Zerbino, M. S., N. Altier, A. Morón y C. Rodríguez. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*. 12: 44-55.





## FAUNA EDÁFICA EN UN SISTEMA MONOCULTIVO Y DIVERSIFICADO DE LIMÓN PERSA EN ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ

Ángeles Daniela Anell Santamaría<sup>26</sup>, Jacel Adame García<sup>26\*</sup>, Félix D. Murillo Cuevas<sup>26</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>27</sup> y Sara Márquez Bueno<sup>26</sup>

### Resumen

El estado de Veracruz se encuentra dentro de los primeros lugares a nivel nacional en la producción de cítricos bajo el sistema de monocultivo. Dicho sistema provoca la explotación irracional de los recursos naturales, problemas de comercialización y baja rentabilidad, debido a la sobreproducción de un solo producto. Ante esta situación, los productores han intercalado otros cultivos en el monocultivo del limón persa, buscando alternativas de agroecosistemas más saludables. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de suelo sobre la fauna edáfica, en dos sistemas de producción: limón persa en monocultivo y limón persa diversificado con cacao y plátano. El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. Dentro de cada parcela (sistema) se establecieron dos polígonos de 10 m<sup>2</sup> con dos puntos de muestreo al azar para la extracción de organismos del suelo, utilizando un cuadrante de 25 x 25 cm para tomar una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 15 cm. Las hormigas (familia Formicidae) y las termitas (orden Isoptera) fueron los organismos más abundantes del suelo, con una mayor abundancia de las primeras en el sistema de monocultivo y de las segundas en el sistema diversificado. Otro grupo importante fueron las lombrices (subclase Oligochaeta) que fueron más abundantes en el suelo de la parcela diversificada. Los escarabajos, ciempiés, milpiés y cochinillas de tierra fueron más abundantes en el sistema diversificado. Hubo diferencias estadísticas entre las parcelas, registrándose en promedio una mayor diversidad (1.86) y equidad (0.76) de organismos en la parcela diversificada.

<sup>26</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván.

<sup>27</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Cotaxtla.

\*dra.adame.garcia@gmail.com



La abundancia y riqueza promedio de organismos no registraron diferencias significativas entre las parcelas.

**Palabras clave:** diversidad biológica, policultivo, fauna del suelo, artrópodos edáficos

## Introducción

El estado de Veracruz cuenta con un gran potencial productivo en su territorio, con una superficie agrícola de 1,509,352 ha, de las cuales 1,376,404 se cultivan en la modalidad de temporal y 132,948 ha en la modalidad de riego, sembrándose en el estado alrededor de 100 cultivos (SIAP, 2018). Veracruz se encuentra en los primeros lugares a nivel nacional en la producción de cítricos, plátano, café, caña de azúcar, vainilla, mango manila, entre otros, predominantemente bajo el sistema de monocultivo. Los sistemas de producción de monocultivo intensivos provocan la explotación irracional de los recursos naturales y el empobrecimiento cada vez más acentuado de los pequeños productores (Robles, 2011; Cruz *et al.*, 2016). Este tipo de sistemas ha traído consigo graves problemas de comercialización y baja rentabilidad, debido a la sobreproducción de un solo producto (Cruz *et al.*, 2016); así como problemas ambientales y de plagas agrícolas (Altieri y Nicholls, 2004; Altieri *et al.*, 2007). Ante esta situación, los productores han tenido que desarrollar algunos de los cultivos intercalándolos con otros (Altieri y Nicholls, 2004; Jiménez, 2007; Collantes *et al.*, 2015; Padilla *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2014; 2015; 2016), buscando alternativas para desarrollar agroecosistemas más sostenibles (Altieri *et al.*, 2005; Altieri *et al.*, 2007), que se refleje en la salud de los cultivos y de los suelos (Landis *et al.*, 2000; Magdoff y Van, 2000; Morales *et al.*, 2001; Nicholls *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2004; Altieri *et al.*, 2007).

En las regiones tropicales es donde más se requieren los sistemas novedosos de producción, ya que la precipitación abundante y las altas temperaturas promueven la competencia de malezas, los brotes de plagas y la lixiviación de nutrientes que



enfrentan constantemente las grandes plantaciones y los monocultivos anuales que cubren grandes extensiones de los Trópicos (Altieri y Nicholls, 2004). En las regiones tropicales la agricultura está muy mecanizada, lo cual conlleva la simplificación de la estructura ambiental de grandes extensiones, donde se reemplaza la diversidad natural por un número reducido de plantas cultivadas (Cabrera *et al.*, 2009a; Murillo *et al.*, 2009). Algunos autores han advertido de la extrema vulnerabilidad asociada con la uniformidad genética, afirmando que la simplificación ecológica en la agricultura está estrechamente relacionada con los ataques de plagas (Castillo *et al.*, 2004; Altieri *et al.*, 2007) y pérdida de biodiversidad del suelo (Lang *et al.*, 2011; Franco *et al.*, 2016; Cabrera *et al.*, 2009b; Murillo *et al.*, 2009), ya que en estos cultivos se aplican grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, afectando gravemente el medio ambiente y la salud pública.

La macrofauna del suelo es diversa, abundante y multifuncional (Franco *et al.*, 2016); las hormigas, termitas, escarabajos, arañas, y otros grupos menos conocidos son abundantes e importantes para el funcionamiento del suelo, los cuales influyen en los procesos de descomposición y mineralización de nutrientes (Lang *et al.*, 2011, Franco *et al.*, 2016). La mesofauna es más abundante y diversa, siendo los ácaros y colémbolos los más importantes por su abundancia, diversidad y función en el suelo, además de que son indicadores ecológicos por su gran aptitud para la especiación, ciclos de vida corto y poca dispersión de las especies (Eeva y Penttinen, 2009). La fauna edáfica se utiliza como bioindicadores de la calidad del suelo y para determinar el grado de recuperación o degradación del mismo (Pascual *et al.*, 2018). Se tienen antecedentes en cultivos de mango manila, caña de azúcar y pasto (Lang *et al.*, 2011; Franco *et al.*, 2016; Cabrera *et al.*, 2009a; 2009b; Murillo *et al.*, 2009), pero es poco lo que se sabe en relación a los suelos bajo el sistema con limón persa. De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso del suelo bajo los sistemas de producción de limón persa en monocultivo y diversificado con cacao y plátano, sobre artrópodos edáficos.



## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El presente trabajo se llevó a cabo en los meses de agosto-septiembre de 2018 en el área productiva de limón persa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz, con coordenadas 19° 24' 43.13" N y 96° 21' 32.45" O. Dentro del área se establecieron dos parcelas de estudio: 1) limón persa (*Citrus latifolia* T.) con cinco años de establecido en monocultivo y; 2) limón persa bajo el sistema diversificado cacao (*Theobroma cacao* L.) y plátano (*Musa* sp.), con dos años de haberse intercalado entre el limón.

### **Muestreo de organismos**

Dentro de cada parcela se establecieron dos polígonos de 10 m<sup>2</sup> con dos puntos de muestreo al azar para la extracción de organismos del suelo, utilizando un cuadrante con medidas de 25 x 25 cm para tomar una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 15 cm. Se extrajo el suelo y se colocó en una bolsa de plástico etiquetada con los datos de la muestra. Los muestreos se hicieron en la época de lluvias.

### **Procesamiento de muestras**

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Entomología del Tecnológico de Úrsulo Galván. La extracción de los organismos del suelo fue realizada de forma manual y de manera directa utilizando charolas de plástico, pinzas entomológicas, pinceles, lupas y lentes de aumento, colectándolos directamente de las muestras de suelo. Los organismos extraídos se mantuvieron almacenados en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación y conteo con microscopio estereoscópico. Los organismos se identificaron a nivel de órdenes, clases, subclases y algunas familias taxonómicas, utilizando las claves de Triplehorn y Johnson (2015).





## Análisis de datos

Se calculó la abundancia con el número de organismos por morfoespecie, la riqueza con el número de morfoespecies, la diversidad de organismos con el índice de Shannon-Wiener y la equidad con el índice de Pielou (J'), utilizando el programa EstimateS versión 8.2.0. Se realizó un análisis estadístico no paramétrico de Wilcoxon para comparar las parcelas utilizando el programa InfoStat versión 2013.

## Resultados y discusión

La información del Cuadro 1 muestra que se colectaron un total de 1,765 organismos edáficos, de los cuales 826 correspondieron a la parcela diversificada y 939 a la de la parcela en monocultivo. La mayor riqueza, diversidad y equidad de organismos se registró en el suelo de la parcela diversificada. La baja equidad registrada en la parcela en monocultivo (0.37), indica que es un sistema altamente perturbado, lo cual se corrobora con su baja diversidad en relación a la huerta diversificada. El suelo de la parcela diversificada fue más diverso en los grupos de fauna edáfica, lo que sugiere un mayor complemento de grupos y funciones ecológicas en comparación al suelo de la parcela en monocultivo, lo que indica que la diversidad de plantas contribuye a mejorar la biodiversidad, como lo indican otros trabajos de (Landis *et al.*, 2000; Rice y Greenberg, 2000; Altieri *et al.*, 2005; Altieri *et al.*, 2007; Götz y Harvey, 2007).

Las hormigas (familia Formicidae) y las termitas (orden Isoptera) fueron los organismos más abundantes del suelo, con una mayor abundancia de las primeras en la parcela en monocultivo y de las segundas en la parcela diversificada. Estos organismos son muy abundantes en los suelos tropicales, sin perturbar y agrícolas, registrándose un patrón similar a lo reportado en otros trabajos (Silva *et al.*, 2007; Cabrera *et al.*, 2011; Cabrera *et al.*, 2009a; Murillo *et al.*, 2009).



**Cuadro 1. Abundancia, riqueza, diversidad y equidad de morfoespecies de fauna edáfica, colectados en una parcela diversificada y en monocultivo de limón persa. Úrsulo Galván, Veracruz.**

Organismo	Diversificada	Monocultivo
Acari	18	0
Araneae	17	21
Blattidae	15	4
Byrrhidae	3	1
Carabidae	23	16
Chilopoda	26	3
Colembola	3	0
Cryptophagidae	21	4
Diplopoda	52	21
Elateridae	17	9
Formicidae	269	628
Gelastocoridae	2	1
Gryllidae	3	2
Isopoda	58	21
Isoptera	194	183
Lathridiidae	3	1
Oligochaeta	61	21
Psocoptera	2	0
Reduviidae	3	0
Scarabaeidae	22	0
Staphylinidae	12	3
Syrphidae	2	0
Abundancia	826	939
Riqueza	22	16
Diversidad	2.18	1.16
Equidad	0.70	0.37

Otro grupo importante fueron las lombrices (subclase Oligochaeta) que fueron más abundantes en el suelo de la parcela diversificada. Hormigas y lombrices desempeñan un papel clave en la función de los ecosistemas tropicales (Rojas, 2001; Momo *et al.*, 2003; Lavelle *et al.*, 2006) mediante la formación y estabilización de la estructura de los suelos muy degradados, entre otras (Ayuke *et al.*, 2011). Los escarabajos (familias Carabidae, Cryptophagidae, Elateridae y Scarabaeidae), ciempiés (clase Chilopoda), milpiés (clase Diplopoda) y cochinillas de tierra (orden Isopoda) fueron más abundantes en el suelo de la parcela diversificada. Esta abundancia se debe probablemente a las características del cultivo en sistema



diversificado, ya que se ha reportado que la diversidad de especies vegetales presenta una mayor estabilidad poblacional de fauna edáfica con respecto a un monocultivo, dado que los organismos se encuentran mayormente adaptados a ambientes diversos (Altieri *et al.*, 2004; Lavelle *et al.*, 2006; Götz y Harvey, 2007; Cabrera *et al.*, 2011). La abundancia de estos organismos en el suelo de la huerta diversificada, puede tener impactos positivos en la estabilidad estructural del suelo, ya que estos organismos tienen la capacidad de moverse a través del suelo y construir estructuras biogénicas estables en propiedades físicas, químicas y microbiológicas específicas (Jouquet *et al.*, 2006).

El análisis estadístico de Wilcoxon comprobó que hubo diferencias estadísticas entre las parcelas, registrándose en promedio una mayor diversidad (1.86) y equidad (0.76) de organismos en la parcela diversificada (Cuadro 2). La abundancia y riqueza promedio de organismos no registraron diferencias significativas entre las parcelas. Es probable que la diversidad de plantas, las cuales tienen un efecto sobre las condiciones del suelo y el impacto del monocultivo en el suelo pueden explicar esta asociación. A pesar de la rentabilidad de algunos cultivos como el limón persa en parcelas de monocultivo, los resultados llaman la atención sobre una pérdida significativa de biodiversidad edáfica debido a este sistema de producción. Es necesario rediseñar los sistemas de monocultivo a sistemas más amigables con el ambiente, tales como los policultivos o huertas diversificadas, que son formas más sustentables de agricultura y de la conservación de la calidad del suelo (Landis *et al.*, 200; Altieri *et al.*, 2004; Ayuke *et al.*, 2011; Padilla *et al.*, 2015).

**Cuadro 2. Resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras independientes.**

Variable	Grupo	Grupo	n (1)	n (2)	Media1	Media2	D.E.1	D.E.2	W	p
Abundancia	1	2	6	6	137.3	156.5	65.1	79.6	38.0	0.9372
Diversidad	1	2	6	6	1.86	1.07	0.24	0.20	57.0	0.0022
Riqueza	1	2	6	6	11.7	9.7	1.86	1.37	51.0	0.0671
Equidad	1	2	6	6	0.76	0.74	0.07	0.07	57.0	0.0022

Grupo 1= Huerta diversificada, Grupo 2= Huerta en monocultivo, n= número de muestras, D.E.= Desviación Estándar, W= Valor de Wilcoxon y p= probabilidad (2 colas).

El cultivo de limón persa es una de las actividades productivas más importantes que depende de prácticas agrícolas intensivas que pueden afectar la biodiversidad del



suelo. Es necesario realizar más investigaciones para vincular las respuestas de la fauna edáfica con el manejo del cultivo y relacionarlos con otros indicadores de calidad del suelo, con la finalidad de evaluar prácticas de manejo que puedan minimizar cada vez más los posibles efectos perjudiciales del cultivo sobre la biota del suelo.

## Conclusiones

El uso del suelo con limón persa en monocultivo, impactó negativamente la diversidad y equidad de la fauna edáfica, en comparación con un sistema diversificado del cultivo. La abundancia y riqueza de la fauna edáfica se mantuvo sin diferencias significativas entre la parcela diversificada y en monocultivo, lo que indica que la parcela en monocultivo no afectó negativamente a la abundancia y riqueza de los organismos.

## Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México por financiar el trabajo a través del proyecto Institucional con clave 6218.19-P. Al Tecnológico de Úrsulo Galván por apoyar con sus áreas productivas. A los estudiantes del octavo semestre de la Licenciatura en Biología, por el apoyo en el trabajo de campo y procesamiento de muestras.

## Literatura citada

- Altieri, M. A., L. Ponti y C. I. Nicholls. 2007. El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. *LEISA Revista agroecológica*. 22(4): 9-12.
- Altieri, M. A., L. Ponti y C. I. Nicholls, 2005. Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *Journal of Biodiversity Science and Management*. 1: 191-203.





- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2004. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. No. 73: 8-20.
- Ayuke, F. O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D. K. Lelei, C. N. Kibunja y M. M. Pulleman. 2011. Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. *Applied Soil Ecology*. 48: 53-62.
- Cabrera-Mireles, H., F. D. Murillo-Cuevas, J. Adame-Gracia y J. A. Fernández-Viveros. 2019a. Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 33-43.
- Cabrera-Mireles, H., F. D. Murillo-Cuevas, Juan. A. Villanueva-Jiménez y J. Adame-Gracia. 2019b. Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6 (17): 231-241.
- Cabrera, G., N. Robaina y D. Ponce de León. 2011. Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34: 313-330.
- Castillo M. J. A., J. A. Villanueva-Jiménez y L. D. Ortega A. 2004. Capacitación de productores en investigación-acción: estudio de caso del control biológico del minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton) en agroecosistemas de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 4: 15-20.
- Collantes, G. R., A. Rodríguez B. y M. Canto S. 2015. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*. 8 (1): 33-44.
- Cruz, A. R., J. A. Leos R., M. Uribe G. y R. Rendón M. 2016. Evaluación financiera y socioeconómica del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos en Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Núm. 16:3287-3299.
- Cruz, A. R., R. J. A. Leos, G. M. Uribe y M. R. Rendón. 2015. Tipología de Unidades de Producción Familiar del Sistema Agroforestal Tradicional Café-Plátano-Cítricos. En el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18(3):323-334.



- Cruz, A. R., R. J. A. Leos, G. M. Uribe y M. R. Rendón. 2014. Evaluación socioeconómica del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos. El Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17(2): 315-319.
- Eeva, T. y R. Penttinen. 2009. Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution. *Science of the Total Environment* 407: 4771-4776.
- Franco, A. L. C., M. L. C. Bartz, M. R. Cherubin, D. Baretta, C. E. P. Cerri, B. J. Feigl, D. H. Wall, C. A. Davies y C. C. Cerri. 2016. Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*. 563-564: 160-168.
- Götz, S. y Harvey, C. A. 2007. Biodiversity conservation in cocoa production landscape: an overview. *Biod. Conserv.* 16: 2237-2244.
- Jiménez, W. 2007. Huertos mixtos en la economía familiar en fincas del noratlántico de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop. J. Environ. Sci.)*. Vol. 33 (1): 33-39.
- Jouquet, P., J. Dauber, J. Lagerlof, P. Lavelle y M. Lepage. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology* 32: 153-164.
- Lang-Ovalle, P. F., A. Pérez-Vázquez, J. P. Martínez-Dávila, D. E. Platas-Rosado, L. A. Ojeda-Enciso y I. J. González-Acuña. 2011. Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. *Terra Latinoamerica*. 29: 169-177.
- Landis, D. A., S. D. Wratten y G. M. Gurr, 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*. 45:175-201.
- Lavelle, P., T. Decaens, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora y J. P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42: S3-S15.
- Magdoff, F. y H. Van E. 2000. Building soils for better crops. Beltsville, MD, US, Sustainable Agriculture Networks. p.230.
- Momo, F. R., L. B. Falco y E. B. Craig. 2003. Las lombrices de tierra como indicadores del deterioro del suelo. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 8: 55-63.



- Morales, H, I Perfecto y B. Ferguson. 2001. Traditional soil fertilization and its impact on insect populations in corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 84:145-155.
- Murillo-Cuevas, F. D., J. Adame-García, H. Cabrera-Mireles y J. A. Fernández-Viveros. 2019. Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6 (16): 23-33.
- Nicholls, C. I., M. Parrella y M. A. Altieri. 2000. Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomology*. 2: 107-113.
- Padilla-Vega, J., J. J. Jiménez O. y H. Estrada M. 2015. Análisis de la estructura vegetal de huertas frutícolas del sur de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6 (7): 1443-1454.
- Pascual-Córdova, G., J. J. Obrador-Olán, E. Carrillo-Ávila, E. García-López, S. Sánchez-Soto, A. Guerrero-Peña, *et al.* 2018. Indicadores de calidad del suelo en el agroecosistema caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Revista Facultad de Agronomía*. 35: 1-25.
- Rice, R. A. and R. Greenberg. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*. 29:167-173.
- Robles, B. H. M. 2011. Los productores de café en México: problemática y ejercicio del presupuesto. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 223 pp.
- Rojas, F. P. 2001. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 1: 189-238.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2018. SAGARPA. México [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp) Consultado 12 de agosto de 2018.
- Silva, R., M. Tomazi, C. R. Pezarico, A. M. Aquino y F. M. Mercante. 2007. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42: 865-871.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. Reimpresión 2005. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 P.



## CONTENIDO DE ACEITE Y MORFOMETRIA DE FRUTOS DE PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* (L.) MERR.)

José Amador Honorato Salazar<sup>28\*</sup>, José de Jesús Mario Ramírez González<sup>29</sup> y Jesús Santacruz Pérez<sup>28</sup>

### Resumen

El presente trabajo se realizó con los objetivos de cuantificar el contenido de aceite y determinar la morfometría de los frutos de pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merr.) de 20 genotipos seleccionados, para establecer si los frutos cumplen con las normas vigentes de calidad y proporcionar elementos cuantitativos para la selección de genotipos sobresalientes en contenido de aceite y tamaño de frutos. De cada genotipo seleccionado se obtuvieron tres muestras de 250 g de frutos verdes de pimienta, los cuales fueron secados a 25°C. Posteriormente se tomaron tres muestras de 5 g de frutos secos, para después medir con un vernier digital el diámetro ecuatorial y el largo de cada uno de los frutos. Con estas dimensiones se determinaron cuatro descriptores morfométricos: área proyectada (área), volumen, índice de redondez (IR) y relación de aspecto (RA). El contenido de aceite se determinó gravimétricamente con frutos secos molidos y tamizados en un equipo Soxhlet Büchi E-816 SOX usando hexano como solvente, realizando tres determinaciones por genotipo. Los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza seguido de una comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Se realizó también un análisis de agrupamiento, con el fin de reunir genotipos con características similares. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre genotipos para cada una de las variables medidas. Los valores promedio generales de los frutos fueron de  $4.89 \pm 0.77\%$  para el contenido de aceite,  $7.16 \pm 0.96$

<sup>28</sup> INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental San Martinito, km 56.5, Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla.

<sup>29</sup> INIFAP. CIRGOC. Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 9.5, Carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, Méx. \*honorato.amador@inifap.gob.mx





mm para el diámetro ecuatorial,  $8.10 \pm 1.10$  mm para el largo,  $46.21 \pm 11.75$  mm<sup>2</sup> para el área,  $227.51 \pm 86.38$  mm<sup>3</sup> para el volumen,  $0.88 \pm 0.07$  para el índice de redondez y  $1.14 \pm 0.09$  para la relación de aspecto. Los genotipos se agruparon en seis grupos con características similares de contenido de aceite, dimensiones y morfometría de los frutos. Los resultados obtenidos indican que todos los genotipos cumplen con las especificaciones de contenido de aceite y diámetro ecuatorial señaladas en las normas de calidad vigentes; sin embargo, destacan seis genotipos por su contenido de aceite mayor a 5.4%.

**Palabras clave:** Allspice, pimienta, especie, índice de redondez

## Introducción

La pimienta gorda (*Pimenta dioica* (L.) Merr.) es originaria de México, Centroamérica y las islas vecinas de El Caribe (Wisse, 2002). En el país se distribuye en la vertiente del Golfo de México, desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de la Península de Yucatán (Martínez *et al.*, 2013; CONABIO, 2018).

Los frutos secos de pimienta gorda, ya sea enteros o molidos, se usan como condimento en la industria de alimentos y en la cocción de éstos, razón por la cual ha aumentado su interés, debido a que los frutos contienen el sabor característico y el aroma de cuatros especies: el clavo, la nuez moscada, la canela y la pimienta, por lo cual también se le conoce como “toda especie” (“Allspice”) (Wisse, 2002).

A nivel mundial, el uso de los frutos como condimento doméstico es de 5 al 10% y la industria alimenticia usa entre el 65 y 75%, mientras que el aceite del fruto es del 20 al 25% (Wisse, 2002).

Se considera que la mejor calidad de pimienta gorda es la de Jamaica, por lo que las normas internacionales se basan en las características físico-químicas de la pimienta de ese país. El diámetro de frutos de la pimienta jamaicana es entre 6.5 y 9.5 mm con aproximadamente 13 frutos por gramo y un contenido de aceites esenciales de 3.5 a 4.5%, lo cual se refleja en su mayor valor por tonelada en el



mercado internacional (USAID, 2011; Gayle, 2013). Estas características hacen que la calidad de la pimienta de Jamaica sea superior que la de otros países productores. En el comercio internacional, la demanda de pimienta gorda ha crecido aproximadamente 3.5% anual, donde los principales productores a nivel mundial son México y Jamaica, seguido de Honduras y Guatemala (USAID, 2011). Anualmente México exporta el 95% de su producción (en promedio 7,259 t) a 30 países, siendo Estados Unidos, Europa y el Medio Oriente los mercados más importantes (Córdoba, 2017). A pesar de la importancia comercial, la pimienta gorda, prácticamente sigue siendo un producto de recolección en arboles aislados de traspatio, arboles delimitantes de terrenos y arboles silvestres. La superficie que indica el SIAP (2019) es de 3,433 hectáreas distribuidas en Puebla, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Campeche.

En México existen limitados estudios sobre el tamaño de frutos de pimienta y su contenido de aceite, aun cuando estas características son importantes en la selección de genotipos para el establecimiento de plantaciones comerciales y en la comercialización, ya que las normas vigentes de calidad de pimienta gorda (SCFI, 1987; ISO, 1999), señalan que, los frutos deben tener un diámetro ecuatorial mínimo de 4.0 mm y un contenido de aceite de 3% para frutos enteros y 2% para frutos molidos.

Dependiendo de la procedencia, el método de extracción y el tipo de solvente utilizado para la extracción de aceites esenciales, el contenido de aceite de los frutos de pimienta gorda en México varía de 1.9% a 9.0% (García *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 2007; Guzmán, 2011), mientras que el tamaño del diámetro ecuatorial del fruto es entre 4.0 y 4.3 mm (Flores, 2009).

Por otro lado, la morfometría de frutos y semillas es una medida cuantitativa de evaluar su forma, la cual es analizada con métodos que involucran diferentes características e índices (Cervantes *et al.*, 2016). El estudio morfométrico permite la descripción y el análisis de la variabilidad intra e interespecífica que se puede utilizar en taxonomía comparativa, genética, fisiología, bioquímica, descripción de genotipos y cultivares para el registro de nuevas variedades (Dana e Ivo, 2008; Cervantes *et al.*, 2016; Vasanthan *et al.*, 2019). Asimismo, es esencial para el diseño y



adaptación de equipo para cosecha, secado, limpieza, clasificación, pelado y almacenamiento, con el fin de obtener un mayor rendimiento en las operaciones de procesamiento (Silva 2008; Pradhan *et al.*, 2009). Entonces, dado que la cosecha y el procesamiento de los frutos de pimienta se realiza de manera manual, la morfometría puede auxiliar al diseño de equipo para mejorar el procesamiento de los frutos.

Por lo anterior, el presente trabajo se realizó con los objetivos de cuantificar el contenido de aceite y determinar las dimensiones de los frutos de pimienta gorda, así como su morfometría, que permitan saber si los frutos cumplen con las normas vigentes de calidad para su comercialización y proporcionar elementos cuantitativos para la selección de genotipos sobresalientes en contenido de aceite y tamaño de frutos, de los cuales se puedan obtener material vegetativo para la propagación por injerto.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la plantación experimental de pimienta gorda establecida en septiembre de 2011 en el Sitio Experimental Las Margaritas, ubicado en el noreste del estado de Puebla (20° 00' 12.79" N, 97° 18' 33" W), a 450 msnm, con clima subtropical húmedo Af(c), precipitación media anual de 3000 mm y temperatura media anual de 21°C. La plantación consiste de 1250 árboles de pimienta con un espaciamiento de 4 m x 4 m, en 25 hileras y 50 árboles/hilera, en una superficie de dos hectáreas. Los arboles fueron injertados, pero se desconoce la fuente de los arboles donadores. Desde el año 2013 se han tomado datos anuales de crecimiento y rendimiento de fruto verde de 110 árboles, los cuales fueron seleccionados al azar. En la evaluación de rendimiento de fruto verde del año 2017, se seleccionó una muestra aleatoria de 20 árboles (genotipos). De cada árbol se obtuvieron tres muestras de 250 g de la producción total de fruto verde de pimienta. Los frutos de las tres muestras de cada árbol se mezclaron, se pesaron y se secaron a 25°C, bajo techo, hasta obtener un peso constante. Posteriormente se obtuvieron tres



muestras de 5 g de fruto seco de cada árbol, midiéndose después el diámetro ecuatorial y largo de cada uno de los frutos con un vernier digital. Con los datos obtenidos se determinaron cuatro descriptores morfométricos: área proyectada (área), volumen, índice de redondez y relación de aspecto. El área se determinó con la fórmula de la elipse y el volumen con la fórmula del elipsoide. El índice de redondez (IR) y la relación de aspecto (RA) se calcularon mediante las expresiones siguientes (Neal y Russ, 2012; Cervantes *et al.*, 2016):

$$IR = \frac{4 \text{ Área}}{\pi (\text{Eje Mayor})^2} \quad (1)$$

$$RA = \frac{\text{Eje Mayor}}{\text{Eje Menor}} \quad (2)$$

La extracción de aceite de los frutos secos se realizó con un equipo automatizado Soxhlet Büchi E-816 SOX programable, que al término de cada extracción permite el lavado y secado de la muestra, por lo que es posible determinar gravimétricamente el contenido de aceite. Para ello, se molieron 35 g de fruto seco de cada árbol en un molino para café y después el material molido se tamizó entre mallas del número 40 (0.425 mm) y 60 (0.250 mm), utilizando el material retenido en la malla 60 con tres repeticiones, cada repetición consistió de 10 g de material molido y 150 mL de hexano. La extracción se realizó por 30 ciclos en 5 h. El contenido de humedad del material molido se determinó con una balanza termo gravimétrica, previamente calibrada, justo antes de iniciar el proceso de extracción. El contenido de aceite se calculó como la relación del peso del aceite y el peso seco de la muestra. Los datos de morfometría y contenido de aceite de los frutos se les realizó un análisis de varianza, considerando como fuente de variación los arboles seleccionados y muestreados, seguido de una comparación múltiple de medias con el método significancia mínima ( $\alpha = 0.05$ ), usando el programa SAS (SAS, 2009). Posteriormente se efectuó un análisis de agrupamiento con el programa SAS tomando en cuenta los valores promedio de: a) las características de morfología y b) el contenido de aceite, usando el procedimiento CLUSTER y método promedio, y c) combinación de todas las características medidas, con la ayuda de los procedimientos VARCLUS para la selección de variables y CLUSTER con el método promedio para el agrupamiento.





## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de varianza, los cuales indicaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre genotipos para el contenido de aceite y los descriptores morfométricos.

**Cuadro 1. Resumen del Análisis de varianza.**

Variable	GL	F Value	Pr > F
Contenido de aceite	19	21.22	<.0001
Diámetro	19	52.55	<.0001
Largo	19	73.99	<.0001
Área	19	58.73	<.0001
Volumen	19	54.6	<.0001
Índice de redondez	19	134.46	<.0001
Relación de aspecto	19	131.15	<.0001

El contenido de aceite de los frutos es variable entre los genotipos y oscila entre 3.34 y 6.87% con un promedio total de  $4.89 \pm 0.77\%$ . El genotipo H02P32 se destaca del resto de los genotipos por presentar un alto contenido de aceite (Cuadro 2). Los contenidos de aceite más bajos se presentan en los genotipos H20P45, H20P50 y H14P08. En general, el contenido de aceite de los frutos en todos los genotipos es mayor a 3.4%, por lo cual se cumplen con las especificaciones de las normas vigentes par pimienta gorda, que señalan un valor mínimo de 3% (SCFI, 1987; ISO, 1999).

El diámetro ecuatorial de los frutos varía de 4.21 mm a 10.45 mm, con un promedio global de  $7.16 \pm 0.96$  mm. La comparación de medias entre genotipos (Cuadro 3) muestra que el diámetro es más grande en los genotipos H16P25 y H12P14 y más pequeños en los genotipos H18P13 y H14P08. Los valores obtenidos son mayores a los reportados (4.0 - 4.3 mm) por Flores (2009) para frutos de pimienta provenientes de Cuetzalan, Puebla. Las normas vigentes especifican un diámetro ecuatorial mínimo de 4 mm (SCFI, 1987; ISO, 1999), por lo cual, los frutos de los genotipos estudiados cumplen con la especificación normativa del tamaño de diámetro ecuatorial para su comercialización.

Los frutos presentan un largo promedio global de  $8.10 \pm 1.10$  mm, con valores entre 3.76 y 14.06 mm. Al comparar la media de los genotipos (Cuadro 3), se destaca el



genotipo H12P14, por tener el mayor largo en sus frutos, mientras que los genotipos H04P17 y H14P08 tienen el menor largo.

El promedio del área de todos los frutos es de  $46.21 \pm 11.75 \text{ mm}^2$ , con valores de 15.10 a  $109.40 \text{ mm}^2$ . El volumen se encuentra entre 42 y  $723 \text{ mm}^3$  con un promedio global de  $227.51 \pm 86.38 \text{ mm}^3$ . Tanto el área como el volumen dependen de las dimensiones del diámetro ecuatorial y del largo de los frutos, por lo cual los valores mayores se relacionan con las dimensiones mayores de diámetro y largo.

**Cuadro 2. Comparación del contenido de aceite promedio de frutos de pimienta.**

Genotipo	N	Aceite (%)*	
H02P32	3	6.28	A
H16P25	3	5.93	A B
H08P42	3	5.62	A B C
H22P38	3	5.49	A B C D
H06P45	3	5.45	A B C D
H12P25	3	5.44	A B C D
H16P10	3	5.18	E B C D
H22P27	3	5.14	E B C D
H14P33	3	5.02	E F C D
H08P25	3	4.92	E F C D
H18P13	3	4.71	E F D
H04P17	3	4.62	E F G D
H06P37	3	4.54	E F G
H18P40	3	4.38	E F G H
H04P22	3	4.36	E F G H
H02P15	3	4.23	I F G H
H12P14	3	4.15	I F G H
H14P08	3	3.76	I G H
H20P50	3	3.64	I H
H20P45	3	3.43	I

\*Valores con la misma letra no son significativamente diferentes.

El genotipo H12P14 presenta los valores más altos de área y volumen debido a que las dimensiones de diámetro y largo de los frutos son mayores (Cuadro 3); en contraste, los valores de área y volumen son más bajos en el genotipo H14P08 porque las dimensiones de los frutos en diámetro y largo son menores.

El índice de redondez (IR) se usa para describir la desviación de tener una forma circular o esférica de los objetos, donde el valor de 1.0 es para un círculo (Neal y Russ,



2012). El IR de todos los frutos analizados oscila entre 0.61 y 0.99, con un promedio de  $0.88 \pm 0.07$ . En la comparación de medias, los frutos del genotipo H04P17 tienen el IR más alto (Cuadro 3), indicando que la forma del fruto es más cercana a un esferoide, mientras que los frutos del genotipo IR H12P14 tiene el IR más bajo, por lo que se asemejan más a un elipsoide.

**Cuadro 3. Comparación de las características morfométricas promedio de frutos de pimienta gorda.**

Genotipo	N	Diámetro (mm)*		Largo (mm)*		Área (mm <sup>2</sup> )*		Volumen (mm <sup>3</sup> )*		IR*	AR*	
H02P15	99	7.61	A B C D	7.97	C	47.97	E F D	247.53	E D	0.946	A	1.059 H
H02P32	122	6.87	I H	8.01	C	43.61	H F G I	204.16	H F G I	0.857	D E	1.171 D E
H04P17	117	7.18	E F G H	7.35	F	41.82	H G I	204.41	H F G I	0.955	A	1.049 H
H04P22	116	6.92	G H	8.17	C	45.41	H F G	218.71	E F G	0.850	F E	1.181 D
H06P37	127	6.87	I H	7.46	F E	40.92	H I	194.25	H G I	0.915	C B	1.098 F G
H06P45	92	7.50	E B C D	8.71	B	51.99	B C D	266.87	B C D	0.863	D E	1.164 D E
H08P25	178	7.68	A B C	8.99	B	54.73	B	285.75	B	0.856	D E	1.173 D E
H08P42	239	6.92	G H	7.56	F D E	41.52	H G I	196.03	H G I	0.913	C	1.099 F G
H12P14	63	7.87	A	10.43	A	64.33	A	341.52	A	0.748	H	1.350 A
H12P25	108	7.03	F G H	8.04	C	44.79	H F G	214.11	H F G	0.875	D	1.146 E
H14P08	171	6.27	J	7.25	F	36.21	J	155.88	J	0.867	D E	1.157 D E
H14P33	174	7.71	A B C	8.79	B	53.79	B C	283.08	B	0.876	D	1.147 E
H16P10	285	6.54	I J	7.89	C D	40.94	H I	182.67	H J I	0.828	F G	1.213 B C
H16P25	155	7.90	A	8.65	B	54.11	B C	288.36	B	0.911	C	1.101 F
H18P13	141	6.40	J	7.83	C D E	39.88	J I	175.37	J I	0.818	G	1.229 B
H18P40	114	7.35	E F C D	7.78	C D E	45.29	H F G	225.92	E F G	0.936	A B	1.070 H G
H20P45	109	7.28	E F G D	8.63	B	50.19	E C D	251.22	E C D	0.849	F E	1.184 D C
H20P50	108	7.44	E B C D	7.78	C D E	45.97	E F G	233.26	E F	0.948	A	1.056 H
H22P27	216	7.44	E B C D	7.91	C D	46.52	E F	233.97	E F D	0.939	A	1.066 H
H22P38	87	7.72	A B	8.83	B	53.90	B C	281.77	B C	0.874	D	1.150 E

\*Valores con la misma letra no son significativamente diferentes.

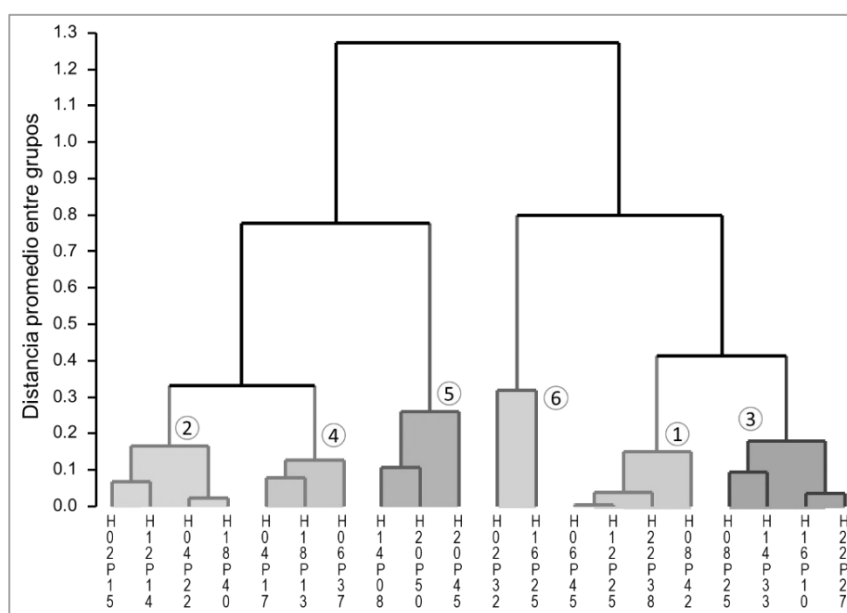
La relación de aspecto (RA) es la proporción entre el ancho y altura de un objeto o imagen que indica la desviación de tener una forma cuadrada, la cual tiene el valor de 1.0 (Neal y Russ, 2012). La RA de los frutos analizados fluctúa entre 1.00 y 1.64, con un promedio de  $1.14 \pm 0.09$ . La RA está inversamente relacionada con el IR, por lo que los valores bajos de la RA corresponden a valores altos del IR, de manera que el genotipo H12P14 tiene la RA más alta, indicando que los frutos son más alargados y



tiene el valor más bajo del IR. El caso opuesto es para el genotipo H04P17, el cual presenta la RA más baja, pero el IR más alto.

Tanto en el contenido de aceite como en las variables morfométricas, algunos genotipos no presentan diferencias significativas; sin embargo, es difícil distinguir algunos genotipos que son significativos o no, considerando una o varias variables. El análisis de agrupamiento permite conjuntar los genotipos en grupos que no han sido definidos previamente, de manera que los genotipos en un grupo dado tienden a ser similares entre si y diferentes a otros grupos (SAS, 2017).

El análisis de agrupamiento del contenido de aceite muestra que los genotipos se pueden agrupar en seis grupos distintivos (Figura 1), con una proporción de varianza para los grupos del 98% ( $R^2$ ).



**Figura 1. Diagrama de árbol del agrupamiento del contenido de aceite de frutos de pimienta.**

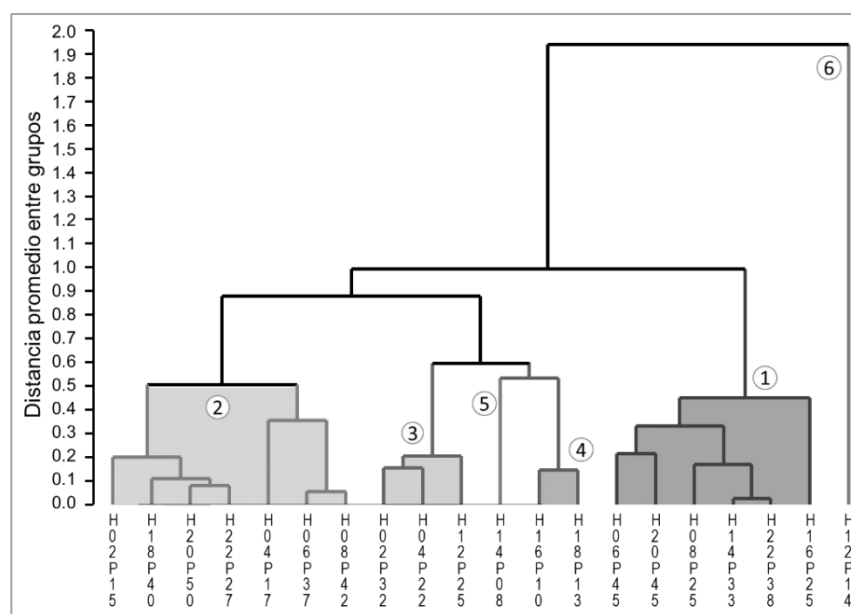
Como se observa en la Figura 1, el Grupo 6 corresponde a los genotipos con el más alto contenido de aceite y el Grupo 5 a los genotipos con el menor contenido de aceite. En el Grupo 1 se encuentran los genotipos con los contenidos de aceite próximos a los valores más altos, mientras que en el Grupo 2 están los genotipos con los contenidos de aceite cercanos a los valores más bajos. El resto de los genotipos tienen contenidos de aceite intermedios y se agrupan en los Grupos 3 y 4.





Los valores de las variables morfométricas (diámetro ecuatorial, largo, área, volumen, IR y RA) permiten también agrupar los genotipos en seis grupos (Figura 2), mostrando una proporción de varianza para los grupos del 91.3% ( $R^2$ ).

Los Grupos 5 y 6 están constituidos por un solo genotipo; el genotipo del Grupo 5 (H20P45) se caracteriza por tener los valores más bajos de tamaño, área y volumen de los frutos. En comparación, el genotipo del Grupo 6 (H12P14) presenta los valores más altos de largo, área, volumen y relación de aspecto de los frutos.



**Figura 2. Diagrama de árbol del agrupamiento de las variables morfométricas (diámetro ecuatorial, largo, área, volumen, IR y RA).**

El Grupo 1 está formado por los genotipos que tienen mayores valores en largo, área y volumen de los frutos. El Grupo 2 combina los genotipos con mayor redondez y menor relación de aspecto de los frutos, lo cual indica que los frutos son más esféricos; mientras que en el Grupo 4 se agrupan los genotipos con frutos más elipsoides debido a que tienen menor redondez y mayor relación de aspecto. El Grupo 3 está integrado por genotipos con valores intermedios de las variables morfométricas de los frutos.

El procedimiento VARCLUS de SAS se usa como un método para la reducción de variables, en el cual, encuentran grupos de variables que estén lo más

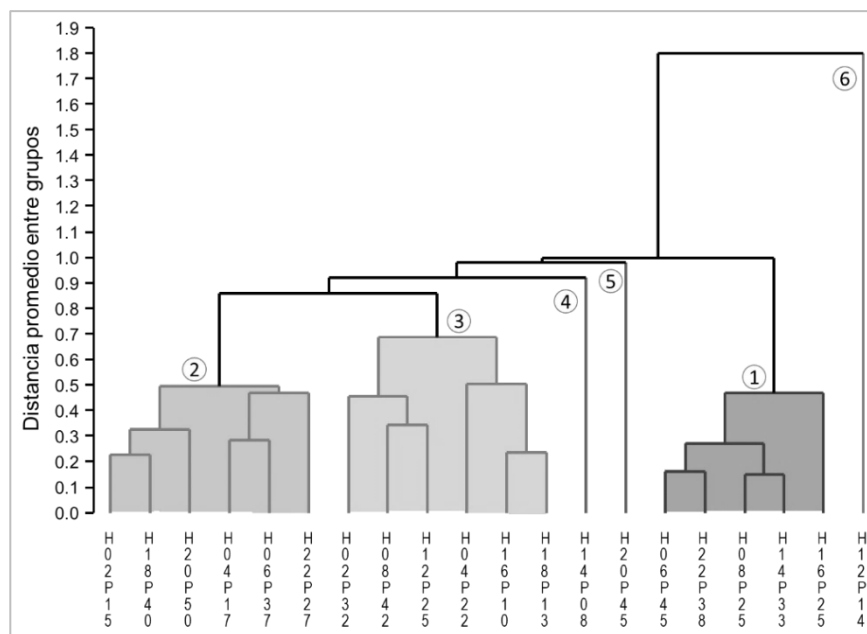


correlacionadas entre sí y que estén lo menos correlacionadas con las variables de otros grupos de variables (SAS, 2017), por lo que una variable seleccionada de cada grupo debe tener una alta correlación con su propio grupo y una baja correlación con los otros grupos. Si un grupo tiene varias variables, es posible seleccionar dos o más variables del grupo. Si los grupos están bien separados, el valor de  $R^2$  para una variable con el grupo más cercano debe ser bajo. La proporción de  $1-R^2$  se usa para seleccionar las variables, de manera que los valores pequeños indican una buena agrupación. Considerando el valor de  $R^2$  y la proporción de  $1-R^2$  de las variables en cada grupo, las variables seleccionadas fueron área y volumen del grupo 1, IR del Grupo 2 y Aceite del Grupo 3 (Cuadro 4), con las cuales se realizó la agrupación con el procedimiento CLUSTER.

**Cuadro 4. Resultado del procedimiento VARCLUS.**

Grupo	Variable	$R^2$ con su		Proporción de $1-R^2$
		Propio grupo	Siguiente más cercano	
Grupo 1	Diámetro	0.812	0.013	0.1903
	Largo	0.859	0.429	0.2468
	Área	0.994	0.157	0.0071
	Volumen	0.998	0.085	0.0027
Grupo 2	IR	0.998	0.094	0.0022
	AR	0.998	0.118	0.0023
Grupo 3	Aceite	1.000	0.004	0.0000

Las variables seleccionadas permitieron agrupar los genotipos en seis grupos (Figura 3), con una proporción de varianza para los grupos del 82.7% ( $R^2$ ).



**Figura 3. Diagrama de árbol del agrupamiento del contenido de aceite y variables morfométricas (área, volumen, IR y RA).**

En el Grupo 1 se encuentran los genotipos con frutos grandes, mayor área y volumen. Los genotipos ubicados en el Grupo 2 tienen los frutos más esféricos ya que los valores del índice de redondez y la relación de aspecto son cercanos a 1. Los Grupos 4, 5 y 6 están constituidos por un solo genotipo. El genotipo H14P08, ubicado en el Grupo 4, se caracteriza por tener los frutos más pequeños con menor área y volumen que el resto de los genotipos; mientras que el genotipo H12P14, del Grupo 6, tiene los frutos más largos, con área, volumen y RA más altos. En el Grupo 5 se encuentra el genotipo H20P45, el cual presenta el contenido de aceite más bajo. La selección de genotipos para la obtención de material vegetativo para la propagación por injerto debe combinar el contenido de aceite y tamaño de frutos, eligiendo aquellos genotipos que tengan un contenido de aceite y un diámetro ecuatorial de los frutos igual o mayor a lo que especifican las normas de pimienta gorda. Los genotipos estudiados cumplen con las especificaciones de las normas vigentes en contenido de aceite (mayor a 3%) y diámetro ecuatorial (mayor a 4.0 mm); sin embargo, destaca el genotipo H02P32, con contenido de aceite de 6.28%, seguido de los genotipos H16P25, H08P42, H22P38, H06P45 y H12P25, con un contenido de aceite entre 5.44% y 5.93%.



## Conclusiones

El contenido de aceite de los frutos de pimienta en todos los genotipos estudiados es mayor que 3.4% y el diámetro ecuatorial es mayor que 4.2 mm, por lo tanto, cumplen con las especificaciones de las normas vigentes de pimienta gorda.

Existen diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre genotipos para el contenido de aceite y los descriptores morfométricos de los frutos.

El genotipo H02P32 presenta un alto contenido de aceite en sus frutos, seguido de los genotipos H16P25, H08P42, H22P38, H06P45 y H12P25, por lo que estos genotipos podrían aprovecharse para la obtención de material vegetativo para la propagación por injerto.

El contenido de aceite y los descriptores morfométricos de los frutos de pimienta permiten agrupar los genotipos en seis grupos distintivos, con características similares en cada grupo, pero diferentes entre grupos.

## Literatura citada

- Cervantes, E., J. J. Martín and E. Saadaoui. 2016. Updated Methods for Seed Shape Analysis. Review Article. Hindawi Publishing Corporation Scientifica Volume 2016, Article ID 5691825, 10 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/5691825>.
- Cruz-Olivares, J., C. Pérez-Alonso y J. F. Barrera-Pichardo. 2007. Extracción de aceite esencial de hojas y fruto de pimienta gorda mexicana (*Pimenta dioica* L. Merrill). *Ciencias Agrícolas Informa* 16: 37-40.
- Dana, W. and W. Ivo. 2008. Computer image analysis of seed shape and seed color for flax cultivar description. *Computers and Electronics in Agriculture* 61: 126-135.
- Flores M., N. L. 2009. Evaluación de la calidad bioquímica de la pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) deshidratada con ciclos de atemperado. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 166 p.





- García-Fajardo, J., M. Martínez-Sosa, M. Estarrón-Espinosa, G. Vilarem, A. Wet and J. M. de Santos. 1997. Comparative study of the oil and supercritical CO<sub>2</sub> extract of Mexican pimento (*Pimenta dioica* Merrill). *Journal of Essential Oil Research* 9 (2): 181-185.
- Gayle, J. R. 2013. Pimento. The Jamaican Allspice Story. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA). Phoenix Printery Limited, Jamaica. 78 p.
- Guzmán, A. A. 2011. Determinación de las especificaciones químicas de la Pimienta dioica (*Pimenta gorda*) de 15 comunidades de la Sierra Totonaca bajo la norma NMX-FF-063-1987. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Zona Poza Rica – Tuxpan. Poza Rica de Hidalgo, Ver. 50 p.
- International Organization for Standardization (ISO). 1999. International Standard ISO 973:1999. Pimento (allspice) [*Pimenta dioica* (L.) Merr.], whole or ground - Specification. 4 p.
- Martínez P. D., M. A. Hernández G. y E. G. Martínez G. 2013. La pimienta gorda en México (*Pimenta dioica* L. Merrill): avances y retos en la gestión de la innovación. Colección trópica húmedo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Chapingo, edo. de México. 72 p.
- Neal, F. B. and J. C. Russ. 2012. Measuring shape. CRC Press Taylor. Boca Raton, FL, U.S.A. 403 p.
- Pradhan, R. C., S. N. Naik, N. Bhatnagar and V. K. Vijay. 2009. Moisture-dependent physical properties of jatropha fruit. *Industrial Crops and Products* 29(2-3): 341-347.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI). 1987. Norma Mexicana NMX-FF-063-1987. Especies y condimentos - pimienta gorda o tipo Jamaica (*Pimenta Officinalis* o *Pimenta dioica* MERRILL) entera en estado seco especificaciones. Dirección General de Normas, México, D. F. 12 p.
- SAS Institute Inc. (SAS) 2017. SAS/STAT® 14.3 User's Guide. The CLUSTER Procedure. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. p. 2193 – 2284.



- SAS Institute Inc. (SAS) 2017. SAS/STAT® 14.3 User's Guide. The VARCLUS Procedure. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. p. 10191 – 10225.
- SAS Institute Inc. (SAS). 2009. SAS for windows (Version 9.2 for Windows). SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Silva, J. S. 2008. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Viçosa, Aprenda Fácil. Brasil. 560 p.
- USAID. 2011. The market for allspice. Market Survey #01. United States Agency for International. Development. [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00KNZJ.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KNZJ.pdf)
- Vasanthan, V., R. Geetha, C. Menaka, V. Vakeswaran and K. Chidambaram. 2019. Characterization of sesame varieties through image analysis. Electronic Journal of Plant Breeding 10 (2): 785-790.
- Weiss E. A. 2002. Spice crops. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, (Chapter 6).



## TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA SIEMBRA DE TRIGO EN TEMPORAL, EN GUANAJUATO

Aquilino Ramírez Ramírez<sup>30\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>30</sup>, Luis Antonio Mariscal Alfaro<sup>30</sup> y Lourdes Ledezma Ramírez<sup>30</sup>

### Resumen

El fitomejoramiento del trigo para la región de El Bajío se ha enfocado a la obtención de variedades precoces, de alto rendimiento, tolerantes al acame, resistentes a las royas y de alta calidad industrial. Entre las variedades harineras liberadas, sembradas y sobresalientes actualmente esta Cortazar S94, más resistente a roya de la hoja y al acame, y de calidad similar a Salamanca S75, características que favorecieron su adopción. Por otra parte, al analizar la cantidad y distribución de la lluvia en las grandes regiones que han surtido de alimentos a la humanidad, se concluye que éstas tienden a la desertificación y esta condición obliga a los agricultores a cultivar y producir la tierra bajo condiciones de estrés hídrico en el suelo y/o en el ambiente para tener rendimientos económicos, para lo cual es necesario identificar aquellos materiales que muestren mayor eficiencia en el uso del agua. Se obtuvieron datos de precipitación de estaciones meteorológicas ubicadas en los municipios de San Felipe y San Diego de la Unión, Guanajuato, del ciclo agrícola primavera-verano 2011 y 2012. Se compararon con los reportados y usados a nivel parcelario para el Bajío. Se reportan también las variedades sembradas en estos ciclos agrícolas en la zona, como parcelas demostrativas y su comportamiento. En cuanto a variedades de trigo, la que mostró mejor adaptación a las condiciones climáticas del norte de Guanajuato fue Nana F2007, cuyo rendimiento fue bueno en presencia de escasa precipitación. El rendimiento de las variedades temporaleras Náhuatl F2000, Juchi F2000, Rebeca F2000 y Tlaxcala

---

<sup>30</sup> Investigadores del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km. 6.5 Carr, Celaya San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato. \* [ramirez.aquilino@inifap.gob.mx](mailto:ramirez.aquilino@inifap.gob.mx)



F2000 fue inferior al de Nana F2007. La mayoría de las variedades presentaron susceptibilidad al menos a un tipo de roya por lo que no se recomienda su uso en la región. Esta misma situación se observó en la variedad Salamanca S75.

**Palabras clave:** fitomejoramiento, eficiencia de uso, precipitación, variedades eficientes

## Introducción

El mejoramiento genético del trigo para la región de El Bajío se ha enfocado a la obtención de variedades precoces, de alto rendimiento, tolerantes al acame, resistentes a las royas y de alta calidad industrial. Los esfuerzos realizados por el programa de mejoramiento genético del INIFAP-Campo Experimental Bajío, ubicado en el municipio de Celaya, Gto., han sido tan intensos y sus logros tan exitosos como los del programa de mejoramiento de trigo del noroeste de México. Las metodologías genotécnicas utilizadas se han basado en la introducción de germoplasma, recombinación genética, selección en generaciones segregantes y ensayos regionales de rendimiento.

Entre las variedades harineras liberadas, sembradas y sobresalientes actualmente esta Cortazar S94, más resistente a roya de la hoja y al acame y de calidad similar a Salamanca S75, características que favorecieron su adopción. Actualmente continúa sembrándose en alrededor del 25% de la superficie de trigo en Guanajuato. A nivel mundial el desarrollo futuro de la agricultura en áreas marginales es la posibilidad más viable para incrementar la producción de alimentos y salvar del hambre a la creciente población ya que se estima que, de los 14 mil millones de hectáreas cultivables en el planeta, solo el 10% no presenta condiciones de sequía. Por otra parte, al analizar la cantidad y distribución de la lluvia en las grandes regiones que por mucho tiempo han proveído de alimentos a la humanidad, se concluye que éstas tienden a la desertificación, situación que obliga a los agricultores a cultivar la tierra bajo condiciones de estrés hídrico en el suelo y/o en





el ambiente (Byerlee y Moya, 1993). Por lo cual, es necesario el mejoramiento de las plantas para producir mayor rendimiento económico bajo condiciones deficientes de humedad, para lo cual es necesario aplicar métodos de selección que permitan identificar aquellos materiales que muestren mayor eficiencia en el uso del agua. (Richards *et al.*, 2002) señalan que es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua por los cultivos a través de la selección de genotipos con un crecimiento radicular más profundo (previando que el agua esté disponible a mayor profundidad). Aunque esta característica es muy difícil de seleccionar, hay caracteres indicadores de más fácil medición como la temperatura del dosel, la conductancia estomatal, la permanencia del verdor de las hojas y el carácter de hojas enrolladas.

## **Materiales y métodos**

Se obtuvieron datos de precipitación de San Felipe y San Diego de la Unión del ciclo agrícola Primavera-Verano 2011 y 2012. Se compararon con los reportados y usados a nivel parcelario para el Bajío, la cantidad de agua usada en riego rodado, riego por aspersión y goteo; indicando la eficiencia de cada uno de dichos sistemas. Se reportan también las variedades sembradas en estos ciclos agrícolas en la zona como parcelas demostrativas, para ver su comportamiento y adaptación a las condiciones climáticas prevalecientes.

## **Resultados y discusión**

En los municipios de San Felipe y San Diego de la Unión el problema principal es la cantidad de lluvia durante la estación de crecimiento, lo cual es insuficiente para el crecimiento de maíz y sorgo, que en la mayoría de los años no logra producir grano. En el Cuadro 1 se presenta la precipitación registrada en tres estaciones



agroclimáticas ubicadas en la zona por la Fundación Guanajuato Produce, A.C., durante el periodo junio-diciembre de 2011 y 2012.

**Cuadro 1. Precipitación pluvial (mm) registrada en las estaciones climatológicas de los municipios de San Felipe y San Diego de la Unión, Guanajuato. Ciclo agrícola P-V 2011 y 2012.**

Mes	CICLO P-V 2011 (mm)			CICLO P-V 2012 (mm)		
	El Vergel, San Felipe	Cuatro Esquinas, San Diego de la Unión	La Esperanza, San Felipe	El Vergel, San Felipe	Cuatro Esquinas, San Diego de la Unión	
<b>Junio</b>	13.6	5.6	21.6	48.0	37.4	
<b>Julio</b>	0	6.0	135.8	165.8	38.2	
<b>Agosto</b>	0	17.2	32.4	17.8	20.8	
<b>Septiembre</b>	0.4	29.4	27.6	33.6	19.8	
<b>Octubre</b>	0.6	2.8	2.2	0.8	0.8	
<b>Noviembre</b>	2.0	0.6	7.6	12.2	5.0	
<b>Diciembre</b>	0	0.2	0	0	0	
<b>Acumulado en el ciclo</b>	16.6	62.0	227.2	278.2	122.0	

De acuerdo con Bolaños *et al.*, 2001 en El Bajío se aplican láminas de riego a nivel parcelario de 97 cm, volumen de agua superior al registrado en las estaciones agroclimáticas de la zona, que solo alcanzaron láminas de 22.7, 27.8 y 12.2 en el 2012 y de 1.6 y 6.2 cm en el 2011.

Con el uso de sistemas de riego de aspersión y goteo actualmente se ha incrementado la eficiencia en el uso de agua. (Ortiz *et al.*, 2013) reportaron eficiencias de 552 a 680 litros de agua para producir 1.0 kg de trigo, contra 900 litros con riego rodado o superficial (Arreola, 1990). Tomando en cuenta los valores anteriores, si la precipitación en la región norte de Guanajuato fuera homogénea y el manejo agronómico del cultivo fuera el óptimo, de acuerdo con la cantidad de lluvia registrada, el rendimiento del trigo sería de 3338, 4088 y 1794 kg/ha en un ciclo agrícola con precipitación media como la ocurrida en el año 2012. Desafortunadamente, la distribución de la lluvia y el manejo del cultivo en la zona es el tradicional, por el alto riesgo de siniestralidad.



En cuanto a variedades de trigo, la que mostró mejor adaptación a las condiciones climáticas del norte de Guanajuato fue Nana F2007, cuyo rendimiento fue bueno en presencia de escasa precipitación. El rendimiento de las variedades temporaleras Náhuatl F2000, Juchi F2000, Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000 fue inferior al de Nana F2007. En las áreas de temporal se ha observado que cuando la precipitación es mayor, el rendimiento de Nana F2000 se incrementa en mayor proporción que el resto de los genotipos. Respecto a la reacción a las enfermedades, esta variedad es resistente a las dos royas más comunes en la región (lineal amarilla y de la hoja), lo que garantiza su superioridad sobre las demás variedades, aún en ambientes favorables a la roya.

La mayoría de las variedades presentaron susceptibilidad al menos a un tipo de roya por lo cual no se recomienda su uso en la región. Esta misma situación se observó en la variedad Salamanca S75. Como una segunda opción se sugiere la siembra de las variedades liberadas para riego Urbina S2007, Maya S2007 y Luminaria F2012, por su resistencia a royas y buen rendimiento. Tampoco se sugiere la siembra de la variedad Monarca F2007 debido a su alta susceptibilidad a la roya lineal amarilla (Solís y Ramírez, 2010).

## Conclusiones

La variedad Nana F2000 fue la que mostró mejor adaptación a las condiciones climáticas de la región.

El rendimiento de las variedades temporaleras Náhuatl F2000, Juchi F2000, Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000 fue inferior al de Nana F2007.

La mayoría de las variedades presentaron susceptibilidad al menos a un tipo de roya por lo cual no se recomienda su uso en la región. Esta misma situación se observó en la variedad Salamanca S75.



## Literatura citada

- Arreola T., J.M. 1990. Recomendaciones prácticas para aumentar la eficiencia en el uso de agua. *In*: Vuelvas C., M.A., F. Galván C., R. Chacón M., y J. M. Arreola T. (Comps.) Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de su uso en la agricultura de Guanajuato. p. 171-189.
- Bolaños G., M., E. Palacios V., C. Scott y A. Exebio G. 2001. Estimación del volumen de agua usado en una zona de riego mediante una imagen de satélite e información complementaria. *Agrociencia*. 35 (6): 589-697.
- Byerlee, D., and P. Moya. 1993. Impacts of international wheat breeding research in the developing world, 1966-1990. CIMMYT. Mexico, D. F. 87 p.
- Ortiz E., J. E., J. M. Cortez J. y P. Felix V. 2013. Uso de estaciones de clima para aplicar el riego en las parcelas de los productores. Disponible en línea: [www.aphyn.com/res/Titulo3pdf](http://www.aphyn.com/res/Titulo3pdf).
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon, and A. F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci*. 42: 111-121.
- Solís M., E., y A. Ramírez R. 2010. Variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) para El Bajío. Celaya, Gto., México. 38 p. Folleto Técnico Núm. 7).





## PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN INVERNADERO CON EL EMPLEO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Arturo Durán Prado<sup>31\*</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>31</sup>, Isaac Meneses Márquez<sup>31</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>31</sup>, Gerardo Armando Aguado Santacruz<sup>32</sup> y Blanca Moreno Gómez<sup>32</sup>

### Resumen

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, durante el período de octubre de 2011 a febrero de 2012. Los objetivos fueron reducir la fertilización química en 50%, complementada con biofertilizantes inoculados a la semilla, a base de hongos micorrízicos y cepas bacterianas, así como la inclusión de dos productos comerciales de INIFAP a base de *Pseudomonas* y *Glomus intraradices*. Como cultivo de prueba se utilizó el híbrido de jitomate Torero F1. Se evaluaron 16 tratamientos, de los cuales 14 de ellos fueron cepas de microorganismos combinados con fertilización química al 50% de la dosis 160-80-120 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, más el testigo absoluto y testigo con fertilización química tradicional. Se determinó el potencial de rendimiento de fruto y se identificó la mejor cepa micorrizica con la mayor producción de 112.1 t/ha acumulada en nueve cortes de frutos que se obtuvo con el tratamiento a base de Micorriza INIFAP más 50% de fertilización química (80-40-60 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), le siguió el tratamiento testigo tradicional (160-80-120 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) con 109.7 t/ha; ambos tratamientos superaron al testigo absoluto en 27.9 y 25.2%, respectivamente. Con el empleo de estos microorganismos micorrizicos y bacterianos se obtienen al menos 84.6 t/ha y se reduce hasta en 50% el costo de la fertilización química.

<sup>31</sup>INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México.

<sup>32</sup> NIFAP. Campo Experimental Bajío. Km 6 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Gto., Méx.

\*[duan.arturo@inifap.gob.mx](mailto:duan.arturo@inifap.gob.mx)



**Palabras clave:** jitomate, *Glomus sp*, *Pseudomona sp*, *Azospirillum sp*, productividad

## Introducción

La producción de jitomate en México en 2016 fue de 1´347,424 toneladas obtenidas en 22,108 ha con un rendimiento promedio de 60.947 t/ha, mientras que, en el estado de Veracruz el jitomate figura entre los de mayor valor comercial sobre otros cultivos básicos de ciclo corto. La superficie cosechada de jitomate *Lycopersicon esculentum* en el año 2016, fue de 971 ha en las que se obtuvo una producción de 22,713 toneladas de fruto fresco con un rendimiento promedio de 23.391 t/ha (SIAP, 2016), la mayoría bajo el sistema de producción de cielo abierto. Existen cuatro tipos de agricultura protegida: 1) Invernaderos que son estructuras altas fijas, con materiales y acondicionamiento climático y tecnología avanzada; 2) Casa o malla sombra son estructuras altas cubiertas con mallas o tela tejida de plásticos entramados, que sirven como cubierta protectora, 3) Macrotunel, son estructuras altas semicirculares de perfil, cubiertas por malla sombra o polietileno y 4) Microtunel, son estructuras bajas, similares a las del macrotunel, pero por su tamaño, no permiten labores al interior (SAGARPA, 2016). Los productores de jitomate pueden mejorar sus ingresos al realizar la producción en agricultura protegida en invernadero o en casa sombra, de esta manera el productor disminuirá la incidencia de plagas y enfermedades, así como el daño por fuertes vientos “nortes” con velocidades de hasta 100 kph en toda la región costera del estado de Veracruz, además se mejorará la humedad del suelo con un sistema de riego por goteo y acolchado plástico y será más eficiente el uso del agua. Los biofertilizantes, también conocidos como bioinoculantes, inoculantes microbianos o inoculantes del suelo, son productos agrobiotecnológicos que contienen microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos, solos o combinados) y que son agregados a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad (Aguado, 2012). La producción hortícola en invernadero ha tenido una creciente expansión en México,



debido a que tiene ventajas no solo en las demandas de los consumidores, sino por la alta productividad obtenida. El 54% de la superficie cultivada en México bajo agricultura protegida se cultiva con jitomate, seguido por pepino y chile con 15.90% y 15.45% respectivamente (SAGARPA, 2016).

Díaz *et. al.* (2013) señalan que las plantas de chile pimienta (cv. 'Valeria') inoculadas con hongos micorrizicos arbusculares (HMA) tuvieron incrementos en el índice de clorofila, contenido foliar de N, P, Fe y Zn y colonización micorrízica, comparados con plantas no inoculadas; así también los frutos de plantas no inoculadas alcanzaron el grado dos, mientras que con el HMA alcanzaron el grado uno, con un incremento de peso del 30%. La inoculación con el HMA representa un manejo biotecnológico que puede ser adicionado dentro de las prácticas de producción hortícola en invernadero.

Dada la importancia ecológica y económica de los HMA, en Cuba y otros países, se han dado pasos acelerados para poner en práctica su uso como biofertilizante. Estudios llevados a cabo por (Rodríguez *et al.*, 2004) reportan un efecto positivo de la inoculación sobre las plántulas de tomate con respecto a los testigos, expresado en los indicadores agronómicos y fúngicos estudiados, como son altura, biomasa fresca y seca (aérea, radical y total) y la actividad específica radical de quitinasa,  $\beta$ -1,3-glucanasa y fenilalanina amonio liasa (PAL). Además, (Lionin y Medina, 2002) evaluaron el efecto de diferentes relaciones de nutrientes con N, P y K, y la inoculación con dos cepas de HMA (*Glomus clarum* y *Glomus fasciculatum*) como fuentes de nutrientes aplicadas solas o combinadas, sobre los incrementos del rendimiento de tomate; así mismo (Hernández y Chailloux, 2004), encontraron que el mejor comportamiento en la fase de semillero se obtuvo con la inoculación de las cepas *G. fasciculatum*, *Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter chroococum*, *G. mosseae* + *Pseudomonas fluorescens* y *G. mosseae* + *Azospirillum brasilense*. Además, en la fase de campo se observó que el rendimiento y sus componentes se beneficiaron con la aplicación de niveles óptimos de fertilizantes, mientras que para los tratamientos inoculados los mayores valores correspondieron a *G. mosseae*, *G. mosseae* más *Pseudomonas fluorescens* y *G. mosseae* más *Azospirillum brasilense* en complemento al 50% de la fertilización nitrogenada. Los HMA y su coinoculación



con las bacterias rizosféricas influyeron de manera positiva en la absorción de nitrógeno y fósforo.

(Álvarez *et al.*, 2008), evaluaron diferentes niveles de nitrógeno en tomate, con dosis fijas de fósforo y potasio e inoculación con hongos micorrízicos, un testigo con micorrizas sin fertilizantes y un control absoluto; encontraron respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, observando un mejor comportamiento con el 75% del nitrógeno combinado con hongos micorrízicos, con un índice de eficiencia agronómica de 550.3, 354.6 y 495.9 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, por lo que se corroboró el aumento de la eficiencia en la nutrición al emplear este tipo de hongos. El mayor rendimiento se obtuvo con la fertilización química al 75% (150-240-125) con la inoculación de micorriza arbuscular, obteniendo 42.2 t/ha, mientras que los tratamientos fertilizados con NPK y el control (testigo) alcanzaron 31.3 y 13 t/ha, respectivamente. Hernández *et al.*, 2018, encontraron diferencias significativas en altura con la cepa FA-56 de *Pseudomonas putida* sobre el testigo en el cultivo de pimiento morrón. También en cultivos como *Ipomea batatas*, al inocular con *Pseudomonas* y otras especies de *Azospirillum* y *Azotobacter*, obtuvieron incrementos en la altura de planta comparados con las plantas sin inocular (Pérez-Pazos y Sánchez-López, 2017). Mientras que (Sánchez *et al.*, 2014), al evaluar cepas de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en el cultivo de *Lactuca sativa* evidenciaron que incrementaron de manera significativa (P <0.05) el desarrollo de las plantas. utilizando las cepas de *Pseudomonas flurecens* FR1, *Pseudomonas* sp. FR2 y UVLO27.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) determinar el potencial de rendimiento de jitomate con la aplicación de microorganismos micorrizicos y bacterianos como sustituto del 50 % de la fertilización química y b) evaluar el efecto que los microorganismos micorrizicos o bacterianos combinados con fertilización química reducida en 50% tienen sobre el rendimiento de fruto, en condiciones de invernadero, acolchado plástico y riego por goteo.





## Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Medellín de Bravo, Veracruz; la ubicación geográfica es de 18° 56' 06" de latitud norte y 96° 11' 32" longitud oeste, a una altitud de 14 msnm. La temperatura media anual es de 25°C, con 21.8°C y 31.8°C la mínima y máxima respectivamente. La precipitación media anual es de 1,350 mm (García, 1988).

En un invernadero de 360 m<sup>2</sup> se construyeron camas de 1.20 m de ancho y se puso acolchado plástico bicolor (blanco/negro) con el color blanco hacia arriba de la cama. La semilla se sembró en charolas de plástico de 200 cavidades colocando dos semillas por cavidad y se inoculó con un gramo de las cepas a evaluar por hoyo a 2 cm de profundidad. Al trasplante, la distancia entre plantas fue de 0.5 m y entre hileras de 0.6 m con una longitud de parcela experimental de 2 m. Se sembraron dos plantas por mata y a los 15 días después de la siembra se realizó un aclareo para dejar una planta. El manejo agronómico del cultivo se describe en (Durán *et al.*, 2013).

Se evaluaron 16 tratamientos (Cuadro 1), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La fecha de siembra fue 11 de octubre de 2011, la semilla se sembró en charolas de plástico de 200 cavidades colocando dos semillas de jitomate Torero F1 por cavidad y se inoculó con un gramo de la cepa a evaluar a dos centímetros de profundidad, posteriormente se regó para llegar a capacidad de campo cada tercer día según las condiciones de temperatura que prevalecieron dentro del invernadero. Se usó la fórmula de fertilización química 100% (160-80-120 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente). Las fuentes de fertilización fueron: urea (46.0% de N), fosfato diamónico (18-46-00 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O) aplicada cada semana a partir de los siete días después de la siembra. Antes de la siembra se inoculó la semilla con los microorganismos según la dosis recomendada por el INIFAP.

Variables cuantificadas: a) Altura de planta a los 7, 30, 45 y 60 días después de la siembra (DDS), b) Diámetro de tallo (mm) con un vernier digital marca Acutec a los



siete y 45 DDS, c). Peso fresco (g) y seco (g) de planta, a los 30, 45 y 60 DDS, d) Peso fresco y seco (g) de raíz a los 45 y 60 DDS, e) Peso fresco y seco (g) de tallo solo a los 60 DDS, f) lectura de contenido de clorofila en hojas con el SPAD 502 Chlorophyll meter marca Minolta a los 30, 45 y 60 DDS, g) Peso de fruto (kg) y se transformó a toneladas por hectárea. La cosecha inició a partir de los 118 DDS, realizándose un total de nueve cortes. El análisis estadístico se hizo con el programa SAS versión 9.2, se realizaron también las pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el cultivo de jitomate en condiciones de invernadero. Ciclo agrícola O-I 2011.**

N°	Tratamiento	
	Cepa microbiana + Fertilización Química	(% FQ de N-P-K)
1	Testigo absoluto (sin cepa)	0% (00-00-00)
2	Testigo tradicional (sin cepa)	100% (160-80-120)
3	Micorriza INIFAP	50% (80-40-60)
4	<i>Pseudomonas</i> 2010 INIFAP	50% (80-40-60)
5	<i>Azospirillum</i> sp. + FQ 50%	50% (80-40-60)
6	<i>Ranhelloa aquatilis</i>	50% (80-40-60)
7	<i>Pseudomonas putida</i>	50% (80-40-60)
8	<i>Herbaspirillum</i> sp.	50% (80-40-60)
9	<i>Bacillus cereus</i>	50% (80-40-60)
10	<i>Pseudomonas</i> sp.	50% (80-40-60)
11	Cepa 4 <i>G. mosseae</i> (Durango)	50% (80-40-60)
12	Cepa 23 <i>G. mosseae</i> (Estado de México)	50% (80-40-60)
13	Cepa 34 <i>G. intraradices</i> (Michoacán)	50% (80-40-60)
14	Cepa 37 <i>G. intraradices</i> (Sonora)	50% (80-40-60)
15	Cepa 76 <i>G. glomerulatum</i> (Chiapas)	50% (80-40-60)
16	Cepa 82 <i>G. intraradices</i> (Quintana Roo)	50% (80-40-60)

## Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para la variable altura de planta (cm). En esta variable el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) a los 45 días DDS, excepto en la última medición de los 60 DDS, en donde no hubo diferencia estadística entre tratamientos. A los 45 DDS, la máxima altura se logró con el tratamiento 11 con la cepa 4 *G. mosseae* (Durango)



con 35.2 cm, como segunda mayor altura se ubica el tratamiento 10 con la cepa *Pseudomonas sp.* con 34.6 cm, la altura más baja la tuvo el tratamiento 1 Testigo absoluto con 22.4 cm. Hernández *et al.* (2018) encontraron que en la altura de planta hubo diferencias significativas en esta variable con la cepa FA-56 de *Pseudomosa putida* sobre el testigo sin inocular en el cultivo de pimiento morrón.

**Cuadro 2. Altura de planta de jitomate (cm) Torero F1, en diferentes días después de la siembra (DDS). C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo agrícola O-I 2011.**

Tratamiento	DDS	
	45	60
1. Testigo absoluto (00-00-00)	22.462 c	22.46 a
2. Fertilización tradicional (100% F. Q.)	25.92 abc	19.46 a
3. Micorriza INIFAP + 50% F. Q.	31.06 abc	24.20 a
4. <i>Pseudomonas</i> cepa 2010 INIFAP + 50% F. Q.	26.79 abc	22.06 a
5. <i>Azospirillum sp.</i> + 50% F. Q.	25.59 bc	23.43 a
6. <i>RanHELLa aquatilis</i> + 50% F. Q.	31.46 abc	24.40 a
7. <i>Pseudomona putida</i> + 50% F. Q.	30.59 abc	<b>24.93 a</b>
8. <i>Herbaspirillum sp.</i> + 50% F. Q.	31.27 abc	24.33 a
9. <i>Bacillus cereus</i> + 50% F. Q.	31.66 abc	24.33 a
10. <i>Pseudomonas sp.</i> + 50% F. Q.	34.69 ab	22.46 a
11. Cepa 4 <i>G. mosseae</i> (Durango) + 50% F. Q.	<b>35.26 a</b>	21.46 a
12. Cepa 23 <i>G. mosseae</i> (Edo. México) + 50% F. Q.	26.99 abc	20.78 a
13. Cepa 34 <i>G. intraradices</i> (Michoacán) + 50% F. Q.	30.39 abc	22.33 a
14. Cepa 37 <i>G. intraradices</i> (Sonora) + 50% F. Q.	30.35 abc	19.53 a
15. Cepa 76 <i>G. glomerulatum</i> (Chiapas) + 50% F. Q.	30.79 abc	21.53 a
16 Cepa 82 <i>G. intraradices</i> (Q. Roo) + 50% F. Q.	26.66 abc	21.73 a
C. V. (%)	14.46	24.83
Media	29.50	22.46
ANOVA	**	N.S.

Diámetro de tallo (mm). A los 45 DDS el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) entre tratamientos, el máximo diámetro de tallo en esta etapa se logró con el tratamiento 13, cepa 34 de *G. intraradices* (Michoacán) con 3.42 mm, le siguió el tratamiento 10, con la cepa *Pseudomonas sp.* con 3.28 mm, el menor diámetro del tallo registrado en esta etapa fue el del tratamiento 9, cepa *Bacillus cereus*, con 2.49 mm, aunque el testigo fue estadísticamente igual con 2.55 mm. Juárez *et al.* (2012), reportan que diámetro de tallo de planta, fue la única característica donde el testigo (18.1 mm) fue mejor ( $P \leq 0.05$ ) en comparación con los



genotipos evaluados. Mientras que Sánchez *et al.* (2014), al evaluar cepas de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en el cultivo de *Lactuca sativa* evidenciaron que incrementaron de manera significativa ( $P < 0.05$ ) el desarrollo de las plantas, utilizando las cepas de *Pseudomonas flurecens* FR1, *Pseudomonas* sp. FR2 y UVLO27.

Peso seco (PS) de planta. En el análisis de varianza no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos a los 30 y 60 DDS, pero detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) entre tratamientos a los 45 DDS; en esta fecha, el máximo peso seco de planta se logró con el tratamiento 11, cepa 4 de *G. mosseae* (Durango) con 0.65 g, seguido por el tratamiento 7, cepa *Pseudomona putida* con 0.60 g, el peso seco de planta más bajo se registró en el tratamiento 5, cepa *Azospirillum* sp con 0.28 g (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Peso seco de planta de jitomate Torero F1, en diferentes DDS. C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo agrícola O-I 2011.**

Tratamiento	Peso seco (PS) g		
	30	45	60
1. Testigo absoluto (00-00-00)	0.27 a	0.34 ab	1.39 a
2. Fertilización tradicional (100% F. Q.)	0.40 a	0.39 ab	1.23 a
3. Micorriza INIFAP + 50% F. Q.	<b>0.69 a</b>	0.48 ab	1.49 a
4. <i>Pseudomonas</i> cepa 2010 INIFAP + 50% F. Q.	0.30 a	0.32 ab	1.64 a
5. <i>Azospirillum</i> sp. + 50% F. Q.	0.35 a	0.28 b	1.36 a
6. <i>RanHELLa aquatilis</i> + 50% F. Q.	0.38 a	0.53 ab	1.21 a
7. <i>Pseudomona putida</i> + 50% F. Q.	0.44 a	0.60 ab	<b>2.19 a</b>
8. <i>Herbaspirillum</i> sp. + 50% F. Q.	0.37 a	0.50 ab	1.31 a
9. <i>Bacillus cereus</i> + 50% F. Q.	0.29 a	0.55 ab	1.19 a
10. <i>Pseudomonas</i> sp. + 50% F. Q.	0.40 a	0.60 ab	1.57 a
11. Cepa 4 <i>G. mosseae</i> (Durango) + 50% F. Q.	0.33 a	<b>0.65 a</b>	1.30 a
12. Cepa 23 <i>G. mosseae</i> (Edo. México) + 50% F. Q.	0.38 a	0.33 ab	1.130 a
13. Cepa 34 <i>G. intraradices</i> (Michoacán) + 50% F. Q.	0.33 a	0.51 ab	1.46 a
14. Cepa 37 <i>G. intraradices</i> (Sonora) + 50% F. Q.	0.34 a	0.49 ab	1.27 a
15. Cepa 76 <i>G. glomerulatum</i> (Chiapas) + 50% F. Q.	0.26 a	0.56 ab	1.39 a
16 Cepa 82 <i>G. intraradices</i> (Q. Roo) + 50% F. Q.	0.33 a	0.29 b	1.39 a
C. V. (%)	62.70	33.43	48.30
Media	0.37	0.46	1.41
ANOVA	N.S.	**	N.S.





Peso seco (PS) de raíz (g). A los 45 DDS se detectaron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre tratamientos, el tratamiento con el mayor peso de raíz fue el 11, cepa 4 *G. mosseae* (Durango) con 0.93 g, en segundo sitio estuvo el tratamiento 15, cepa 76 de *G. glomerulatum* (Chiapas) con 0.64 g, el tratamiento con el menor peso seco de raíz fue el tratamiento seis con la cepa *RanHELLa aquatilis* con 0.27 g (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Peso seco (PS) (g) de raíz de planta de jitomate Torero F1, en diferentes días después de la siembra (DDS). C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo agrícola O-I 2011.**

Tratamiento	Peso seco (g)	
	45	60
1. Testigo absoluto (00-00-00)	0.33 ab	0.64 a
2. Fertilización tradicional (100% F. Q.)	0.49 b	0.73 a
3. Micorriza INIFAP + 50% F. Q.	0.50 ab	0.86 a
4. <i>Pseudomonas</i> cepa 2010 INIFAP + 50% F. Q.	0.278 b	0.89 a
5. <i>Azospirillum</i> sp. + 50% F. Q.	0.31 ab	0.70 a
6. <i>RanHELLa aquatilis</i> + 50% F. Q.	0.27 b	0.48 a
7. <i>Pseudomonas putida</i> + 50% F. Q.	0.45 ab	0.70 a
8. <i>Herbaspirillum</i> sp. + 50% F. Q.	0.50 ab	0.53 a
9. <i>Bacillus cereus</i> + 50% F. Q.	0.38 ab	0.66 a
10. <i>Pseudomonas</i> sp. + 50% F. Q.	0.61 ab	0.72 a
11. Cepa 4 <i>G. mosseae</i> (Durango) + 50% F. Q.	<b>0.93 a</b>	0.73 a
12. Cepa 23 <i>G. mosseae</i> (Edo. México) + 50% F. Q.	0.33 ab	0.50 a
13. Cepa 34 <i>G. intraradices</i> (Michoacán) + 50% F. Q.	0.55 ab	<b>1.06 a</b>
14. Cepa 37 <i>G. intraradices</i> (Sonora) + 50% F. Q.	0.36 ab	0.64 a
15. Cepa 76 <i>G. glomerulatum</i> (Chiapas) + 50% F. Q.	0.64 ab	0.67 a
16 Cepa 82 <i>G. intraradices</i> (Q. Roo) + 50% F. Q.	0.27 b	0.85 a
C. V. (%)	61.39	46.23
Media	0.45	0.71
ANOVA	*	N.S.

Hernández *et al.* (2018), encontraron diferencias significativas entre la incorporación de microcápsulas y suspensión líquida de *Pseudomonas putida* en la variable de materia seca, comparado con el testigo sin aplicar en cultivo de pimiento morrón en invernadero. Pérez-Pazos y Sánchez- López (2017), detectaron incrementos en la variable peso seco radicular de *Ipomea batatas* con la inoculación de las bacterias seleccionadas de *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter*, respecto a las plantas sin inocular. En el cultivo de *Lactuca sativa* se encontró en invernadero que las cepas de *Pseudomonas fluorescens* FR1, *Pseudomonas* sp. FR2 y UVLO27



incrementaron de manera significativa ( $P \leq 0.05$ ) la biomasa y el desarrollo de las plantas.

Peso seco (PS) de tallo (g). En esta variable no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, el máximo peso seco de tallo se logró con el tratamiento 10 con *Pseudomonas* sp. con 0.74 g, seguido por el tratamiento 4 con la cepa *Pseudomonas* cepa 2010 INIFAP con 0.74 g, El peso seco de tallo más bajo registrado fue con el tratamiento 2 con la fertilización tradicional (100%) con 0.57 g.

Unidades de clorofila (Lectura de SPAD). Se detectaron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre tratamientos a los 45 DDS. El mayor promedio de lectura registrado fue con el tratamiento 9, cepa *Bacillus cereus* con 34.90 unidades de clorofila, seguido por el tratamiento 3 con Micorriza INIFAP con 33.02 unidades, el tratamiento con menor cantidad de unidades de clorofila fue el 13, cepa 34 *G. intraradices* (Michoacán) con 23.17 unidades.

Rendimiento total de fruto (t/ha). Para el rendimiento total acumulado de nueve cortes, el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 3, inoculado con Micorriza INIFAP + 50% de FQ con 112.1 t/ha, seguido por el tratamiento 2, con fertilización tradicional 100% con 109.7 t/ha; el tratamiento 16 empleando la cepa 34 *G. intraradices* (Michoacán) + 50% de FQ, tuvo el menor rendimiento con 84.6 t/ha, produciendo 3.5% menos que el tratamiento 1 (testigo absoluto) que produjo 87.6 t/ha, mismo que fue superado por el Tratamiento 3 (Micorriza INIFAP + 50% de FQ) y Tratamiento 2 (Fertilización 100%) en 27.9% y 25.2%, respectivamente. Los resultados del presente trabajo indican que la biofertilización del cultivo de jitomate con el 50% de la fertilización química (80-40-60 kg/ha de N-P-K respectivamente) representa una opción real, ecológica y potencial para disminuir los costos de producción, al reducir el uso de insumos costosos como son los fertilizantes químicos. Colateralmente se disminuye de manera importante la contaminación del ambiente y se obtiene una mayor producción en comparación con el uso fertilizantes químicos al 100% (160-80-120 kg/ha de N-P-K, respectivamente). En la búsqueda de desarrollar un paquete amigable con el ambiente, la biofertilización a



través del tiempo permite incrementar la actividad biológica en el suelo y poco a poco lograr la recuperación en suelos degradados.

## Conclusiones

1. La mayor producción acumulada de nueve cortes de jitomate se logró con el tratamiento a base de Micorriza INIFAP + fertilización química al 50% (112.1 t/ha), superando en 27.9% al tratamiento testigo absoluto (sin biofertilizantes y sin fertilización química).
2. En el centro de Veracruz en condiciones de invernadero, es factible obtener una producción de jitomate de al menos 84.6 t/ha, con el empleo de microorganismos micorrizicos o bacterianos, el cual permite reducir en 50% la fertilización química y contribuye a disminuir el costo de producción por este concepto.
3. Se estima que con el empleo de estos microorganismos micorrizicos y bacterianos pueden superarse los rendimientos unitarios del jitomate registrados a nivel nacional y en el estado de Veracruz que son de 76.94 y 23.30 t/ha, respectivamente.

## Agradecimientos

Esta publicación ha sido realizada gracias al apoyo económico recibido por parte de la SAGARPA, a través de los proyectos: “Promoción y transferencia de tecnología para el uso de biofertilizantes: Actividad cultivos alternativos”; y “Evaluación de cepas bacterianas potenciales en tomate, como parte del programa de soporte (SAGARPA-SDR) del componente Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología 2009”.



## Literatura citada

- Aguado Santacruz, G. A. 2012. Uso de microorganismos como biofertilizantes. *En*: Introducción al uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura. (Ed.) Aguado-Santacruz, G. A. INIFAP/SAGARPA. México. p. 35-78.
- Álvarez, K. P. M., González B. Y. y Reyes A. D. 2008. Evaluación del empleo de micorrizas vesículo arbusculares combinadas con diferentes niveles de nitrógeno en tomate. *Centro Agrícola*. 35 (4): 15-18; oct.-dic., 2008. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V35-Numero\\_4/pdf/cag044081635.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V35-Numero_4/pdf/cag044081635.pdf). Consultado el 13 de junio de 2014.
- Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Ortiz, Ch. F. y Grageda, C. O. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* Vol. 4. N° 2. Texcoco 15 feb.- 31 mar. 2013. p. 315-321.
- Durán, P. A., Vásquez, H. A., Meneses M. I. y Zetina, L. R. 2013. Tecnología para la producción de tomate de invernadero con biofertilizantes microbianos en el centro de Veracruz. Desplegable para productores N° 51. Campo Experimental Cotaxtla. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. INIFAP. SAGARPA. Mayo de 2013.
- García, E. 1980. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ta. Edición. Instituto Nacional de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. 130 p.
- Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Sandoval-Villa, M., Ramírez-Vallejo, P., David Wm. Reed, Cisneros-Ceballos, L. y Stephen King. 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. *En*: Revista Chapingo. Serie Horticultura 18 (2): 207-218.
- Hernández, M. I. y Chailloux, M. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *En*: Cultivos tropicales 2004. Vol. 25. Núm. 2. p. 5-12. <http://200.14.48.83/anteriores/pdf/2004/2/CT25208.pdf>. Consultado el 12 de junio de 2014.





- Hernández, M. L. G., Chiquito, C. R. G., Castillo, R. D. G., Chiquito, C. C. J., Vidal, H. L. y Beltrán, M. F. A. 2018. Efecto de micro cápsulas de *Pseudomonas putida* sobre el crecimiento y rendimiento de pimiento morrón. Rev. Mex. Ciencias agrícolas. Vol. Esp. N° 20 p. 4223.
- Lionin, D. y Medina, N. 2002. Nutrición mineral con N-P-K en la simbiosis hongos micorrizicos-tomate *Lycopersicon esculentum* en ferralsols. En: Cultivos tropicales 2002. Vol. 23. Núm. 4. P. 83-88. <http://200.14.48.83/antiores/pdf/2002/4/CT23412.pdf>. Consultado el 12 de junio de 2014.
- Pérez-Pazos, J. V. y Sánchez-López, D. B. 2017. Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomea batatas* del Caribe Colombiano. Rev. Colomb. Biotecol. Vol. XIX. N° 2. Julio-diciembre 2017, 39-50.
- Rick, C. M. 1986. Germoplasm resources in the wild tomato species. Acta Horticulturae 190: 39-47.
- Rodríguez, Y. Y., Noval, P. B., Fernández, M. F., y Rodríguez, H. P. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrizicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var *Amalia*): Ecol. Aplicada. 2004. Vol. 3. Núm. 1. p. 162-171. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S17262162004000100023&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S17262162004000100023&script=sci_arttext). Consultado el 13 de junio de 2014.
- SAGARPA. 2016. Atlas agroalimentario 2016. SAGARPA. SIAP. Primera edición p. 94-95. Versión en formato digital. Consultado el 03 de agosto de 2018.
- Sánchez. L., D. B. García H. A. M., Romero P. F. A. y Bonilla, B. R. R. 2014. Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal solubilizadoras de fósforo en *Lactuca sativa* cultivar White Boston. Rev. Colomb. Biotecol. Vol. XVI. N° 2. diciembre 2014. 122-128.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes usando *Pseudomonas* sp. Ecología aplicada, 5 (2), 2006. p. 87-91.
- SIAP. 2017. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx). Consultado el 19 de marzo de 2019.



## HERBICIDAS CONVENCIONALES Y ORGÁNICOS PARA CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE PIÑA

Laureano Rebolledo Martínez<sup>33\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>33</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>33</sup>,  
María Enriqueta López Vázquez<sup>33</sup>, Nain Peralta Antonio<sup>33</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>33</sup> y  
Daniel Emigdio Uriza Ávila<sup>33</sup>

### Resumen

Durante la época de temporal de 2019 en la Tasajera municipio de Medellín, Veracruz se estableció un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de herbicidas convencionales y orgánicos en el control de malezas en el cultivo de piña *Ananas comosus* vr. *Comosus*. Se evaluaron ocho tratamientos: 1. Testigo absoluto; 2. Testigo comercial (bromacil 1 kg/ha más diuron 4 kg/ha); 3. Acolchado plástico negro calibre 150 (Cobertura total 100%); 4. Vinagre blanco solo sin diluir (800 L/ha); 5. Vinagre blanco 50% más jugo de limón 50% (400L/ha más 400 L/ha); 6. Mulch con hojas de piña 15 t/ha); 7. Ácido piroleñoso (50 L/ha) y, 8. Vinecide herbicida orgánico comercial (10 L/ha). Las especies de arvenses fueron coquillo: *Cyperus* sp. zacate: *Digitaria* spp. zacate *Paspalum* sp. verdolaga: *Portulaca oleracea*. dormilona o vergonzosa: *Mimosa pudica*. campanilla o bejuco: *Ipomoea cairica*. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de la maleza, cobertura % de hoja angosta, cobertura % de hoja ancha, cobertura % total a los 26 días después de la aplicación (DDA). Los resultados indican que los herbicidas comerciales bromacil más diuron y la cubierta con plástico negro 100% al suelo son una alternativa de control de malezas de hoja angosta desde el punto de vista del manejo convencional y orgánico al controlar 98.75% y 74%, respectivamente, de las arvenses de hoja angosta presentes en este cultivo durante la época de temporal. Las aplicaciones con el herbicida orgánico

<sup>33</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, municipio de Medellín, Veracruz, México.

\*rebolledo.laureano@inifap.gob.mx



comercial Vinecide y los elaborados de manera artesanal a base de vinagre, limón, ácido piroleñoso y el control natural con mulch de hojas de piña, no tuvieron ningún efecto en el control de malezas en el cultivo de piña a los 26 días después de su aplicación durante los meses de junio y julio.

**Palabras clave:** arvenses, cobertura plástica 100%, mulch, malezas y gramíneas

## Introducción

La piña es la tercera fruta tropical de importancia económica en el mundo, su producción a nivel mundial, entre 2006 - 2010, fue de 18 millones de toneladas de fruta fresca, (TAPP, 2013; Adegbite *et al.*, 2014). Su producción en México para el año 2018 asciende a 999,592.81 mil toneladas, siendo Veracruz el estado líder en producción con 63.4%, seguido por Oaxaca 13.9% y Tabasco 5.6% (SIAP, 2019). Dentro de los problemas que presenta este cultivo está el de las malezas considerado como uno de los principales reportados en la piña. En México su control se realiza con aplicaciones de bromacil, en mezclas con diuron y ametrina aún a riesgo de causar toxicidad a la planta de piña ya enraizada y en plena etapa de crecimiento activo (Rebolledo *et al.*, 2011). Otro impacto negativo de la presencia de arvenses en los alrededores y dentro del cultivo, es la posibilidad de contaminación de la corona de la fruta por semillas de estas arvenses (Elizondo, 2006). Existen diversos herbicidas autorizados como diurón, bromacil, ametrina, atrazina, hexazinona, dalapón y quizalofop-p-etil, aunque ninguno de ellos, solo o en mezcla ofrecen un control total de todas las especies de malezas, estos herbicidas aplicados de manera continua durante el ciclo de producción del cultivo han provocado contaminación y deterioro del suelo (Brenes y Agüero, 2007).

En el caso de la producción orgánica de piña el panorama de control de arvenses varía considerablemente, debido principalmente a que no se permite el uso de herbicidas sintéticos. Entre las prácticas de manejo, se utilizan coberturas plásticas sobre el área de producción, en los lomillos como entre las hileras, para evitar el



surgimiento de arvenses. La cobertura de color negro es la más utilizada, ya que evita que la luz pase a través de ésta, lo cual disminuye la ruptura del plástico por arvenses que broten por debajo de éste (Brenes y Agüero, 2007).

El vinagre (Ácido acético) es el producto final de una fermentación acética realizada con cualquier líquido de una fruta. El ingrediente activo es el ácido acético, un químico encontrado en todos los organismos vivos. El vinagre se reporta con efecto herbicida, gracias a su contenido en ácido acético, debido a que erradica la mayor parte de la vegetación ya que absorbe toda la humedad de la hoja (Agricultura Verde, 2017; EPA, 2001). En Honduras en un suelo de tipo franco arcilloso, se encontró que el compuesto ácido acético controló arvenses de hoja ancha y gramíneas con crecimiento promedio de 15 cm de altura, con una efectividad de 75.6 % (Canturo, 2000).

El ácido piroleñoso es un líquido que se obtiene de la destilación seca de la madera. Está integrado por un 80 a 90% de agua y muchos compuestos orgánicos; entre ellos, el ácido acético y el alcohol metílico. (Hirai Yasushi, 2017). Implementar la amplia gama de prácticas expuestas anteriormente permite al productor minimizar el impacto de las malezas en los sistemas de producción orgánica y con el tiempo reducir costos en el control de estas plantas indeseables (INTAGRI, 2017).

El acolchado plástico total actualmente es una práctica agronómica que se aplica en las regiones productoras de México, permite una mayor cobertura del suelo y por ello menos maleza y fuga de humedad con la ventaja que se puede poner manualmente. Por otra parte, al utilizar residuos vegetales como Mulch se protege el suelo de las temperaturas excesivas, reduce la emergencia de malezas e impide la competencia de las plantas por la radiación solar, conserva la humedad y aumenta la infiltración del agua en el suelo (Hernández *et al.*, 2008). Actualmente nuevos herbicidas comerciales orgánicos están presentes, una de ellas es el Vinecide, del 15 al 20%, cuyo ácido destruye la capa protectora de las hojas; su composición es del 98% ácido acético, citrus x limón 0.12%, 2 propanol 0.44% e hidróxido de potasio 1.44%. No contamina el suelo, no es tóxico al operador cuando es aplicado a las plantas.

El objetivo del estudio fue identificar estrategias de control de malezas que incluyen





herbicidas químicos, orgánicos comerciales, orgánicos artesanales y barreras físicas como es uso de acolchado plástico y mulch en el cultivo de la piña.

## Materiales y métodos

El trabajo se estableció en la comunidad “La Tasajera” en la región de los Robles, Veracruz, en una plantación de piña del híbrido MD-2, seleccionada por tener diversidad de malezas representativas de las plantaciones de piña. El sitio de trabajo se ubica a los 18° 56´ 14” de latitud norte, y 96° 7´ 14” de longitud oeste y altitud de 19 m. La textura del suelo es arena migajosa con pH de 4.06, materia orgánica mediana de 1.93%, nitrógeno pobre, fósforo rico y potasio mediano. La plantación se encuentra ubicada en pendiente de 2% establecida con 50 mil plantas por hectárea en camas con dos hileras de siembra, la distancia de centro a centro de las camas es de 1.25 m, entre hilera ancha de 85 cm, hilera angosta de 40 cm y distancia entre plantas de 32 cm.

Se evaluaron ocho tratamientos (Cuadro 1), de los cuales el 4, 5 y 7 fueron elaborados de manera artesanal, el 3 y 6 fueron aplicados de manera manual y el 8 fue un herbicida orgánico comercial.

**Cuadro 1. Tratamientos de herbicidas convencionales y orgánicos evaluados para el control de malezas en el cultivo de la piña, Los Robles, Veracruz.**

Tratamientos	Dosis
1 Testigo absoluto	0
2. Testigo comercial (Bromacil más Diurón)	1 kg/ha más 4 kg/ha
3. Acolchado plástico negro calibre 150	Cobertura total 100%
4. Vinagre blanco solo sin diluir	800 L/ha
5. Vinagre blanco al 5% más jugo de limón persa	400 L/ha más 400 L/ha
6. Mulch con hojas de piña al 20% de humedad	15 t/ha
7. Acido piroleñoso obtenido de <i>Gliricidia sepium</i>	50/L/ha
8. Vinecide: herbicida orgánico comercial	10 L/ha

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en tres camas de siembra con área de 2.5 x 3



m (7.5 m<sup>2</sup>). Los herbicidas se aplicaron el 14 de junio de 2019 con una aspersora manual de mochila con boquilla de calibre 8004. Al momento de la aplicación las malezas presentaron una altura promedio de 15 cm en todo el experimento. Previamente se colectó una muestra de las plantas presentes y se colocaron en una prensa de madera para su conservación y clasificación a nivel de familia y género (Brenes y Agüero, 2007).

Las variables evaluadas fueron: altura de la maleza, cobertura de hoja angosta (%), cobertura de hoja ancha (%), cobertura total (%) a los 26 DDA, altura de la maleza a los 45 DDA, a excepción del tratamiento con acolchado plástico. La metodología utilizada fue de acuerdo con (Esqueda y Tosky, 2013). Se realizaron los análisis de varianza y prueba de medias Tukey al 0.05 mediante el paquete estadístico Infostat 2016.

## Resultados y discusión

Se encontraron seis especies de malezas pertenecientes a cinco familias botánicas entre las cuales dominaron tres de hoja angosta en el 98% de la superficie y tres de hoja ancha con el 2% restante. Las especies de hoja angosta fueron: 1) Coquillo (*Cyperus* sp.), se caracteriza por ser una planta perenne con rizomas muy largos cubiertos con escamas envainantes, algunas veces terminados en tubérculos; 2) Zacate *Digitaria* spp., es una maleza común que tiene varios parientes similares con la inflorescencia digitada y ramas que parecen espigas y no se ramifican; 3) Zacate *Paspalum* sp., se caracteriza por presentar espiguillas biflosculares plano convexas, siendo ésta probablemente la única sinapomorfia del género (Rua *et al.*, 2010), además, las espiguillas generalmente carecen de la primera gluma y el lema fértil presenta los márgenes enrollados. Las especies de hoja ancha fueron; 1) Verdolaga (*Portulaca oleracea*), caracterizada por ser una planta con cotiledones espatulados, pecíolo corto y grueso, lámina verde o rojiza en el envés, glabra y de aspecto suculento; 2) Dormilona o vergonzosa (*Mimosa pudica* L.), planta común en las orillas de caminos y potreros en el trópico mexicano, se cultiva por su valor estético



ya que sus hojas se mueven rápidamente al tocarse y; 3) Campanilla o Bejuco (*Ipomoea cairica*), planta trepadora herbácea, se reconoce fácilmente por sus flores en forma de embudo radial y simétrica (Brenes y Agüero, 2007).

### **Cobertura de maleza**

A los 26 DDA se detectó diferencia entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) en la cobertura de hoja angosta, obtenida con la aplicación de bromacil más diurón (1.25%) y acolchado plástico (19.38%), los cuales superaron al resto de los tratamientos (Cuadro 2). El control de bromacil más diurón corrobora la efectividad de estos ingredientes para el control de malezas en el cultivo de piña. En el área manejada con cubierta plástica al 100% se observó que el porcentaje de cobertura de la maleza fue relativamente alto, debido a que la perforación del plástico que se utiliza para la plantación de vástagos deja una pequeña área sin cobertura plástica; esto permitió el crecimiento de malezas alrededor de la planta. Lo anterior pudiera corregirse con perforaciones de menor diámetro en combinación con control manual, ya que la agresividad de la maleza afecta seriamente al cultivo en caso de no eliminarse. La cobertura de malezas de hoja angosta a los 26 DDA en los otros tratamientos con productos orgánicos fue de 73.75% (mínimo) y 99.5% (máximo) con 90.41% en promedio, indicando que dichos tratamientos no controlan las malezas en el cultivo de piña, cuando se aplican en la época de lluvias. Lo anterior difiere a lo reportado en la ficha técnica del herbicida Vinecide (Canturo, 2000) y sobre el vinagre blanco (Agricultura Verde, 2017); sin embargo, se esperaría un efecto positivo de estos herbicidas en plantaciones con dominancia de maleza de hoja ancha. En el mismo sentido, el bajo efecto de los herbicidas orgánicos puede atribuirse a la cantidad de lluvia precipitada durante el periodo que duró el experimento, la cual fue de 371 mm, ocurrido durante los 45 días que duró el experimento.

La cobertura de hoja ancha a los 26 DDA no presentó diferencia significativa, la mayor presencia de malezas de este tipo fue de 23.75% para el tratamiento testigo, seguido por el herbicida orgánico comercial Vinecide con 17.5%. Se observó que la presencia de hoja ancha donde se aplicó bromacil más diurón fue nula (Cuadro 2).



### Cobertura total de hoja angosta y ancha

La cobertura total de malezas a los 26 DDA presentó diferencia entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) donde el tratamiento bromacil más diuron y acolchado plástico total fueron los mejores con un control de 98.75% y 74%, respectivamente (Cuadro 2). Los resultados demuestran también que los tratamientos de herbicidas orgánicos comercial y artesanal no controlaron la maleza después de los 26 DDA, presentando cobertura promedio de malezas de hoja angosta y ancha de 96.1%, cuando fueron aplicados al cultivo de piña en la época de lluvias.

**Cuadro 2. Control de malezas con herbicidas convencionales y orgánicos, 26 días después de la aplicación en el cultivo de piña.**

Tratamiento	Cobertura de maleza (%)		
	Hoja angosta	Hoja ancha	Total
1. Testigo absoluto	73.75 a	23.75 a	96.25 a
2. Testigo comercial (Bromacil más Diurón)	1.25 b	0.0 a	1.25 b
3. Acolchado plástico negro calibre 150	19.38 b	6.63 a	26 b
4. Vinagre blanco solo sin diluir	98 a	1.0 a	99 a
5. Vinagre blanco al 5% más jugo de limón persa	99.5 a	0.5 a	100 a
6. Mulch con hojas de piña al 20% de humedad	95.0 a	5.0 a	100 a
7. Acido piroleñoso obtenido de <i>Gliricidia sepium</i>	93.75 a	3.75 a	97.5 a
8. Vinecide: herbicida orgánico comercial	82.5 a	17.5 a	85 a

Valores con la misma letra son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

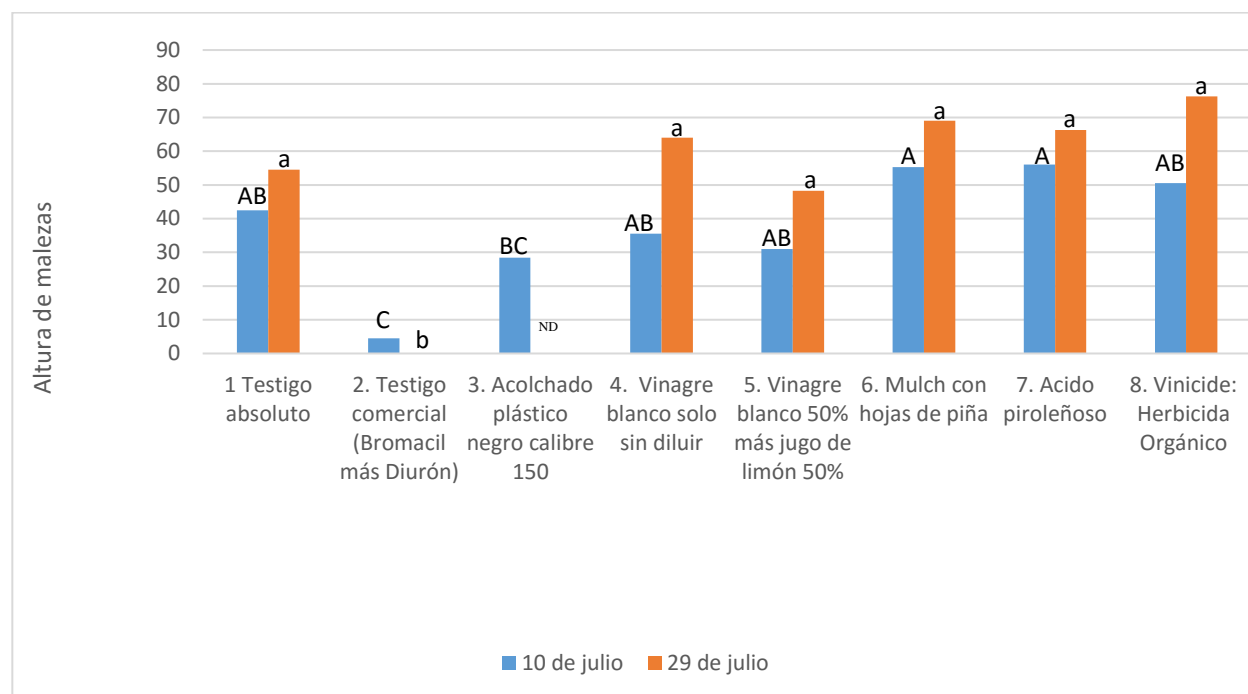
### Altura de maleza

La altura de las plantas se midió a los 26 DDA y presentó diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). Los 4.5 y 28.38 cm de altura de malezas vivas obtenido con bromacil más diurón y acolchado plástico total, fueron muy inferiores a los 55 y 56 cm obtenidos por el mulch con hoja de piña y acido piroleñoso (Figura 1). Estos resultados indican que las plantas siguieron creciendo en relación a los 15 cm de altura que tenían las malezas al momento en que se realizó la aplicación de los tratamientos, excepto el testigo comercial (bromacil más diurón) y el tratamiento acolchado plástico que mantuvieron una altura de maleza menor de 5 cm hasta los 45 DDA, para el caso de bromacil mas diurón son herbicidas sistémicos altamente solubles y tóxicos, (Rebolledo *et al.*, 2011; Esqueda, 2005). La reducción de malezas en estos tratamientos se debe a que los herbicidas químicos provocaron la muerte





de las malezas, mientras que en el acolchado plástico se realizó un deshierbe manual a los 26 DDA, ya que esta es una práctica común de los productores. Para el resto de los tratamientos se observó que la maleza seguía creciendo con tamaños que varían de 48 a 76 cm y cobertura del 100%, lo que manifiesta que el uso de herbicida orgánico comercial y artesanal no tuvieron efecto en el control de malezas en el cultivo de piña.



**Figura 1. Altura de maleza con aplicaciones de herbicidas comerciales y orgánicos a los 26 (10 de julio) y 45 (29 de julio) DDA en el cultivo de piña. Letras mayúsculas indican diferencia entre tratamientos en el muestreo del 10 de julio. ND= No Disponible, letras minúsculas indican diferencia entre tratamientos en el muestreo del 29 de julio.**

## Conclusiones

1. En las plantaciones de piña de la región de los Robles, Veracruz, los herbicidas comerciales bromacil más diuron y la cubierta con plástico negro 100% al suelo, son una alternativa de control de malezas de hoja angosta, desde el punto de vista del manejo convencional y orgánico, al controlar 98.75% y 74%



respectivamente las arvenses de hoja angosta presentes en el cultivo durante la época de temporal.

2. Las aplicaciones con el herbicida orgánico comercial Vinecide y los elaborados de manera artesanal a base de vinagre, limón, ácido piroleñoso y el control natural con mulch de hojas de piña, no tuvieron ningún efecto en el control de malezas en el cultivo de piña a los 26 días después de su aplicación durante los meses de junio y julio.

### Literatura citada

Adegbite O., O. Oni, y I. Adeoye. 2014. Competitiveness of pineapple production in Osun State, Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development* 5(2): 205-214.

Brenes-Prendas, S.; Agüero-Alvarado, R. 2007. Reconocimiento taxonómico de arvenses y descripción de su manejo, en cuatro fincas productoras de piña (*Ananas comosus* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 18(2):239-246.

Canturo C.J. 2000. Evaluación de la aplicación temprana de ácido acético para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de melón de trasplante. <https://www.Science.org.es/efectividad%20cuatro%20herbidas%20aplicados%20en%20reciduos%20Roberto%20Alfaro.pdf>

Elizondo, A. 2006. Noticias del mercado internacional de piña fresca. Dirección de Mercadeo y Agroindustria. CNP- Mercanet. Boletín 1, año 11. Disponible en: [www.mercanet.cnp.go.cr](http://www.mercanet.cnp.go.cr).

EPA, 2001. Plaguicidas. Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. <https://www.español.epa.gov/español/plaguicidas>

Esqueda-Esquivel, Valentín A., & Tosquy-Valle, Oscar Hugo. (2013). Control químico de *Echinochloa colona* (L.) link resistente al propanil y *Cyperus iria* L. en arroz (*Oryza sativa* L.) de temporal en Tres Valles, Veracruz. *Universidad y ciencia*, 29(2), 113-121.



- Esqueda-Esquivel, Valentín A. (2005). Efecto de herbicidas sobre plantas y semillas de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton, en caña de azúcar. *agronomía mesoamericana* 16(1): 45-50. 2005.
- Hernández Del Valle G, Pedro N. L., Cruz la P. O y Indrani R. Y. (2008). Influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad «Bat-304». *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 17, No. 4, 2008
- Hirai Yasushi. 2017. *Economía y viveros. Toda la información sobre Floricultura Argentina*. ISSN 2346-9233. Argentina.
- INTAGRI. 2017. Manejo de Malezas en la Agricultura Orgánica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 16 p. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Rebolledo, M. A., D. E. Uriza A., A. L. Del Ángel P., L. Rebolledo M y R. Zetina L. 2011. La piña y su cultivo en México: Cayena lisa y MD2. Libro técnico Núm. 27. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Medellín de Bravo, Veracruz, México. 304 p.
- Rua, G. H., P. R. Speranza y M. Arakaki. 2010. A phylogenetic analysis of the genus *Paspalum* (Poaceae) based on cpDNA and morphology. *Plant Syst. Evol.* 288: 227-243.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera). 2019. Producción Agrícola por Estado en Riego y Temporal. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consultado el 13 de septiembre de 2019).
- TAPP. 2013. (Tanzania Agriculture Productivity Program). Market trends for pineapple. Market survey. USDA, Tanzania, Africa. [http://www.fintrac.com/cpanelx\\_pu/tapp/13\\_41\\_99\\_TAPP%20-%20Pineapple%20Market%20Survey.pdf](http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/tapp/13_41_99_TAPP%20-%20Pineapple%20Market%20Survey.pdf) (Consultado 15 mayo 2014).
- Ecología verde. 2017. Vinagre blanco como herbicida. <https://www.ecologiaverde.com> › Plantas y jardinería.



## ESTANDARIZACIÓN DE MEDICIÓN CERCANA DE REFLECTANCIA EN HOJAS DE *Carica papaya* L. INFECTADAS CON PRSV-p

Alejandro del Jesús Trejo Pérez<sup>34\*</sup>, Juan Antonio Villanueva Jiménez<sup>34</sup>, José López Collado<sup>34</sup>,  
Mónica de la Cruz Vargas Mendoza<sup>34</sup> y Luis René Sagredo Hernández<sup>35</sup>

### Resumen

La detección oportuna es un paso importante para el control de enfermedades vegetales que afectan los rendimientos de producción del cultivo de papayo *Carica papaya* L. Los equipos espectrorradiométricos (ESPC) que miden reflectancia (RF) son un método emergente no invasivo para la detección de enfermedades en plantas. El objetivo fue establecer una metodología para la estandarización de tomas de lecturas de RF en hojas de *C. papaya* infectada con el Virus de la Mancha Anular del Papayo (PRSV-p). Las lecturas de RF consideraron el ángulo de posición del ESPC, el área de la muestra, la distancia entre la muestra y el lente de colimación del ESPC, el horario de toma de lecturas de RF y la calibración del equipo. Se analizaron las lecturas de RF de dos grupos de plantas (sanas e infectadas con PRSV-p), y se encontraron diferencias entre los dos grupos en la región visible (VIS) (>400-700 nm) y la región del borde rojo RE (>640-740 nm) del espectro electromagnético. Los datos obtenidos por el STS-VIS pueden ser más homogéneos, que cuando no se toman en cuenta las variables antes mencionadas para la toma de lecturas de RF en plantas de invernadero. Así, la reflectancia se puede utilizar para detectar cambios en diferentes etapas de infección en hojas de papayo ocasionados por la enfermedad del PRSV-p. Esta metodología puede ser replicada o mejorada para utilizarse en el estudio de síntomas de daños en hojas ocasionados por fitopatógenos en plantas de papayo, con potencial para su uso en otras plantas de importancia económica.

<sup>34</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz

<sup>35</sup> Universidad Autónoma de la Ciudad de México \* javj@colpos.mx.





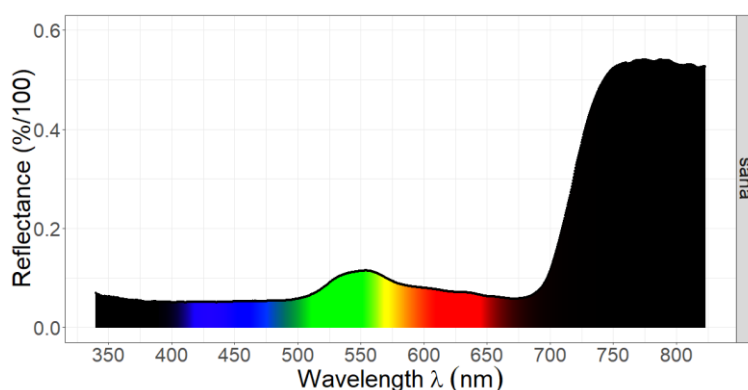
**Palabras claves:** espectrorradiometría, método no invasivo, región RE, región VIS, virus fitopatógeno

## Introducción

En Veracruz, el Virus de la Mancha Anular del Papayo (PRSV-p) puede ocasionar pérdidas de 30 a 100% (Hernández-Castro *et al.*, 2015). Detectar, evaluar y cuantificar una enfermedad fitopatológica en una planta o en cultivos es relevante cuando la pérdida se relaciona con dicha enfermedad (Bock *et al.*, 2010). Los equipos espectrorradiométricos evalúan la reflectancia, irradiancia, fluorescencia y color en hojas de plantas a través de diversas longitudes de onda del espectro electromagnético (desde 280 a 2800 nm). Estos equipos son rápidos, robustos, confiables, precisos y no invasivos para la detección de plantas con estrés fisiológico, lesiones y enfermedades, por lo que estos sistemas constituyen un método emergente para detectar y cuantificar síntomas causados por plagas y enfermedades en plantas. La capacidad que tienen las hojas de las plantas para absorber, reflejar o transmitir la radiación solar en distintas longitudes de onda depende de los compuestos bioquímicos (pigmentos fotosintéticos, proteínas y contenido de agua, entre otros), la fisiología y estructura de las hojas (Bock *et al.*, 2010). Cambrón-Sandoval *et al.* (2011) afirmaron que las plantas sometidas a estrés (falta de agua, de nutrientes esenciales, ataque de fitopatógenos, heladas y sequías) tienden a perder capacidad fotosintética y disminuyen el contenido de clorofila A y B de sus hojas. La clorofila A, es el pigmento principal que transforma la energía lumínica en energía química y se considera un pigmento activo. La clorofila B absorbe la luz en longitudes de onda diferentes a la clorofila A y se considera un pigmento accesorio. Estudios espectrorradiométricos han mostrado que el espectro de RF de una planta sana es diferente al de una planta con deficiencia de nutrientes, estrés o enferma (Lorenzo *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2018). Por lo general, el espectro de RF de plantas sanas en VIS se caracteriza por una fuerte absorción en el azul (400-500 nm), un incremento en la RF en el verde (500-600 nm). En



promedio, el pico de RF se observa a los 540 a 560 nm, y no excede de 20% del total de la radiación incidente reflejada (Horler *et al.*, 1982; Aguilar, 2015). Tal como sucede en la región azul, una mayor absorción en el rojo (600-700 nm) permite observar una disminución de la RF. En esta región del espectro, se nota un cambio brusco de la RF (> 690 nm), conocido como borde rojo (RE), el cual es mayor a 50% del total de radiación reflejada (Baranoski y Rokne, 2005). En la Figura 1 se muestra la reflectancia de una hoja sana de *C. papaya* L.



**Figura 1. Espectro de reflectancia de una hoja sana de papayo (*C. papaya* L.).**

Los espectros de RF de hojas evaluados en condiciones de campo e invernaderos, y en laboratorio son realizados de manera distinta. En el caso de las pruebas realizadas en campo e invernadero, los espectros de RF dependen de variables dinámicas que pueden controlarse (el ángulo de posición del ESPC con respecto a la hoja de la planta, el área de la muestra, la distancia entre la muestra y el lente de colimación del ESPC, el horario de toma de lecturas de RF y la calibración del equipo ESPC) y de otras que no pueden controlarse en estas condiciones (fuente de luz, nubosidad, precipitación y temperatura). Por tanto, realizar lecturas de RF en condiciones de campo e invernadero permite comprender el fenómeno de la producción agrícola, pero obtener datos es más difícil en comparación con los experimentos realizados en laboratorio.

El objetivo del presente trabajo fue presentar una metodología para la estandarización de tomas de lecturas de RF en hojas de *C. papaya* L. infectadas con el PRSV-p en condiciones de invernadero. Detectar síntomas tempranos del PRSV-



p permitirá que los tomadores de decisiones tengan información para reducir los niveles de infestación del virus en la parcela y así evitar altos niveles de infestación del virus.

## **Materiales y métodos**

### **Zona de estudio**

El estudio se desarrolló de mayo a agosto de 2019, en un invernadero dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz (96.343647° LN, 19.194224° LO). Predomina el clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Aw2), con medias anuales de temperatura de 25.7°C, precipitación de 1116 mm, altitud de 27 m y radiación solar de 4.6 kWh m<sup>-2</sup>/día (NASA, 2019; CONABIO, 2019; INEGI, 2019).

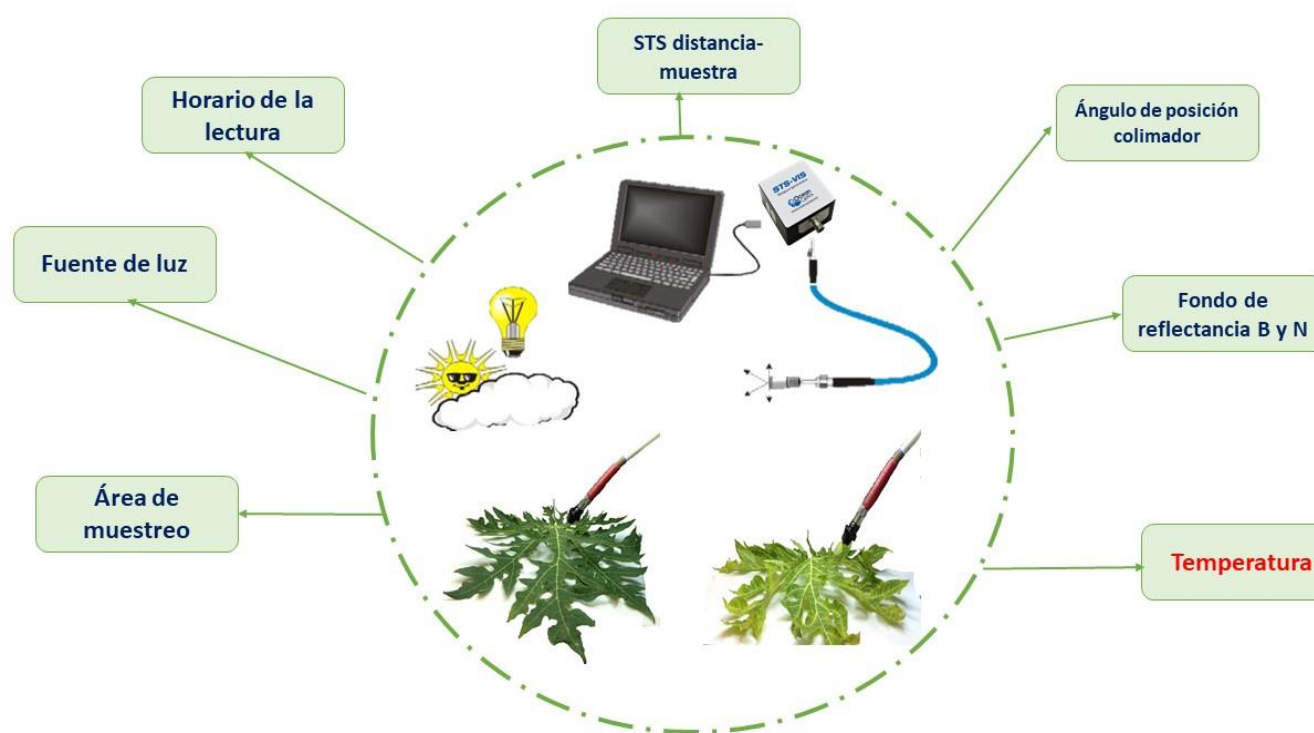
### **Cultivo de plantas e inoculación del patógeno.**

Las plantas de papayo, variedad Maradol Roja (Semillas del Caribe®, México) se desarrollaron en un sustrato comercial (COSMOPEAT®) en bolsas negras de plástico (40 x 38 cm) en un invernadero a temperaturas promedio de 39/23°C (día / noche) y humedad relativa (HR) >42%, (datalogger Sper Scientific®), fotoperiodo de 14 h luz/10 h oscuridad y radiación solar diaria >400 μmol m<sup>-2</sup>/s/día. Las plantas se regaron según fue necesario y se fertilizaron mensualmente con 20 mg de abono granulado NPK 12-08-16 + microelementos (Blaukorn® classic). Para la obtención de plantas enfermas, se inocularon de manera mecánica 10 plantas de papayo con el PRSV-p. Se utilizó el procedimiento reportado por Cabrera-Mederos *et al.* (2017). Como testigo, se utilizaron 10 plantas de papayo con el mismo procedimiento de la inoculación mecánica, pero solo con agua destilada. Todas las plantas en el experimento contaban con 105 días después del trasplante.

### **Medición de la RF de las hojas.**

El Sistema de medición de la ESPC (Figura 2) diseñado para la estandarización de la metodología propuesta consistió en utilizar un STS-VIS Miniature Spectrometer

(Ocean Optics®), con rango espectral 339-822 nm (VIS y RE) y resolución de 0.45 nm; fibra óptica QP600-025-VIS.NIR como cable de conexión entre el STS-VIS, lente de colimación serie 74-UV (lente óptico curvado, ángulo de visión 25°, que ayuda a hacer paralela a la luz que entra en el espectrorradiómetro) y estándar de reflectancia blanco W-S1 (utilizado para calibrar el equipo con reflectancia mayor a 98% en todo el rango del espectro del equipo) y para calibración de RF el Software Oceanview®, para obtener espectros de RF en archivos ASCII para su posterior análisis.

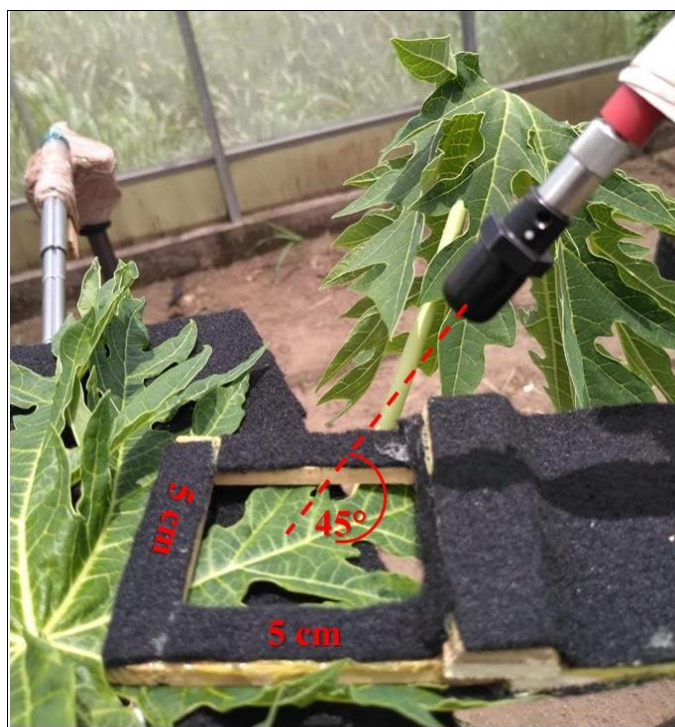


**Figura 2. Variables externas a las mediciones de RF en condiciones de invernadero.**

Se diseñó un soporte para el control de la distancia entre el lente de colimación y la muestra, de 5 cm; el mismo soporte controla el ángulo de 45° y el área de muestreo de 25 cm<sup>2</sup>, con la finalidad de homogenizar las lecturas de RF registradas por el software (Figura 3). Se estandarizó el horario de toma de datos de RF, de 11:00 a 15:00 h, horario con menor nubosidad local en los meses de junio a agosto.



Las mediciones de reflectancia se realizaron sobre la superficie adaxial (haz) de cada hoja sana e infectada, a partir de cuatro días de la inoculación (DDI); después de 24 días del experimento, se redujeron a 3 días y posteriormente a dos. Las lecturas de RF se registraron en 10 hojas de 10 plantas sanas y 10 hojas de 10 plantas enfermas. Se tomaron cinco repeticiones de cada lectura.



**Figura 3. Soporte del STS-VIS que controla las variables de distancia, ángulo y área de la muestra.**

### **Configuración del software**

El software incluye funciones de procesamiento de señal, como el suavizado de píxeles y el promedio de la señal. El software visualiza, almacena y recupera los datos en tiempo real, lo que permite evaluar la efectividad de la configuración de parámetros para el correcto funcionamiento del sistema. En la ventana de “Acquisition Group Window” se establece la configuración de acondicionamiento de la señal que recibe el espectrorradiómetro para procesar datos. Aquí, ciertos controles solicitan datos de configuración como los indicados en el Cuadro 1.



**Cuadro 1. Parámetros de control de la configuración del software y su función que realiza en la calibración.**

Control	Función
Tiempo de integración	A mayor tiempo de integración, el detector monitorea más tiempo los fotones entrantes. Ajusta el tiempo de integración: la mayor cantidad de luz que anticipa para su aplicación, genera una señal de aprox. 85% la capacidad del espectrómetro. Se establece una línea azul horizontal en 85%. Para este estudio se utilizaron 110 ms.
Escaneos al promedio	Especifica el número de adquisiciones espectrales discretas que el controlador del dispositivo acumula antes de que OceanView reciba un espectro. Cuanto mayor sea el valor, mejor será la relación señal: ruido (S: N). El S: N mejorará por la raíz cuadrada del número de exploraciones promediadas.
Ancho del Vagón "Boxcar Width"	Establece el ancho de suavizado del vagón, técnica que promedia los datos espectrales. Un valor de 5, promedia cada punto de datos según el intervalo del espectrorradiómetro con 5 puntos a su izquierda y 5 puntos a su derecha. Cuanto mayor sea este valor, más suaves serán los datos y mayor será el S: N, que mejorará por la raíz cuadrada del número de píxeles promediados.
Corrección de la línea base	Muestra el control de corrección de no linealidad.
Corrección de No-linealidad	Habilita la característica de linealidad del detector.
Modo de disparo	Selecciona el modo de disparo para el dispositivo. Los modos de disparo disponibles varían según el dispositivo utilizado, en este caso "On Demand".
Resolución	Se coloca a 1024 píxeles que es cada nm que se muestra de 339 a 822 nm.

Se utilizó al sol como fuente de luz, por ser ésta la principal fuente de energía en los agroecosistemas. La calibración del STS-VIS para medidas de reflectancia se realizó con el software OCEANVIEW®, al colocar el STS-VIS con sus complementos en el soporte, apuntando hacia el estándar blanco WS-1 para la referencia blanca (100%); para la referencia oscura (0%) se bloqueó la luz del lente de colimación con un tapón completamente oscuro. El proceso de medición fue el siguiente: referencia a blanco → referencia a oscuro → hoja de papayo sana → referencia a blanco → hoja de papayo infectada por el virus. Este proceso permitió homogenizar y comparar lecturas, cuando las condiciones de luminosidad (movimiento del sol) varían, dependiendo el tiempo de toma de lecturas de RF.



## Análisis estadístico

Se realizó una prueba de T de student de dos muestras apareadas (10 hojas sanas de 10 plantas y 10 hojas enfermas de un total de 20 plantas) en rangos de longitudes de onda de interés, en las regiones UV, VIS y RE. El análisis estadístico y los espectrogramas de RF se obtuvieron con el programa R Studio.

## Resultados y discusión

Como es posible observar en la Figura 4 y el Cuadro 2, los síntomas del PRSV-p en hojas de papayo infectadas de manera mecánica en condiciones del invernadero, aparecieron a los 60 ddi. Cuando la enfermedad empezó a mostrar síntomas en hojas del estrato superior de la planta en niveles 1 y 2 (de una escala de 6 calificaciones de Cabrera-Mederos *et al.* (2017), se distinguían zonas verdes claras y oscuras distribuidas en la superficie adaxial de la hoja, así como aclaramiento de nervaduras principales de la hoja (Figura 4D). Se han reportado diversos periodos de tiempo en los que aparecen síntomas iniciales (en niveles 1 y 2 de la escala de Satendra) del PRSV-p en plantas de papayo. Dependiendo de la temperatura, los síntomas pueden aparecer de 10 a 20 días DDI (25°C), sin llegar a manifestarse síntomas de esta severidad a los 34 DDI (42°C) (Cabrera *et al.*, 2009; Satendra *et al.*, 2010). Asimismo, Noa-Carrazana *et al.* (2006) consideraron que existe una correlación de la diversidad de los aislados mexicanos de PRSV-p dependiendo del origen geográfico del virus aislado. Lo anterior sugiere que hay una gran variabilidad en el desarrollo de síntomas de la enfermedad de acuerdo a la temperatura y al sitio en el cual se manifieste la enfermedad.

En el Cuadro 2 se puede observar que incluso en la región UV, hubo un cambio en las propiedades espectrales, mientras que en el VIS y la región RE se produjo un cambio más significativo.



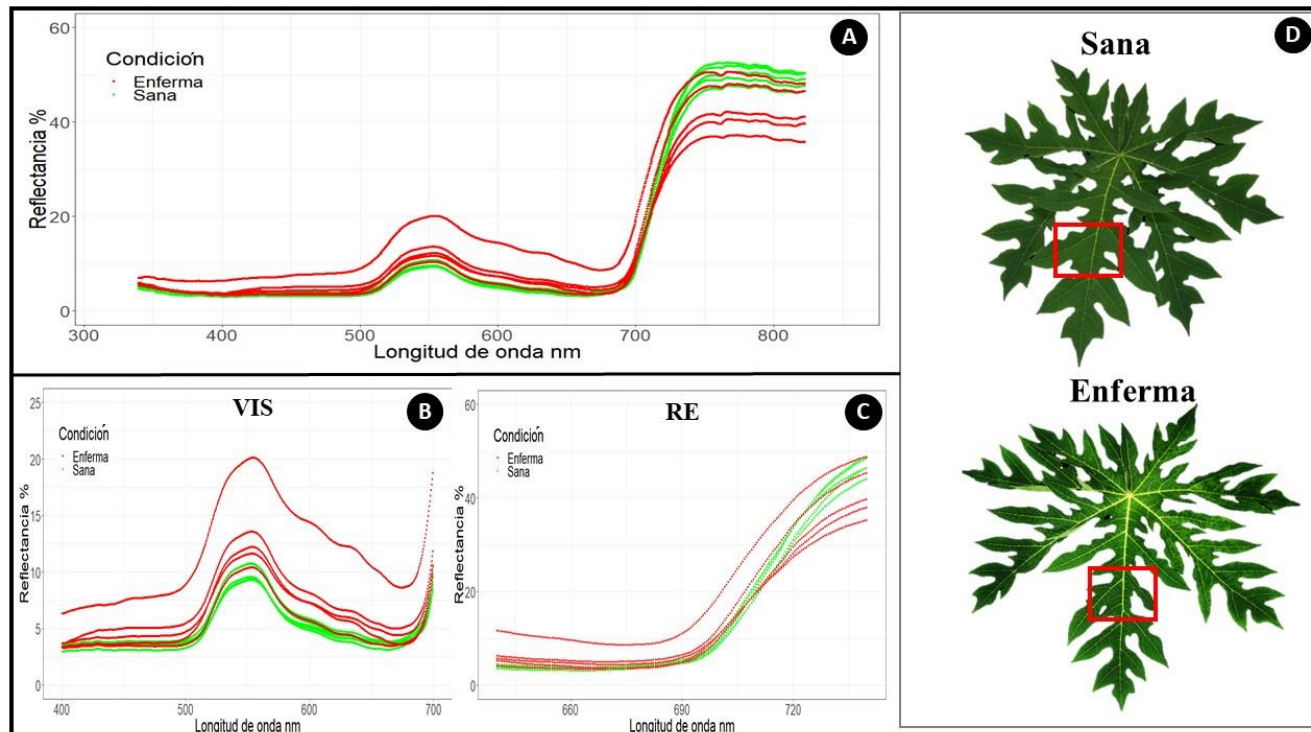
**Cuadro 2. Análisis de tres diferentes regiones del espectro electromagnético y su relación con dos grupos de plantas a los 60 DDI.**

Región (nm)	Grupo	Promedio	Varianza	Probabilidad
UV (400–430 )	Sana	3.438	0.051	1.19 x10 <sup>-10</sup>
	Enferma	4.167	1.401	
VIS (540-560)	Sana	9.749	0.448	1.97 x10 <sup>-35</sup>
	Enferma	13.345	11.454	
RE (690-710)	Sana	10.863	24.620	2.08 x10 <sup>-21</sup>
	Enferma	13.596	36.775	

Con la metodología desarrollada para el control de diversas variables externas, la RF es una técnica que puede ayudar a detectar síntomas en diferentes etapas de infección del PRSV-p en hojas de papayo, debido a que la infección provoca una reducción en el contenido de clorofila A y B en hojas que muestran síntomas, lo que ocasiona ineficiencia fotosintética en las plantas afectadas. Las variables ambientales de temperatura y precipitación se consideran determinantes para el desarrollo de la enfermedad en condiciones de campo o semicontroladas (Satendra *et al.*, 2009; Cabrera-Mederos *et al.*, 2017).

Las regiones del visible, borde rojo e infrarrojo del espectro electromagnético, se caracterizan por permitir información de los niveles de estrés fisiológico en plantas, así como detectar el contenido de clorofila en plantas y hojas (Sankaran *et al.*, 2010; Aguilar, 2015; Brugger *et al.*, 2019). Los índices de reflectancia cercana a 500 nm pueden proporcionar un indicador de la función fotosintética de la planta, vinculado a la eficiencia de luz de fotosistema II, mientras que, aquellos cercanos a los 700 nm, proveen información de características de una vegetación verde (Figura 4). Las técnicas espectrorradiométricas se pueden potenciar con el uso de imágenes multiespectrales e hiperespectrales, por ser más robustas, precisas y confiables, aunque usan enormes cantidades de memoria, la cuales ya se han utilizado en para la detección de síntomas de plagas y enfermedades en hojas, plantas y áreas de varios cultivos.





**Figura 4. Espectrogramas obtenidos de dos grupos de hojas de papayo, sana (verdes) e inoculada (rojos). A) porcentaje de RF de hojas sanas y enfermas a 339-822 nm, capacidad del STS-VIS; B) Región del VIS; C) región del RE; D) el cuadro rojo en las fotografías representa el espacio donde se realizó la RF en hojas de papayo.**

La estandarización de una metodología para medición cercana de lecturas de RF en hojas de papayo, puede permitir homogenizar la toma de muestra de lecturas de RF. El sistema detectó el nivel 1 y 2 de síntomas de la escala, lo cual es importante en la detección de dicha enfermedad, detectar los primeros síntomas podría reducir la eliminación de plantas dentro de los cultivos, las cuales son una fuente potencial de transmisión del virus.

## Conclusiones

1. La RF es una técnica adecuada para detectar el PRSV-p en hojas de papayo en condiciones de invernadero. Las regiones del espectro electromagnético VIS y RE



- proporcionan información útil para analizar los síntomas de la enfermedad en diferentes etapas en una hoja enferma y compararla con una sana.
2. La metodología para la estandarización de espectros de RF dependió de variables dinámicas que pueden controlarse (el ángulo de posición del ESPC con respecto a la hoja de la planta, el área de la muestra, la distancia entre la muestra y el lente de colimación del ESPC, el horario de toma de lecturas de RF y la calibración del equipo ESPC) y de otras que no pueden controlarse en estas condiciones (fuente de luz, nubosidad, precipitación, temperatura).
  3. Por lo tanto, realizar lecturas de RF en condiciones de campo o invernadero utilizando como fuente de luz solar permitió comprender el fenómeno.

## Agradecimientos

Al CONACYT, Instituto para la Excelencia de los Clústeres S.A. de C.V. y Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, por los apoyos otorgados.

## Literatura Citada

- Aguilar, R: N. 2015. Remote sensing as a tool for competitiveness of agriculture. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 26:399-405.
- Baranoski, G. V. G. and J. G. Rokne. 2005. A practical approach for estimating the red edge position of plant leaf reflectance. *Int. J. Remote Sens.* 26:503-521.
- Bock, C. H., G. H. Poole, P.E. Parker and T. R. Gottwald. 2010. Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Plant Sci.* 29:59-107.
- Brugger, A., J. Behmann, S. Paulus, H-G. Luigs, M. T. Kuska, P. Schramowski, K. Kersting, U. Steiner and A-K. Mahlein. 2019. Extending hyperspectral imaging for plant phenotyping to the UV-range. *Remote Sens.* doi: 10.3390/rs11121401.



- Cabrera-Mederos, D., M. Cruz, C. F. Nome, F. Giolitti and O. Portal. 2017. Aggressiveness of Cuban papaya ringspot virus isolates on *Carica papaya* L. cv. Maradol Roja under Greenhouse Conditions. *J. Plant Physiol. Pathol.* 5:1-5.
- Cambrón-Sandoval, V. H., M. L. España-Boquera, N. M. Sánchez-Vargas, C. Sáenz-Romero, J. J. Vargas-Hernández and Y. Herrería-Diego. 2011. Chlorophyll production in *Pinus pseudostrobus* juveniles under different development environments. *Rev. Chapingo Cienc. Amb.* 17: 253-260.
- Chen, T., R. Zeng, W. Guo, X. Hou, Y. Lan and L. Zhang. 2018. *Sensors*. doi:10.3390/s18092798.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2019. Climatología Estado de Veracruz. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Consultado el 20 de enero de 2019].
- Hernández-Castro, E., A. Damián-Nava, J.A. Mora-Aguilera, J.A. Villanueva-Jiménez JA, D. Vargas-Álvarez and F. Palemón-Alberto. 2015. Incidence of the papaya ringspot virus (PRSV-p) and management in the state of Guerrero, Mexico. In: Dimitrov TS and Vitanova II. *Tropical Fruits*. Nova Science Publishers Inc. 119-127 pp.
- Horler, D. N. H., M. Dockray and J. Barber. 1982. The red edge of plant leaf reflectance. *Int. J. Remote Sens.* 4:273-288.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Radiación solar República Mexicana. <https://www.inegi.org.mx/datos/> [Consultado el 20 de enero de 2019].
- Lorenzo, G.A; L. Mascarini and M. N. Gonzalez. 2017. Dosis de N sobre reflectancia espectral, contenido de clorofila y nutrientes en plantas de gerbera. *Hort. Bras.* 35:278-285.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2019. ARGIS web application. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer> [Consultado el 20 de enero de 2019].
- Noa-Carrazana, J. C., González-de-León, D., Ruiz-Castro, B. S., Piñero, D. and Silva-Rosales, L. 2006. Distribution of Papaya ringspot virus and Papaya mosaic virus in papaya plants (*Carica papaya*) in Mexico. *Plant Dis.* 90:1004-1011.
- Sankaran S., A. Mishra, R. Ehsani and C. Davis. 2010. A review of advanced techniques for detecting plant diseases. *Comp. Electron. Agric.* 72:1-13.



Satendra, K. M., V, P. Singh, R. K. Jainy and S. Praveen. 2009. Ambient temperature perception in papaya for papaya ringspot virus interaction. *Virus Genes* 38:429-434.





## OBTENCIÓN DE BIOGÁS A NIVEL LABORATORIO A PARTIR DE DESECHOS DEL GRANO DE CAFÉ ARÁBIGA Y ROBUSTA

Julio Hernández Fernández<sup>36</sup>, Noemí Nava Valente<sup>36</sup> y Alejandra Ramírez Martínez<sup>37\*</sup>

### Resumen

La región del centro-norte del estado de Veracruz se caracteriza por su gran producción de café de la que resalta las especies *arabica* (conocido como café arábigo) y *canephora* (conocido como café robusta). Durante el beneficio húmedo del café, parte del fruto es desechado a los efluentes cercanos, lo que genera una gran contaminación en los mismos. Por otro lado, el mucílago, principal desecho vertido, contiene una gran proporción de polisacáridos que propicia la formación de biogás (metano). Considerando lo anterior, se propuso explorar la producción de biogás a partir de desechos de café robusta y arábigo beneficiados por el método húmedo. Los tratamientos revelaron que no existe una diferencia significativa en la producción de biogás entre muestras de desechos de café arábigo y robusta ( $p>0.05$ ), aunque la mayor producción se observó en una muestra con residuos de café robusta. El análisis estadístico de los datos reveló que la presencia de aguamiel o agua, así como el pH fueron factores determinantes en la producción de biogás de las muestras.

**Palabras clave:** pulpa de café, aguamiel, pérdidas

### Introducción

El café es uno de los principales productos agrícolas que se comercializados en el mundo (Pendergrast *et al.*, 2010). Durante el ciclo de producción 2015-2016, el 56.3%

<sup>36</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Avenida 25 Poniente 100, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. 94100, México.

<sup>37</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. C. P. 91690. \*ramirez.alejandra@colpos.mx



de la producción mundial de café correspondió al café arábica (*Coffea arabica*) y el 43.7% a café robusta (*Coffea canephora* var. Robusta). Durante la última década, se ha registrado un ligero, aunque mayor incremento en la cosecha anual de robusta vs arábica (3.6 vs 2%, respectivamente) (FIRA, 2016). En México, aproximadamente el 94.5% de la producción de café corresponde a café arábica y el 5.5% restante es robusta (FIRA, 2016).

A la par de la producción de café, se produce también una gran cantidad de desechos orgánicos derivados de su procesamiento. Anteriormente, se consideraba que estos desechos poseían poco o nulo valor económico (Calle, 1977; Pérez-Díaz et al., 2007), pero en años recientes, grandes compañías de países desarrollados y subdesarrollados tratan de adaptar sus procesos de tal manera que los desechos generados puedan ser reciclados (Mussatto et al., 2011). El procesamiento del fruto se realiza generalmente mediante un beneficio húmedo o seco. En el primero, se consumen grandes cantidades de agua con el fin de eliminar las capas externas que rodean al grano de café y en el segundo las capas externas que rodean al grano se eliminan de forma mecánica. Tradicionalmente, los frutos de café arábica son procesados principalmente por el método húmedo, mientras que el café robusta ha sido beneficiado por el método seco (Moreno, 2011), aún que actualmente, un menor volumen también se procesa mediante el beneficio húmedo (FIRA, 2016).

Generalmente, los estudios referentes a la producción de biogás a partir de restos de café no especifican la especie de café del cual provienen los desechos utilizados (Zambrano, 1994; Balseca y Cabrera, 2011; Fernández et al., 2005). Estos trabajos reportan producciones de biogás que varían entre los 0.03 m<sup>3</sup> hasta los 0.3 m<sup>3</sup> dependiendo del tiempo de residencia en el reactor, el método de operación (batch, semi-continuo o continuo), si los desechos fueron tratados solos o en combinación con otros desechos y de si hubo control o no de las condiciones de operación del reactor. También se debe considerar que el café arábica presenta menor contenido de cafeína que el robusta, además también difieren en el contenido de lípidos y carbohidratos solubles (Belitz et al., 2009), que actúan como sustratos esenciales para la producción de biogás (Moreno, 2011). Considerando que los desechos derivados de la producción del café son adecuados para la producción de biogás, y



que la producción de café robusta ha aumentado en el mundo y puede aumentar en México, por su resistencia a la roya (principal plaga presente en el cafeto), el objetivo del presente trabajo fue explorar la producción de biogás a partir de desechos de café robusta y arábica beneficiados por el método húmedo. La información obtenida servirá como antecedente para la puesta en marcha de reactores productores de biogás a partir de residuos de café.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de las muestras**

Para la producción de biogás, se utilizaron dos residuos comunes obtenidos durante el beneficio húmedo del café: pulpa y aguamiel (suma de agua utilizada para despulpar y lavar los granos de café en el beneficio húmedo) (ANACAFÉ, 2018). Los residuos (tanto pulpa como aguamiel) fueron obtenidos de dos beneficios diferentes localizados, ambos, en el municipio de Tlamatoca, Veracruz. Las muestras de pulpa de café arábica y robusta fueron obtenidas de las tolvas de descarga localizadas en cada beneficio. Estas tolvas recolectan los desechos de café y posteriormente son desechados en los terrenos cercanos. El aguamiel proveniente del tratamiento de los residuos de café arábica fue obtenido del último de tres tanques de filtración por arena, utilizado para tratar este desecho. En el caso de los residuos de café robusta, el aguamiel fue obtenido del único tanque de filtración utilizado en el otro beneficio.

### **Pruebas para la obtención de biogás**

El método utilizado para la producción de biogás fue descrito previamente en Hernández-Fernández *et al.* (2019), que consiste en realizar tratamientos en reactores de plástico a nivel laboratorio con capacidad de 600 mL operados en forma discontinua (batch). Se utilizó un inóculo proveniente de un reactor anaerobio mesofílico ( $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) de residuos orgánicos municipales (proceso semilíquido). Los reactores fueron llenados al 90% de su capacidad y sellados con



un material epóxico para evitar posibles fugas de biogás. La presencia de biogás se verificó mediante el método de quema, el cual consiste en acercar una fuente de calor a la boca de los reactores utilizados. La presencia de una flama azul indicaba la presencia de metano. Se verificó la presencia de biogás aproximadamente cada 14 días. La cantidad de biogás producido fue determinada mediante el método de desplazamiento descrito por Nava-Valente *et al.* (2016).

En una primera etapa, se estudió la producción de biogás de nueve tratamientos de residuos de café arábica durante 12 días de residencia (tiempo de retención). La proporción de pulpa de café, aguamiel, agua e inóculo utilizados se muestra en el Cuadro 1 (códigos que incluyen la letra A) más dos tratamientos no incluidos en el Cuadro 1 y que se encuentran descritos con profundidad en Hernández-Fernández *et al.* (2019).

En una segunda etapa, se determinó la producción de biogás, la remoción de sólidos volátiles y el cambio del valor de pH después de 98 días de residencia (tiempo de retención) de muestras de café arábica con las mismas proporciones de pulpa de café, aguamiel, agua e inóculo estudiados en la primera etapa (Cuadro 1, códigos que incluyen la letra A), así como la producción de biogás, la remoción de sólidos volátiles y el cambio del valor de pH después de 98 días de residencia de tratamientos de los residuos del beneficio de café robusta con las proporciones de pulpa de café, aguamiel e inóculo mostradas en el Cuadro 1 (tratamientos que incluyen la letra R).

**Cuadro 1. Porcentaje y tipo de sustratos por tratamiento.**

Tratamiento	Pulpa de café (%)	Aguamiel (%)	Agua (%)	Inóculo (%)
Exploratoria 2A	18	-	42	40
MA1	25	50	-	25
MA2	35	50	-	15
MA3	15	50	-	35
MA4	35	40	-	25
MA5	45	40	-	15
MA6	25	40	-	35
Exploratoria 2R	18	-	42	40
MR3	15	50	-	35
MR5	45	40	-	15
MR6	25	40	-	35





El cambio de pH se calculó restando el valor de pH registrado en diferentes días de tiempo de residencia menos el valor registrado al inicio del tratamiento. Todos los tratamientos se realizaron por duplicado. En el presente trabajo se reportan los resultados obtenidos en la segunda etapa.

Se determinó la temperatura ambiente durante el desarrollo de los tratamientos registrándose valores entre los 20 y los 23°C. No se controló la temperatura dentro de los reactores con el objetivo de simular el comportamiento de un reactor a nivel semiindustrial de bajo consumo energético y de fácil operación para sus usuarios.

### **Métodos analíticos**

La determinación del pH se hizo en un equipo marca Hanna instrumentos (pH 300, Texas), para cada tratamiento por duplicado. El pH se ajustó al valor de 7, solo en los casos necesarios, con hidróxido de sodio al 40% (p/p) a la mezcla de residuos y posteriormente, se agregó el inóculo. Los valores iniciales del pH de los tratamientos analizados se muestran en el Cuadro 2. Las mediciones de pH se realizaron de forma periódica, con un distanciamiento de dos semanas aproximadamente a partir de la introducción de las sustancias primarias en los respectivos biodigestores.

La determinación de los sólidos totales (ST) y volátiles se realizó de acuerdo a métodos estandarizados (Clesceri *et al.*, 1992). La remoción de sólidos volátiles se calculó con datos de 15 días de tiempo de residencia.

### **Análisis estadístico**

Las pruebas de diferencias de varianzas por ANOVA, seguidos por una prueba de Tukey entre pares de muestras, el análisis de componentes principales y la regresión múltiple se realizaron usando el software Minitab 16. Se consideraron pruebas significativas a aquellas en donde la probabilidad calculada era menor al 5% ( $p < 0.05$ ).



## Resultados y discusión

### Características analíticas de los residuos estudiados

En esta parte se presentan y analizan los valores obtenidos concernientes a la remoción de sólidos volátiles, pH y producción de biogás, así como el efecto los dos primeros en la producción de metano. El Cuadro 2 muestra los resultados de estos parámetros de pH inicial, % sólidos totales iniciales y después de 98 (volumen de biogás) y 15 días de tratamiento (% de remoción de sólidos).

### Valores del pH al inicio de los tratamientos y en función del tiempo de retención

Como es posible observar en el Cuadro 2, la mayor parte de los tratamientos mostraron valores de pH que oscilaban entre 4-5, a excepción de las pruebas exploratorias ( $p < 0.05$ ). El valor de este parámetro para la producción de biogás es fundamental ya que estos microorganismos son más susceptibles a las variaciones del pH en comparación con otros grupos de bacterias implicadas en los procesos anaerobios (Moreno, 2011). Se realizó tanto un análisis de correlación considerando los compuestos de cada tratamiento y el valor inicial del pH obtenido (Cuadro 1), así como un análisis de componentes principales. El análisis de componentes principales reveló que los dos primeros componentes (porcentaje de pulpa y aguamiel) explicaban el 96.3% de la variación del pH. Asimismo, el análisis de correlación entre variables mostró una fuerte correlación significativa de la variable porcentaje de inóculo con las otras variables estudiadas, (%pulpa, %agua, %aguamiel) ( $p < 0.05$ ), así como de la variable del porcentaje de agua y porcentaje de aguamiel ( $p < 0.05$ ). Considerando lo anterior, se realizó un ajuste con un modelo de regresión lineal múltiple para el pH inicial de las muestras en función del contenido de pulpa y aguamiel ( $p < 0.05$ ):

$$\text{pH} = 7.24 - 0.0089x_1 - 0.0534x_2 \quad (1)$$

En donde  $x_1$  representa al porcentaje pulpa y  $x_2$  representa al porcentaje de aguamiel.



**Cuadro 2. Valores registrados en los diferentes tratamientos de restos de mezclas de pulpa de café arábica y robusta, aguamiel y agua.**

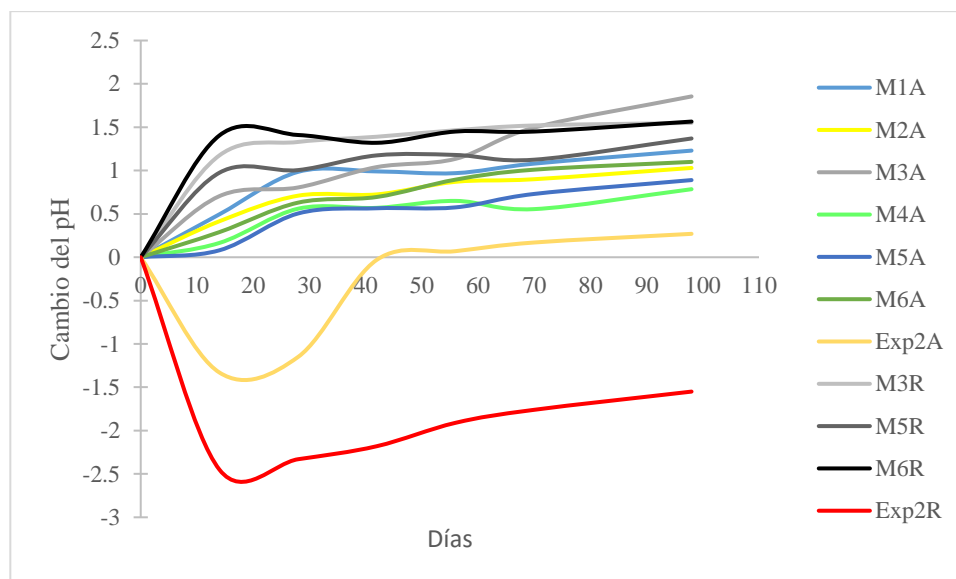
Tratamiento	pH inicial	Biogás (mL)	ST iniciales (%)	Remoción de sólidos (%)
Exploratoria 2A	6.53±0.03 <sup>b</sup>	825.00±5.06 <sup>c</sup>	3.61 <sup>d</sup>	25.59 <sup>f</sup>
M1A	4.67±0.02 <sup>a</sup>	592.59±4.09 <sup>c</sup>	-	-
M2A	4.71±0.06 <sup>a</sup>	282.80±53.95 <sup>c</sup>	-	-
M3A	4.59±0.09 <sup>a</sup>	873.79±28.62 <sup>c</sup>	1.79 <sup>d</sup>	29.24 <sup>f</sup>
M4A	4.87±0.08 <sup>a</sup>	403.48±11.85 <sup>c</sup>	-	-
M5A	4.89±0.01 <sup>a</sup>	253.94±72.93 <sup>c</sup>	-	-
M6A	4.77±0.02 <sup>a</sup>	666.83±20.59 <sup>c</sup>	2.29 <sup>d</sup>	22.80 <sup>f</sup>
Exploratoria 2R	7.8±0.01 <sup>b</sup>	3163.79±25.11 <sup>c</sup>	3.15 <sup>e</sup>	20.47 <sup>g</sup>
M3R	4.21±0.03 <sup>a</sup>	706.06±27.57 <sup>c</sup>	3.71 <sup>e</sup>	24.60 <sup>g</sup>
M5R	4.27±0.02 <sup>a</sup>	300.83±31.82 <sup>c</sup>	-	-
M6R	4.26±0.04 <sup>a</sup>	667.84±72.12 <sup>c</sup>	4.44 <sup>e</sup>	19.74 <sup>g</sup>

El factor del porcentaje de aguamiel ( $x_i$ ) mostró significancia sobre el valor del pH inicial de las muestras ( $p < 0.05$ ). Este hallazgo coincide con la correlación significativa de los datos del pH inicial de muestras de mezclas de residuos de pulpa de café, agua e inóculo con el contenido de agua de las muestras ( $p < 0.05$ ) reportados por Londoño (2017). De manera general, valores del pH inicial más alto de muestras de café ha sido atribuida a una menor cantidad de sólidos del medio (Jankowska *et al.*, 2015). Sin embargo, los datos encontrados en el presente trabajo y los de Londoño (2017), sugieren que es la presencia del agua como fase líquida lo que afecta el pH inicial (Cuadro 2). En el presente caso, este comportamiento se refleja en el aumento en el valor del pH observado tanto en la muestra Exploratoria 2A y 2R debido a la ausencia de aguamiel en ambas muestras.

La Figura 1 muestra el cambio del pH en función del tiempo de retención de las diferentes pruebas realizadas antes de ser ajustado. El análisis de los datos reveló que las muestras de arábica y robusta con aguamiel registraban un aumento no significativo del pH con respecto al tiempo ( $p > 0.05$ ) y, contrariamente, las muestras exploratorias mostraban una disminución significativa de este parámetro con respecto al tiempo ( $p < 0.05$ ) lo que puede atribuirse, nuevamente, a la presencia de agua como fase líquida en estas mezclas (Exp2A y Exp2R, Figura 1). Aunque el valor del pH fue ajustado, es posible notar, al observar el Cuadro 2 y la Figura 1, que las pruebas que registraron una mayor producción de biogás (Exploratoria 2A, 2R y



tratamiento M3A, Cuadro 2) corresponden a aquellas en las que el aumento del pH fue mayor (M3A, Figura 1), y aquellas condiciones se registró una mayor disminución de este parámetro (Exploratoria 2A, 2R, Figura 1). El efecto del pH en la producción de biogás será analizado en apartados posteriores.



**Figura 1 Cambio del pH de muestras de residuos de café en función del tiempo.**

### Remoción de sólidos volátiles

El Cuadro 2 muestra los valores del porcentaje de las muestras a las que se les determinó este parámetro los cuales contienen componentes orgánicos, los que teóricamente deben ser convertidos a metano (Moreno, 2011). Como es posible observar de manera general, la muestra M1A alcanzó una mayor remoción (29.24%) y la muestra M6R mostró un menor grado de remoción de sólidos volátiles en un periodo de digestión de 15 días. Al comparar el porcentaje de remoción por tipo de pulpa, no se observó diferencia significativa entre las muestras analizadas ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 2), aunque se nota un ligero, aunque no significativo aumento del porcentaje de remoción en las muestras de café arábica. En algunos trabajos se ha encontrado poca remoción de sólidos volátiles de residuos de pulpa de café a los que no se les ha aplicado un pretratamiento (Battista *et al.*, 2016) comparados con residuos pretratados con tratamientos ácidos (Battista *et al.*, 2016), básicos (Kivasi,





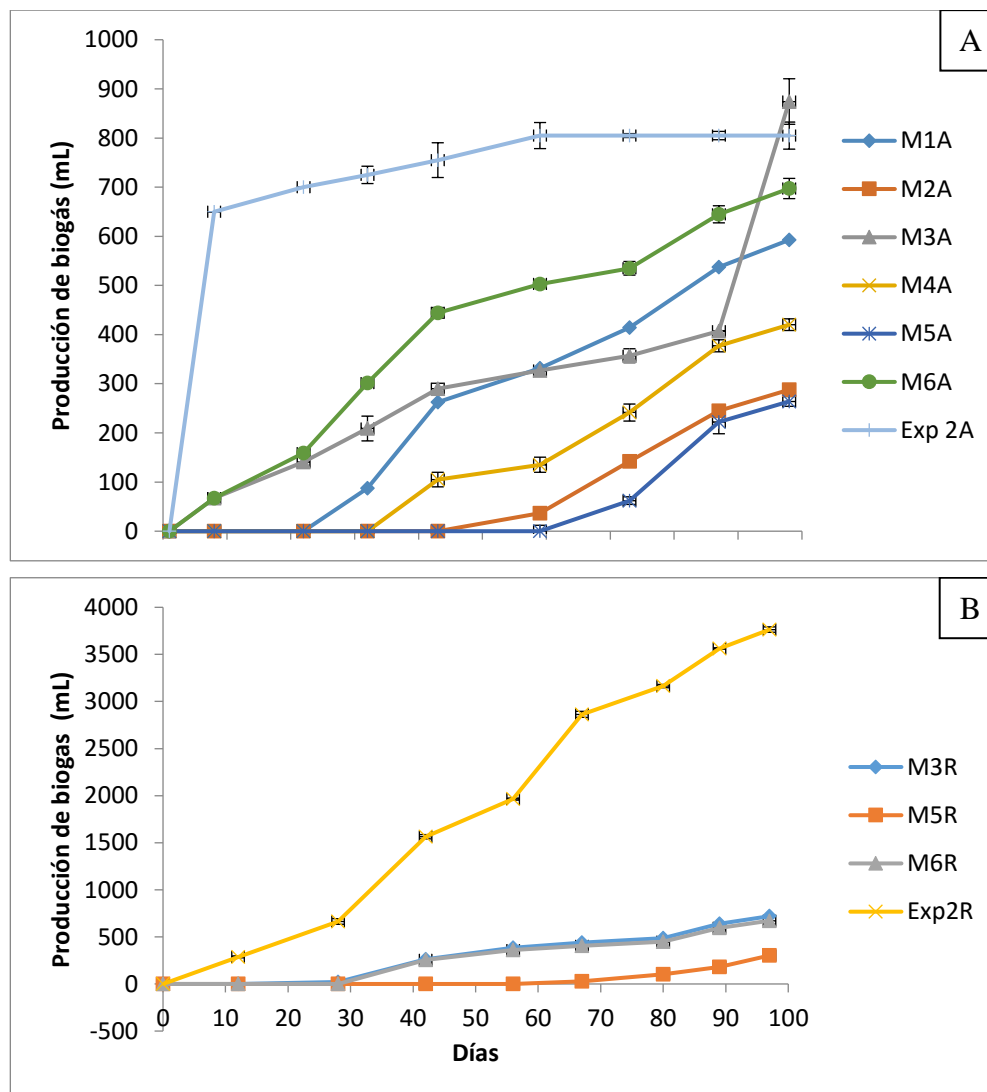
2002; Battista *et al.*, 2016) o en co-digestión con otros medios (Kivasi *et al.*, 2002; Neves *et al.*, 2006; Balseca y Cabrera, 2011; Rosa, 2015). La baja remoción de sólidos se atribuye a la alta proporción de lignocelulosas presentes en la pulpa del café (Braham y Bressani, 1979; Rosa, 2015; Battista *et al.*, 2016) debido a que el alto contenido lignocelulósico limita la fase de hidrólisis y fermentación en el proceso de digestión anaerobia (Moreno, 2011) porque la mayoría de los microorganismos anaerobios no tienen las enzimas necesarias para hidrolizar este compuesto (Henderson y Safferman, 2007).

### **Proporción de sólidos totales iniciales**

A diferencia de la remoción de sólidos volátiles, el porcentaje de sólidos totales iniciales mostró diferencia significativa de acuerdo al tipo de pulpa utilizado ( $p < 0.05$ , Cuadro 2). Esta diferencia puede atribuirse a la carga de sólidos presentes en el aguamiel, dependiendo el tipo de pulpa analizado, ya que el aguamiel proveniente del tratamiento de los residuos de arábica fue filtrado un mayor número de veces que el aguamiel proveniente del tratamiento húmedo del café robusta.

### **Producción de biogás de las muestras de residuos de café arábica y robusta**

La Figura 2 muestra la producción total de biogás en función del tiempo de retención. Las diversas mezclas de residuos de pulpa, aguamiel y agua mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) pero una producción similar al analizar la producción de acuerdo al tipo de pulpa ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 2). Como se observa en el Cuadro 2, los tratamientos Exploratoria 2A y Exploratoria 2R mostraron una buena producción de biogás, siendo Exploratoria 2R el tratamiento que mostró una mayor producción de biogás de todas las pruebas realizadas. Ambas pruebas también mostraron producción de biogás desde los primeros días del tratamiento (7 días en el caso de Exploratoria 2R y 12 días en el caso de Exploratoria 2A).



**Figura 2 Producción total de biogás en función del tiempo de retención en muestras de café arábica (A) y robusta (B).**

A pesar de que el volumen de producción de ambas pruebas fue bueno, el punto de mayor producción entre ambas muestras fue diferente. Además de producir un mayor volumen de biogás desde los primeros días, la prueba Exploratoria 2R mostró un mayor volumen comparada con las otras pruebas realizadas y esta producción aumentó paulatinamente durante todo el proceso de fermentación hasta el día 63 de la prueba, donde el incremento en la producción de gas fue menos marcado. Contrariamente, la muestra Exploratoria 2A mostró un incremento súbito durante los primeros 12 días de evaluación, con aumento menos marcado en la producción



de biogás hasta el día 63, a partir de este punto la producción de biogás se mantuvo estable en el valor de 805 mL.

Además de producir un mayor volumen de biogás desde los primeros días, la prueba Exploratoria 2R mostró un mayor volumen comparada con las otras pruebas realizadas y esta producción aumentó paulatinamente durante todo el proceso de fermentación hasta el día 63 de prueba en donde la producción registrada entre los días evaluados disminuyó. Contrariamente, la muestra Exploratoria 2A mostró su mayor producción el día 12. A partir del día 12, la producción registrada entre los días evaluados disminuyó

Kivasi y Rubindamayudi (1996) reportaron diferencias en la producción de metano por unidad de residuos de café arábica y robusta, sin embargo, al analizar la producción de biogás de las muestras que mostraron una mayor producción de este sin considerar las pruebas exploratorias, se encontró una alta correlación entre muestras de diferente pulpa ( $r=0.91$ ), lo que hace suponer una diferencia en la producción de biogás atribuible a la presencia o ausencia de agua-aguamiel por encima de la diferencia de tipo de pulpa. Las razones por las cuales se observó este comportamiento serán analizadas en el siguiente apartado.

En lo que respecta al tiempo de producción de metano para las muestras de arábica, el tiempo de producción de metano fue variable: 32, 43, 59 y 73 días después del arranque del proceso para las muestras M1A, M4A, M2A y M5A, respectivamente. Sólo las muestras M3A y M6A mostraron producción los primeros días (Figura 2). En cuanto a las muestras de residuos de café robusta, también hubo una diferencia en el tiempo de producción de metano: 22 días para el tratamiento MR3, y 43 días en el caso de M5R y M6R. Al igual que para el nivel de volumen de biogás producido, no se observó diferencia significativa al comparar el tiempo en el que se comenzó a registrar producción de biogás entre las muestras de residuos de café arábica y robusta ( $p>0.05$ ).



### Producción de biogás en relación con el cambio del pH, contenido de sólidos totales y los sólidos volátiles

Existen numerosos reportes sobre el efecto del contenido de sólidos totales y la remoción de sólidos sobre la producción de biogás o metano (Kivasi, 2002; Neves et al., 2006; Balseca y Cabrera, 2011; Battista et al., 2016; Londoño, 2017). De manera general, estos estudios relacionan la producción de biogás en función del porcentaje de remoción de sólidos volátiles y el contenido de sólidos totales. El Cuadro 3 muestra la correlación entre los parámetros analizados de las muestras que mostraron una mayor producción de biogás y las que contenían aguamiel.

**Cuadro 3. Matriz de correlación de parámetros del cambio del pH después de 98 días, el porcentaje remoción de sólidos (%rSV) y el porcentaje de sólidos totales iniciales (%ST) de muestras de residuos de café.**

	Muestras con agua y aguamiel			Muestras con aguamiel		
	%rSV	%ST	Biogás (mL)	%rSV	%ST	Biogás (mL)
%ST	-0.623 (0.186)	-	-	-	-	-
Biogás (mL)	-0.382 (0.455)	-0.047 (0.929)	-	0.920 (0.080)	-0.648 (0.352)	-
dpH1*	0.447 (0.374)	-0.085 (0.873)	-0.901 (0.014)	0.561 (0.441)	-	-0.772 (0.048)
%rSV	-	-	-	-	-0.766 (0.234)	-

\*dpH1 se refiere al cambio en el pH después de 98 días de retención.

Como es posible observar en el Cuadro 3, existen diferencias en la correlación de las variables estudiadas. En el caso de la producción de biogás, sólo la variable del cambio del pH de las muestras después de 98 días mostró una correlación alta y significativa. Como se ha reportado, el pH es uno de los factores de los cuales depende la hidrólisis, etapa que puede ser una limitante global del proceso de producción de biogás sobre todo cuando se tratan residuos con alto contenido de sólidos (Moreno, 2011) tal como es el caso de los residuos de café. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, la significancia de esta variable confirma el gran impacto que tiene sobre el proceso global de producción de biogás, producto de la fermentación anaerobia de los desechos de café. Es interesante notar que también se relaciona el porcentaje de remoción de sólidos





con el cambio en el pH para las muestras de aguamiel (aunque no significativamente), pero no para las muestras en general (Cuadro 3). A pesar de que la remoción de sólidos reportada no fue el término del experimento (15 días), Battista *et al.* (2016) reportaron valores similares del porcentaje de remoción a los encontrados en el presente trabajo ( $24.92 \pm 3.51\%$ ) en residuos de pulpa de café sin pretratamiento. De esta manera, la baja correlación entre el cambio del pH y el porcentaje de sólidos volátiles puede reflejar una baja actividad general de las bacterias metanogénicas, por lo que realizar un pretratamiento (calor, adición de ácidos o álcalis) debe aumentar esta correlación y, en consecuencia, la producción de biogás. La producción de biogás en función de los sólidos totales presentes tampoco mostró una relación directa tal como se ha reportado en otros trabajos (Tenev *et al.*, 2013). Kivasi (2002) observó que, al aumentar el porcentaje de pulpa de café robusta en medios de fermentación, disminuía el porcentaje de remoción de sólidos y que el volumen de biogás producido aumentaba hasta un nivel en donde la concentración de pulpa (30%) resultaba inhibitoria para el proceso de fermentación. Aunque esto sugiere que ellos observarían una alta correlación del porcentaje de sólidos removidos y la producción de biogás, condición que sólo fue observada para las muestras de aguamiel, si observamos una correlación entre la carga de materia orgánica y el porcentaje de remoción; además, en una primera parte (Hernández-Fernández *et al.*, 2018), se observó que valores de concentración de pulpa del 30% afectaban la producción de biogás. Es interesante notar que Kivasi (2002) atribuyó la disminución de la remoción de la carga orgánica y de la producción de biogás a componentes de la pulpa del café tal como la cafeína y pigmentos melanoideos pardos. Ya que el café robusta posee una mayor cantidad de cafeína que el café arábica (Mussatto *et al.*, 2011), se deberían observar, presumiblemente, diferencias en la producción de biogás en ambas especies. A pesar de que no se encontró una correlación entre la producción de biogás y los sólidos totales iniciales de acuerdo a la presencia o no de aguamiel, si se encontró una correlación alta entre la producción de biogás y el porcentaje de pulpa, siendo esta relación mayor para con muestras café arábica como residuo ( $r = -0.99$ ). Considerando la información antes presentada, es posible decir que la alta



producción de biogás observada en la muestra Exploratoria 2R en comparación con las otras muestras estudiadas puede atribuirse principalmente, al cambio en el pH registrado durante el proceso de fermentación (Figura 1).

## Conclusiones

El análisis de parámetros del proceso de la fermentación anaerobia de residuos de café robusta y arábica mezclados con agua y aguamiel mostraron que no hay una diferencia significativa en la producción de biogás entre las dos pulpas, aunque la mayor producción se observó en una mezcla de café robusta y agua.

El análisis realizado sugiere que la producción de biogás es afectada principalmente por el pH para muestras que no son pre tratadas.

## Literatura Citada

- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café) 2018. Los subproductos del café. [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo\\_Subproductos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos). [consultado el 14 de agosto de 2019].
- Balseca, D. y Cabrera J. 2011. Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 20 p.
- Battista, F., Fino, D., and Mancini, G. 2016. Optimization of biogas production from coffee production waste. *Bioresource technology* 200:884-890.
- Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle P. 2009. Coffee, tea, cocoa. p. 938-970. *In*: Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle P. (Eds). *Food chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Braham, J. E., and Bressani, R. 1979. Coffee pulp: composition, technology, and utilization. IDRC, Ottawa, ON, CA.



- Calle, V. H. 1977. Subproductos del Café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Cenicafé. Boletín Técnico 6. 85 p.
- Clesceri, L. S.; Greenberg, A. E. and Eaton, A. D. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed. American Public Health Association/American Water Works Association/ Water Environment Federation: Washington DC, USA, 1998. APHA/WWA-WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 19th edition. APHA: Washington, DC, USA.
- Fernández, B. M., S. Rodríguez P. S., R. C. Bermúdez S., A. Terry B. and Y. Treto R. 2005. Evaluación de la biodegradabilidad anaerobia de los residuales líquidos de una despulpadora ecológica. Revista Cubana de Química 17(1):200-205.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) 2016. Panorama Agroalimentario. Café 2016. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. México, D.F. 36 p.
- Henderson, E. M., and Safferman, S. I. 2007. Anaerobic digestion feasibility protocol for fruit and vegetable processors. p. 1 *In*: ASAE Annual Meeting of the American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Hernández-Fernández J., N. Nava-Valente y A. Ramírez-Martínez. 2019. Diseño de un reactor piloto para la obtención de biogás a partir de desechos de Café. p. 107-114. *In*: Universidad Autónoma de Chihuahua y AMEPAL A.C. (ed.). Seguridad alimentaria: Aprovechamiento integral y calidad microbiológica de alimentos. AMEPAL, A.C. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Jankowska, E., Chwiałkowska, J., Stodolny, M., ND Oleskowicz-Popiel, P. 2015. Effect of pH and retention time on volatile fatty acids production during mixed culture fermentation. Bioresource technology 190:274-280.
- Kivaisi, A. K. 2002. Pretreatment of robusta coffee hulls and co-digestion with cowdung for enhanced anaerobic digestion. Tanzania Journal of Science 28(2):1-10.
- Kivaisi, A. K., and Rubindamayugi, M. S. T. 1996. The potential of agro-industrial residues for production of biogas and electricity in Tanzania. Renewable Energy 9(1-4):917-921.



- Londoño, E. H. D. 2017. Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón. Tesis de maestría. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería maestría en ciencias naturales y matemáticas. Medellín, Colombia. 56 p.
- Moreno, M. T. V. 2011. Manual de biogas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago de Chile, Chile. 120 p.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S., and Teixeira, J. A. 2011. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology* 4(5):661.
- Nava-Valente, N., Alvarado-Lassman, A., Nativitas-Sandoval, L. S., and Mendez-Contreras, J. M. 2016. Improved anaerobic digestion of a thermally pretreated mixture of physicochemical sludge; broiler excreta and sugar cane wastes (SCW): Effect on organic matter solubilization, biodegradability and bioenergy production. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 51(5):446-453.
- Neves, L., Oliveira, R., and Alves, M. M. 2006. Anaerobic co-digestion of coffee waste and sewage sludge. *Waste management* 26(2):176-181.
- Pendergrast, M. 2010. *Uncommon grounds: The history of coffee and how it transformed our world*. Basic Books. NY, USA. 480 p.
- Pérez-Díaz, N., Castillo Ramos, R. M., Carballo Abreu, L. R., and Veliz Gutiérrez, J. Á. 2007. Impacto ambiental en el cultivo y procesamiento del café y su repercusión social. Pinar del Río, Cuba.
- Rosa, C. R. J. 2015. Producción de biogás en sustrato sólido mediante la digestión anaerobia de pulpa de café. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 114 p.
- Tenev, M. D., Mosquera, L. P., Farías, A., Passaretti, M. G., and de Pinto, M. S. 2013. Influencia de la temperatura y el porcentaje de sólidos en la producción de biogás a partir de efluentes de una granja porcina. CONICET Mendoza, Mendoza, Argentina.
- Zambrano, F. D. A. 1994. Estudios de planta piloto para el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café. Centro nacional de Investigaciones de café, Chinchiná. Cenicafé.





## PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA CONTROL DEL ÁCARO ROJO *Dolichotetranychus floridanus* Banks EN EL CULTIVO DE PIÑA

Gerardo Montiel Vicencio<sup>38\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>38</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>38</sup>,  
María Enriqueta López Vázquez<sup>38</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>38</sup>, Nain Peralta Antonio<sup>38</sup> y  
Daniel Emigdio Uriza Ávila<sup>38</sup>

### Resumen

Se evaluó en campo la efectividad biológica de productos químicos, entomopatógenos, aceites vegetales, aplicados en plantas de piña de segunda cosecha para el control del acaro rojo *Dolichotetranychus floridanus*. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Se detectaron diferencias estadísticas en el número de ácaros por planta y número de colonias por hoja. Dimetoato, Aceite de nim, *Paecilomyces fumosoroseus* y el aceite ajo redujeron el número de individuos y el número de colonias, por lo que, presentaron mayor eficacia en el control de la plaga. Los resultados indican que el entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* y los aceites vegetales de nim y ajo, son productos biorracionales con capacidad de control del ácaro rojo en el cultivo de la piña, por lo que, deben considerarse en futuros estudios para corroborar sus efectos benéficos en la presente investigación.

**Palabras clave:** plagas, producción orgánica, entomopatógenos, extractos vegetales

---

<sup>38</sup> Campo Experimental Cotaxtla, km. 34.5 carretera Veracruz- Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz.  
[\\*montiel.gerardo@inifap.gob.mx](mailto:montiel.gerardo@inifap.gob.mx)



## Introducción

Los ácaros son artrópodos quelicerados con amplia distribución en diferentes cultivos, los cuales se encuentran atacando a más de 200 especies de plantas, causando graves daños a la agricultura principalmente en cultivos anuales, ornamentales y frutales (Lee *et al.*, 2003). El cultivo de la piña es afectado por diferentes insectos, entre los cuales, uno de los más importantes son los ácaros. Se caracterizan por una amplia distribución durante todo el ciclo de producción en el cultivo (Rebolledo *et al.*, 2011) y por los daños que ocasionan al cultivo de piña cuando se alimentan de la savia y posteriormente como proceso natural se pudren las partes afectadas principalmente en la base de las hojas y el cogollo de las plantas. Enfermedades como la mancha de los frutos y la pudrición del corazón del fruto son causadas por los hongos *Fusarium sp.* y *Penicillium sp.*, cuyos agentes vectores son los ácaros (Rebolledo *et al.*, 2011; Arellano *et al.*, 2015). A pesar de los avances en la generación de nuevas moléculas biorracionales para el control de plagas, prevalece el uso de acaricidas (Rebolledo *et al.*, 2011 Gupta, 2015; Kanga *et al.*, 2016) altamente perjudiciales para el ambiente y el ser humano; otro inconveniente del uso de un solo método es que generan resistencia después de pocas aplicaciones (Kanga *et al.*, 2010; Gupta, 2015).

El manejo integrado de plagas (MIP) contempla diferentes métodos de control y una de las opciones es el uso de hongos entomopatógenos y la aplicación de productos biorracionales que han demostrado ser amigables con el ambiente. Los productos biorracionales para control de ácaros han generado la atención a nivel mundial sobre todo en sistemas de producción orgánica como parte importante en el MIP. Sus metabolitos o ingredientes activos tienen la capacidad de repeler o matar a los insectos (González-Maldonado *et al.*, 2012), y pueden ser sustancias sintéticas (Ruiz *et al.*, 2008), o bien obtenidos a partir de la acción de microorganismos y de extractos vegetales. Algunos estudios muestran que el uso de productos biorracionales tienen un efecto de control en poblaciones de ácaros (Liburd *et al.*, 2007). El principal objetivo esta investigación fue identificar alternativas de control de ácaros en el cultivo de piña con productos biorracionales



de origen sintético, microbiales y de extractos vegetales para ser incluidos en el manejo integrado de plagas en sistemas de producción orgánica.

## Materiales y métodos

En junio de 2018, se realizó un estudio de efectividad biológica con productos biorracionales en la localidad de Los Robles, municipio de Medellín de Bravo, Ver., en un lote comercial de piña “Cayena Lisa” en una etapa de segunda cosecha (acahual), con una infestación de hijuelos del 50% por ácaros, ubicado a 18° 56' 00” de latitud norte y 96° 07' 11” de longitud oeste, a una altitud de 28 m.

Se evaluaron nueve tratamientos (Cuadro 1) en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental se conformó por tres camas de 4 m y 1.25 m de centro a centro entre ellas, con plantas establecidas a doble hilera sobre la cama, espacio entre plantas de 0.27 m, equivalente a 15 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se aplicaron el 4 de julio de 2018, para lo cual se utilizó un aspersor manual de mochila de 15 L con una boquilla tipo cono 8002 que proporcionó un gasto equivalente a 3,000 L/ha, para una densidad de 50,000 plantas/ha. Las plantas de piña se asperjaron en la parte central lo cual permitió que la solución alcanzara hasta las hojas más viejas localizadas en la parte baja de la planta.

**Cuadro 1. Tratamientos insecticidas biorracionales para el control del ácaro rojo en piña. Los Robles, Medellín de Bravo, Ver.**

No.	Tratamientos	Dosis
1	Testigo absoluto	-
2	Dimetoato	4 L/ha
3	Sulfocalcio	15 L/ha
4	<i>Beauveria bassiana</i> , Cepa Abn Bb102	1 kg/ha
5	<i>Metarhizium anisopliae</i> , Cepa Abn Ma 201	1 kg/ha
6	Aceite de nim	3 L/ha
7	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	1 kg/ha
8	Aceite de ajo	5 L/ha
9	Diazinon 25	10 L/ha



Tres muestreos fueron realizados: a los 8, 40 y 100 días posteriores a la aplicación de los tratamientos. En cada fecha de muestreo, se cuantificó el número de ácaros y el número de colonias en cada hoja y por planta. El muestreo consistió en tomar dos plantas ubicadas en la parte central de cada unidad experimental, se separaron las hojas desde la parte basal hacia la parte meristemática; con una lupa de 60X se cuantificaron el número de ácaros y colonias en cada una de las hojas de acuerdo con la metodología de Rebolledo *et al.* (2011).

Con el programa InfoStat-Statistical Software se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la comparación de medias por se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Adicionalmente se calculó la eficacia, a través de la fórmula de Abbott (1925).

## Resultados y discusión

La presencia de los 2.99 colonias de ácaros por hoja, observada en el testigo fue mayor a lo observado en los otros tratamientos de control. El segundo tratamiento con mayor población de colonias de ácaros por hoja fue el diazinon con 1.59 colonias, diferente al obtenido con dimetoato y aceite de ajo, que mostraron 0.68 y 1.0 colonias por hoja, respectivamente (Cuadro 2). Los entomopatógenos *Beauveria bassiana* Cepa Abn Bb102 y *Metarhizium anisopliae* Cepa Abn Ma 201 mostraron 1.47 y 1.70 colonias de ácaros por hoja, respectivamente, valores que fueron menores en comparación con lo obtenido con dimetoato (Cuadro 2). Estos resultados confirman el amplio espectro y efectividad biológica del dimetoato como lo encontrado por Cortez-Mondaca *et al.* (2018) en poblaciones de insectos chupadores. Por el buen nivel de control encontrado en los hongos entomopatógenos se confirma la capacidad que tienen para infectar activamente a una gran diversidad de insectos (Carrillo-Rayas y Blanco-Labra, 2009), sin embargo, la mayor limitación comparado con los insecticidas químicos es la condición de que estos requieren mayor tiempo después de la aplicación para el





control del insecto (St. Leger *et al.*, 1996; Pucheta *et al.*, 2006). Después del dimetoato, el segundo tratamiento con mayor capacidad de control fue el extracto de ajo, lo que demuestra su potencial en el control de esta plaga, por lo que, debe considerarse en futuras investigaciones para corroborar sus efectos.

**Cuadro 2. Número de colonias de ácaros en la hoja de la piña “Cayena Lisa” durante la etapa de segunda cosecha, manejados con diferentes tratamientos de control para la plaga, en la región de los Robles, Medellín de Bravo, Ver.**

No.	Tratamientos	Media muestral	Tukey
1	Testigo absoluto	2.99	a
2	Dimetotato	0.68	d
3	Sulfocalcio	1.35	bc
4	<i>Beauveria bassiana</i> , Cepa Abn Bb102	1.47	bc
5	<i>Metarhizium anisopliae</i> , Cepa Abn Ma 201	1.70	b
6	Aceite de nim	1.07	bcd
7	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	1.08	bcd
8	Aceite de ajo	1.00	cd
9	Diazinon	1.59	bc

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

El testigo absoluto mostró el mayor número de ácaros por planta, cantidad mayor a la mostrada con dimetoato, sulfocalcio, aceite de nim, *Paecilomyces fumosoroseus* y aceite de ajo, en los cuales se tuvieron valores de 4.22, 9.62, 5.83, 3.85 y 5.04 ácaros por planta (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Número de ácaros presentes en la planta de piña “Cayena Lisa” durante la etapa de segunda cosecha, manejados con diferentes tratamientos de control para la plaga, en la región de los Robles, Medellín de Bravo, Ver.**

No.	Tratamiento	Media muestral	Tukey
1	Testigo absoluto	16.37	a
2	Dimetotato	4.22	d
3	Sulfocalcio	9.62	bcd
4	<i>Beauveria bassiana</i> , Cepa Abn Bb102	10.44	abc
5	<i>Metarhizium anisopliae</i> , Cepa Abn Ma 201	10.83	abc
6	Aceite de nim	5.83	cd
7	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	3.85	d
8	Aceite de ajo	5.04	cd
9	Diazinon	13.43	ab

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).



Estos resultados corroboran la efectividad del dimetoato en el control del ácaro, lo cual se atribuye a su acción insecticida de contacto y sistémico (Cortez-Mondaca et al., 2018).

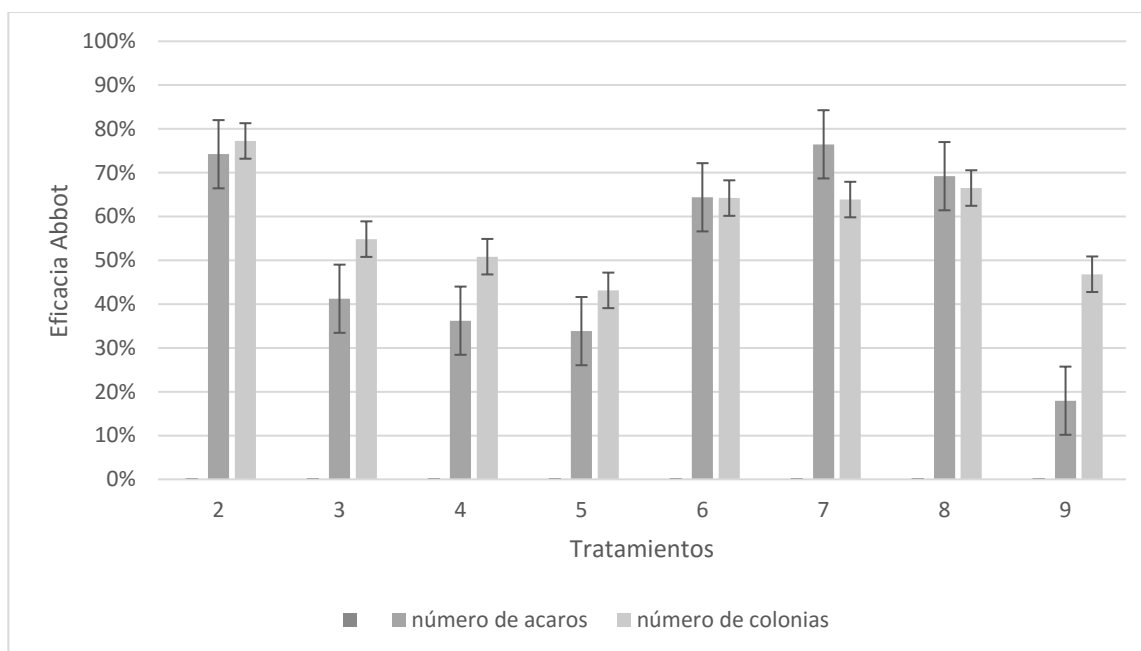
También demuestran que el entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* tiene potencial para el control de esta plaga, ya que presentó un efecto similar al dimetoato. De igual forma los tratamientos a base de aceite de nim y ajo mostraron resultados satisfactorios en la reducción del número de ácaros, los cuales tuvieron un efecto similar al obtenido con el dimetoato. Tanto los extractos de plantas, como los entomopatógenos son alternativas potenciales para ser utilizados en sistemas de producción orgánica o convencional, ya que pueden controlar la plaga y reducir probabilidad de que los insectos desarrollen resistencia a los insecticidas convencionales (Mourão et al., 2004; García-Hernández et al., 2009). Resultados similares se han reportado en otros estudios (González-Castillo et al., 2010; Carrillo-Rodríguez y Hernández-Cruz, 2011).

La eficacia de Abbot fue diferente entre tratamientos; el dimetoato, aceite de nim, *Paecilomyces fumosoroseus* y aceite de ajo mostraron mayor capacidad de control del ácaro rojo, ya que su eficacia fue superior al 60% (Figura 1).

Los resultados demuestran que el entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* es una alternativa viable para el control del ácaro, ya que disminuyó, tanto el número de individuos, como el número de colonias. Aunque *Beauveria*, *Metarhizium* y *Paecilomyces* se reportan como agentes biológicos con potencial de control para diversos insectos (FAO, 2003; Shia y Feng, 2004; Mota-Delgado y Murcia Ordoñez, 2011), entre ellos, el ácaro (Abolins et al., 2007) y el *Blissus antillus* (Samuels et al., 2002), en este estudio presentó una capacidad de control media, ya que aunque superó al testigo, el número de individuos y el número de colonias fue inferior al obtenido con el dimetoato y con el *Paecilomyces fumosoroseus*, por lo que, deben realizarse otros estudios, considerando otras dosis, número de aplicaciones o época de aplicación, ya que el efecto del ambiente influencia la capacidad de acción de estos agentes biológicos (Meyling y Eilenberg, 2007). Los aceites de nim y de ajo, mostraron alrededor de 65% de eficacia, lo que demuestra que estos insumos



vegetales tienen posibilidad de ser considerados en los sistemas de producción orgánica.



**Figura 1. Eficacia en el control del ácaro rojo de diferentes tratamientos aplicados a la piña “Cayena Lisa” en la etapa de segunda cosecha, en la región de los Robles, Medellín de Bravo, Ver., 2 = Dimetoato, 3 = Sulfocalcio, 4 = *Beauveria bassiana*, Cepa Abn Bb102, 5 = *Metarhizium anisopliae*, Cepa Abn Ma 201, 6 = Aceite de nim, 7 = *Paecilomyces fumosoroseus*, 8 = Aceite de ajo y 9 = Diazinon.**

## Conclusiones

Se identificaron nuevos productos biorracionales con capacidad de control del ácaro rojo en el cultivo de piña, de los que sobresalen el entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* y los aceites vegetales de nim y ajo. En futuros estudios deben considerarse estos insumos para corroborar sus efectos benéficos.



## Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- Abolins, S., B. Thind, V. Jackson, B. Luke, D. Moore and R. Wall. 2007. Control of the sheep scab mite *Psoroptes ovis* *in vivo* and *in vitro* using fungal pathogens. Veterinary Parasitology 148(3-4):310-317.
- Arellano, G., C. Vergara y S. Bello. 2015. Insect pests and other pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merr., Coppens & Leal) crop arthropods in chanchamayo and satipo, Department of Junin, Peru. Ecología aplicada 14(2):175-189.
- Carrillo-Rayas, M. y A. Blanco-Labra. 2009. Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. Acta Universitaria 19(2):40-49.
- Carrillo-Rodríguez, J. C. y B. Hernández-Cruz. 2011. Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en laboratorio. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 53:154-157.
- Cortez-Mondaca, E., F. A. Valenzuela-Escoboza, J. A. López-Guzmán, J. Pérez-Márquez and T. Moreno-Gallegos. 2018. Biological effectiveness of aphicides on sorghum aphid *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in northern of Sinaloa. Revista Bio Ciencias 5(3):e482.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. <http://www.fao.org/home/es/> [consultado el 29 de julio de 2019].
- García-Hernández, J., R. Valdez-Cepeda, R. Servín-Villegas, B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, E. Salazar-Sosa, C. Vázquez-Vázquez y E. Troyo-Diéguez. 2009. Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(1):15-28.
- González-Castillo, M. P., M. C. González-Güereca, y G. Hinojosa-Ontiveros. 2010. Insecticidas botánicos como alternativa en el control de ácaros fitófagos. Vidsupra, Visión Científica 2(1):24-28.
- González-Maldonado, M. B. y C. García-Gutiérrez. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. Ra Ximhai 8(3):31-45.





- Gupta, G. 2015. Incorporation of biorational insecticides with neonicotinoids to combat resurgence of *Tetranychus urticae* (Prostigmata: Tetranychidae) on rose. *Florida Entomologist* 98(3):962-966.
- Kanga, L. H. B., J. Adamczyk, K. Marshall and R. Cox. 2010. Monitoring for resistance to organophosphorous and pyrethroid insecticides in varroa mite populations. *Journal of Economic Entomology* 103:1797-1802.
- Kanga, L. H. B., K. Marshall and C. J. Legaspi. 2016. Mechanisms of insecticide resistance in field populations of the Varroa Mite (Acari: Mesostigmata: Varroidae) in Florida. *Florida Entomologist* 99(2):324-326.
- Lee, Y. S., M. H. Song, K. S. Ahn, K. Y. Lee, J. W. Kim and G. H. Kim. 2003. Monitoring of acaricide resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose greenhouses in Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 6:91-96.
- Liburd, O. E., J. C. White, M. E. Rhodes and E. Browdy. 2007. The residual and direct effects of reduce-disk and conventional miticides on twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Florida Entomologist* 90(1):248-257.
- Meyling, N. V. and J. Eilenberg. 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biological Control* 43(2):145-155.
- Motta-Delgado, P. and B. Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 6(2):77-90.
- Mourão, A. S., J. C. Zanuncio, A. F. Pallini, R. N. G. Carvalho e A. de C. Bruneli. 2004. Toxicidade de extratos de nim (*Azadirachta indica*) ao ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis*. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(8):827-830.
- Pucheta-Díaz, M., A. Flores-Macías, S. Rodríguez-Navarro y M. de la Torre. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia* 31:856-860.



- Rebolledo, M. A., D. E. Uriza A., A. L. Del Ángel P., L. Rebolledo M y R. Zetina L. 2011. La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. Libro Técnico Núm. 27. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Medellín de Bravo, Ver., México. 304 p.
- Ruiz, S. E., C. J. A. Chan, R. J. A. Trejo, A. J. Cristóbal y M. L. Latournerie. 2008. Comparación de la efectividad de insecticidas en el control del gusano barrenador del melón (*Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae). Fitosanidad 12(2).
- Samuels, R. I., D. L. A. Coracini, C. A. Martins Dos Santos and C. A. T. Gava. 2002. Infection of *Blissus antillus* (Hemiptera: Lygaeidae) eggs by the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Biological Control 23(3):269-273.
- Shia, W. B. and M. G. Feng. 2004. Lethal effect of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. Biological Control 30:165-173.
- St. Leger, R. J., L. Joshi, M. J. Bidochka, D. W. Roberts. 1996. Construction of an improved mycoinsecticide overexpressing a toxic protease. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 93(13):6349-6354.



## CONTROL QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE *Epicaerus operculatus* Say (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DEL AJO

Gerardo Montiel Vicencio<sup>39\*</sup>, Néstor Bautista Martínez<sup>40</sup> y Carlos Patricio Illescas Riquelme<sup>40</sup>

### Resumen

Se evaluaron diferentes productos químicos y un entomopatógeno para el control de larvas del picudo del ajo *Epicaerus operculatus*; el experimento se estableció en una plantación comercial en Tepeaca, Puebla, en diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los mejores productos fueron: imidacloprid, fipronil, bifentrina + imidacloprid y *Metarhizium anisopliae* con 80% de control. Aunque no existen registros de la presencia del picudo como plaga en otros estados productores de ajo en México, es importante considerar a *Epicaerus operculatus* Say como plaga potencial para cultivos del género *Allium*.

**Palabras clave:** efectividad biológica, control, hortalizas

### Introducción

Las hortalizas constituyen un grupo diverso de plantas importantes en la alimentación mexicana, dentro de las que se encuentran varias especies del género *Allium*. La importancia económica y social que el ajo representa para México, así como los gastos que implica el establecimiento del cultivo, genera atención a los factores que ocasionan pérdidas en la producción. Entre las especies del género

<sup>39</sup> Campo Experimental Cotaxtla, km. 34.5 carretera Veracruz- Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México  
[\\*montiel.gerardo@inifap.gob.mx](mailto:montiel.gerardo@inifap.gob.mx)

<sup>40</sup> Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Carretera México- Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México.



*Allium*, la cebolla (*A. sativum* L.) y el ajo (*A. cepa* L.) destacan por su importancia económica y en menor cantidad el poro (*A. ampeloprasum* L. var. "Porrum"). De acuerdo a la información reportada para el año agrícola 2014, se tuvo una superficie de 54,723.44 ha de estas tres especies, con una producción de 1'425,040.75 t y un valor de la producción de \$6'399,029.00.

Los principales estados por superficie sembrada fueron: Baja California, Chihuahua, Michoacán, Guanajuato, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. En Puebla se reportaron sembradíos de los tres cultivos en el año 2014, que generaron ingresos por más de \$470'000,000.00 (SIAP, 2016).

Todas estas especies de hortalizas son atacadas por diversas plagas, que afectan la calidad y merman la producción en cada ciclo agrícola, como ácaros (*Rhizoglyphus* spp.), trips (*Thrips tabaci* y *Frankliniella occidentalis*), "gallinas ciegas" (Coleoptera: Scarabaeoidea), entre otras. En México, se han hecho muchos estudios para poder definir distintas estrategias de control contra plagas de la raíz. Mayormente estos estudios se han enfocado al control de plagas comúnmente llamadas "gallinas ciegas", ya que son de suma importancia económica y con distribución mundial (Aragón y Morón, 1998). En las regiones productoras del país, en el complejo gallina ciega pueden coexistir especies de al menos tres géneros (*Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Anomala*) (Marín y Bujanos, 2008; Lugo-García et al., 2012). Dentro de la familia Curculionidae, *Diaprepes abbreviatus* L. es una especie plaga de gran importancia en el cultivo de cítricos, dado que se alimentan de la corteza de la raíz de los árboles, lo que afecta la función de las raíces y favorece la entrada de patógenos que producen podredumbre radical. McCoy et al. (2001) realizaron bioensayos para conocer el efecto de control de los insecticidas sintéticos: bifentrina (0.54 g/m<sup>2</sup>) y el RPA107382 (0.312 mL/m<sup>2</sup>) y midieron los periodos de protección de dichos compuestos, mismos que variaron de dos a ocho semanas. Recientemente, se han hecho estudios con distintos organismos entomopatógenos para el control del plagas que atacan a la raíz, por ejemplo: Girón-Pablo et al. (2015) inocularon nematodos *Steinernema glaseri* Steiner, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, and *Steinernema feltiae* Filipjev, para el control de *Phyllophaga vetula* (Horn), con el objetivo de determinar la concentración y el tiempo letal para estas especies;





como resultado encontraron que *S. glaseri*, a una dosis de 1,000 individuos por larva, tuvo un control de 97.5%. Sin embargo, recientemente se detectó a *Epicaerus operculatus* como plaga emergente del ajo (Montiel *et al.*, 2017), y que no ha sido considerado como una plaga en ningún otro cultivo; el estudio de los posibles métodos de control no ha sido abordado de manera previa. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de control de diversos insecticidas comerciales, así como un hongo entomopatógeno, sobre las larvas de *Epicaerus operculatus*.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el municipio de Tepeaca, Pue., México, con coordenadas geográficas 18° 59' 27.3" LN y 97° 52' 53.1" LO, en el periodo comprendido entre el 18 de diciembre de 2015 y el 24 de enero de 2016. Se utilizó cultivo de ajo variedad "Chino Blanco" con fecha de siembra de 22 de octubre de 2015. Se evaluó el efecto de control de seis tratamientos indicados en el Cuadro 1. La unidad experimental se conformó por 10 surcos, con separación de 0.5 m de ancho y 6.0 m de largo, equivalente a un área de 30 m<sup>2</sup> por unidad, lo que representó un área total del experimento de 540 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control del picudo del ajo en Tepeaca, Pue., México.**

No.	Ingrediente activo	Concentración	Formulación	Dosis
T1	Testigo absoluto	-----	-----	-----
T2	Imidacloprid	8 g de i.a./kg	Gránulos dispersables	20 kg/ha
T3	Fipronil	39%	Líquido	250 mL/ha
T4	Clorpirifos	70%	Líquido	300 mL/ha
T5	<i>Metarrizium anispliae</i>	3% (1.2 x 10 <sup>12</sup> conidios)	Polvo humectable	140 g/ha
T6	Bifentrina + imidacloprid	4.58% + 22.87%	Gránulos dispersables	25 kg/ha

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con tres repeticiones. La aplicación de los productos fue dirigida a la base de la planta (drench). Se utilizó una mochila manual de 15 L de capacidad; cada disparo fue de 50 mL de mezcla



(agua + insecticida); se hicieron 128 disparos por unidad experimental, lo que representó un gasto de agua de 19.2 L por tratamiento. Excepcionalmente, para la aplicación del producto imidacloprid se hizo una perforación de 10 cm en línea recta en el centro del surco cerca de la base de las plantas dentro de esta aplicaron los gránulos y posteriormente se cubrieron con el suelo.

Se realizó una evaluación previa a la aplicación y evaluaciones a los 21 y 37 días posteriores a la misma. Se evaluó el control de los productos sobre los estados larvales; para ello, el muestreo consistió en tomar aleatoriamente cinco puntos de evaluación por unidad experimental, cada uno de 1 m lineal; en cada punto se cuantificó el número de larvas vivas. Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9; se realizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias por el método de Tukey con  $\alpha = 0.05$ . Debido a que los datos no cumplieron los supuestos de homogeneidad de varianza, se hizo una transformación logarítmica de datos. Adicionalmente se calculó la eficacia a través de la fórmula de Abbott (1925).

## Resultados y discusión

No se detectaron diferencias significativas en los seis tratamientos de manera previa a la aplicación; la media poblacional del picudo del ajo osciló entre 1.3 y 2.7. Este nivel poblacional pudiera parecer bajo, sin embargo, debido a que la especie ataca una parte fundamental de la planta, es necesario iniciar las medidas para su control cuando el picudo inicia su infestación.

A los 21 días posteriores a la aplicación se realizó la primera evaluación de la eficacia, y las medias muestrales oscilaron de 2.3 a 7.3 larvas, mientras que las eficacias se ubicaron en un rango de 45.5 a 81.8% (Cuadro 3). Cabe señalar que, aunque estadísticamente no se detectaron diferencias entre los tratamientos con aplicación y el testigo absoluto, los porcentajes de control obtenidos indicaron que los productos tuvieron un efecto insecticida positivo en la reducción de la infestación del picudo del ajo (*E. operculatus*).



**Cuadro 2. Número de larvas del picudo del ajo *Epicaerus operculatus* en el cultivo de ajo durante la evaluación previa.**

Tratamientos		Dosis	<i>E. operculatus</i>	
			MEM	TUK
T1	Testigo absoluto	20 kg/ha	2.7	a
T2	Imidacloprid	250 mL/ha	1.7	a
T3	Fipronil	300 mL/ha	2.3	a
T4	Clorpirifos	140 g/ha	1.3	a
T5	<i>Metarrizium anispliae</i>	25 kg/ha	3.0	a
T6	Bifentrina + imidacloprid	20 kg/ha	1.7	a
		PR>F	0.0785	

MEM: media muestral. TUK: agrupación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 3. Número de larvas y porcentajes de eficacia de control del picudo del ajo *Epicaerus operculatus* en el cultivo de ajo durante la primera evaluación, 21 días después de la aplicación de diferentes insecticidas químicos y un entomopatógeno.**

Tratamientos		Dosis	<i>E. operculatus</i>		
			MEM	TUK	EFI
T1	Testigo absoluto	20 kg/ha	7.3	a	----
T2	Imidacloprid	250 mL/ha	1.3	a	81.8
T3	Fipronil	300 mL/ha	4.0	a	45.5
T4	Clorpirifos	140 g/ha	3.7	a	50.0
T5	<i>Metarrizium anispliae</i>	25 kg/ha	2.3	a	68.2
T6	Bifentrina + imidacloprid	20 kg/ha	3.3	a	54.5
		PR>F	0.0931		

MEM: media muestral. TUK: agrupación de medias de Tukey. EFI: Eficacia de Abbott.

Los resultados de la tercera evaluación dieron evidencia marcada de un efecto heterogéneo por parte de los productos aplicados para el control de *E. operculatus*; esta variación se debió principalmente a un incremento en la densidad poblacional del picudo del ajo en las unidades del testigo absoluto, en contraste con una reducción de la población en las unidades con tratamiento insecticida.

Particularmente, las unidades tratadas con el producto fipronil (300 mL/ha) evidenciaron el mayor efecto de control sobre las larvas de *E. operculatus* con 98% de eficacia, mientras que el menor efecto se tuvo en las unidades que recibieron aplicación de clorpirifos (140 g/ha) con apenas 54% (Cuadro 4).



**Cuadro 4. Número de larvas y porcentajes de eficacia de control del picudo del ajo *Epicaerus operculatus* en el cultivo de ajo durante la primera evaluación, 37 días después de la aplicación de diferentes insecticidas químicos y un entomopatógeno.**

Tratamientos		Dosis	<i>E. operculatus</i>		
			MEM	TUK	EFI
T1	Testigo absoluto	20 kg/ha	16.7	a	----
T2	Imidacloprid	250 mL/ha	2.7	b	84.0
T3	Fipronil	300 mL/ha	0.3	c	98.0
T4	Clorpirifos	140 g/ha	7.7	ab	54.0
T5	<i>Metarrizium anispliae</i>	25 kg/ha	3.3	b	80.0
T6	Bifentrina + imidacloprid	20 kg/ha	3.3	b	80.0
		PR>F	< 0001		

MEM: media muestral. TUK: agrupación de medias de Tukey. EFI: Eficacia de Abbott.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento poblacional de las larvas del picudo del ajo durante el periodo de evaluación; se hace evidente el marcado aumento de la densidad de la especie en las unidades correspondientes al testigo absoluto, lo que puede sugerir que la plaga encontró condiciones idóneas, respecto al hospedero y al ambiente, para su desarrollo, además de prescindir de la presión de selección que los insecticidas ejercieron sobre las unidades con aplicación.

En este sentido, las unidades que recibieron aplicación de alguno de los insecticidas, tuvieron una reducción de las poblaciones de *E. operculatus*, o mostraron un incremento poblacional más lento en comparación con las unidades sin tratar.

Con respecto a las eficacias, a partir de la primera evaluación se tuvieron efectos contrastantes en el control del picudo del ajo, el producto imidacloprid a 250 mL/ha superó el 80% de control, mientras que el menor efecto para reducir la población de larvas de *E. operculatus* la mostró el producto fipronil (300 mL/ha) con solo 45.5%, ubicándose apenas por debajo del efecto del producto clorpirifos a 140 g/ha con 50%.

En la segunda evaluación, fipronil a 300 mL/ha fue el de mayor eficacia, ya que con este producto se consiguió 98% de control, en contraparte con el clorpirifos a 140 g/ha se tuvo un efecto del 54% de eficacia.

No se observó efecto fito-tóxico en el cultivo de ajo, durante el periodo de evaluación, por la aplicación de los insecticidas aplicados.



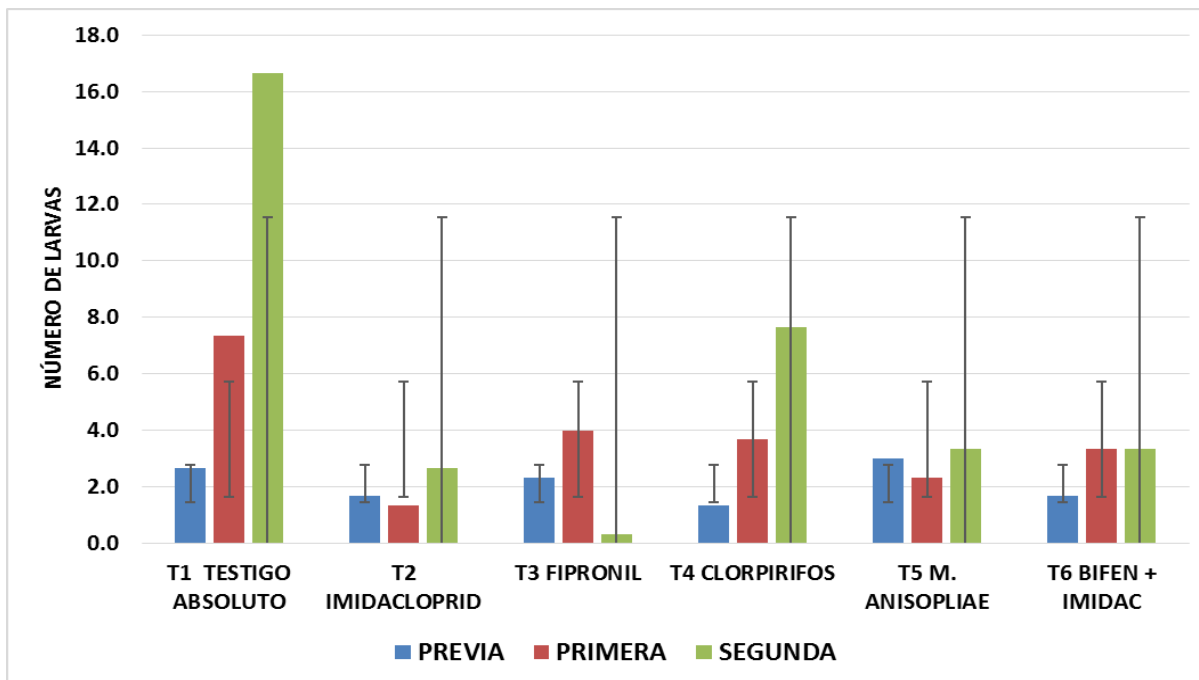


Figura 1. Promedio de larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*) observado durante el periodo de evaluación del estudio para conocer la efectividad biológica de distintos productos químicos y un biológico para su control.

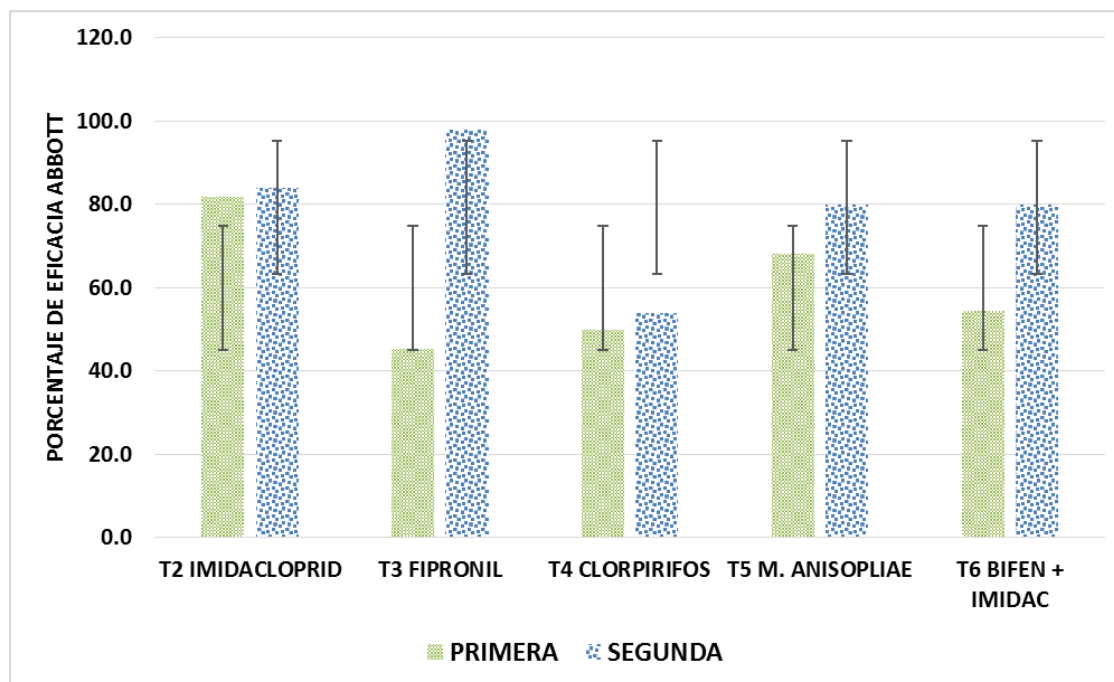


Figura 2. Porcentajes de eficacia observados sobre larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*) durante el periodo de evaluación el estudio para conocer la efectividad biológica de distintos productos químicos y biológicos para su control.



El imidacloprid dio resultados aceptables para el control del picudo del ajo (>80%); este compuesto ya había sido probado para el control de plagas de la raíz, en donde mostró tener un efecto significativo sobre *Diaprepes abbreviatus* L. (Coleoptera: Curculionidae). Sus efectos más importantes fueron interferir en la movilidad de las larvas, reducción en la ecdisis y muerte principalmente por inanición, debido a que, al reducirse la movilidad, las larvas se alimentaron en menor medida. Los estudios sobre este compuesto en plagas de la raíz indican que su mayor efecto se presentó cuando la vía de entrada fue oral, con relación a su efecto por contacto (Quintela y McCoy, 1997).

El efecto del fipronil, en nuestro estudio, reveló un marcado control entre la primera (45%) y la segunda (98%) evaluación, lo que pudo deberse a un efecto retardado sobre las larvas de *E. operculatus*, dato que contrasta con los resultados obtenidos por McCoy *et al.* (2001), en donde evaluaron el efecto del RPA107382 (compuesto análogo de fipronil), cuyas observaciones permitieron determinar que el periodo de control de dicho insecticida fue de apenas un par de semanas, lo que los hizo concluir que dicha molécula carece de un efecto residual.

Para el caso del tratamiento con *M. anisopliae* se tuvo una eficacia de entre el 68 y 80% de control, considerándose aceptable como alternativa contra *E. operculatus*. Cabe señalar que estudios previos indican que este hongo entomopatógeno provoca infecciones mayores al 50% cuando se inocula para el control de *P. polyphylla* (Ansari *et al.*, 2008). Adicionalmente, se han realizado estudios para evaluar hongos entomopatógenos en el control de insectos plaga de la raíz; dichos hongos tienen las características de infectar por contacto, presentan un periodo de persistencia largo y su rango de hospederos es generalmente amplio (Glare *et al.*, 2012). Entre los hongos con los que se han hecho mayor cantidad de estudios, respecto a su capacidad infectiva destacan: aislamientos de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin sobre larvas de *Phyllophaga crinita*, *P. menetriesi*, *P. civina* y *P. polyphylla* (Shannon *et al.*, 1993; Nájera-Rincón *et al.*, 2005; Guzmán-Franco *et al.*, 2012; Carrillo-Benítez *et al.*, 2013). Por lo anterior, el efecto observado de *M. anisopliae* sobre las larvas de *E. operculatus*, denota un marcado y positivo control de esta plaga, ya que la



reducción de las larvas en el sitio experimental resultó ser diferente estadísticamente con respecto a las unidades del testigo absoluto.

Por último, con la mezcla de ingredientes bifentrina + imidacloprid se observó un incremento importante al finalizar el estudio, ya que pasó de 54.5% en la primera a 80% durante la segunda evaluación; este nivel de eficacia representa una reducción estadísticamente significativa con respecto al testigo absoluto, lo que se traduce en una disminución importante de daño, y en consecuencia, menores pérdidas de tubérculos. Estos niveles de control fueron concordantes con los observados por McCoy *et al.* (2001) sobre *D. abbreviatu*, quienes probaron por separado el imidacloprid y la bifentrina, y obtuvieron eficacias de entre 80-100%, por un periodo de cuatro a ocho semanas.

Se ha demostrado que especies de *Phyllophaga* y *Cyclocephala* presentan resistencia a algunos insecticidas (Loera-Gallardo *et al.*, 2010); sin embargo, los resultados obtenidos con la presente evaluación indican altos porcentajes de control, lo que denota la limitada presión de selección a la que se ha expuesto *E. operculatus*.

## Conclusiones

Imidacloprid, fipronil, bifentrina + imidacloprid y *Metarrizium anispliae*, fueron los mejores productos para el control de las larvas de *E. operculatos*, los cuales tuvieron 80% o más de control. Excepcionalmente, el ingrediente clorpirifos no tuvo un efecto aceptable para el control de esta plaga.

## Literatura citada

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.



- Ansari, M. A., F. A. Shah and T. M. Butt. 2008. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as new approach for black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, control. *Entomología Experimentalis et Applicata* 129:340-347.
- Aragón, A. y M. A. Morón. 1998. Evaluación del daño ocasionado por el complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Puebla, México. p. 143-149. *In*: Morón, M. A. y A. Aragón (eds.). *Avances en el Estudio de la Diversidad, Importancia y Manejo de los Coleópteros Edafícolas Americanos*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Sociedad Mexicana de Entomología. Puebla, México.
- Carrillo-Benítez, M. G., A. W. Guzmán-Franco, R. A. Rosas and J. N. Enríquez-Vara. 2013. Diversity and genetic population structure of fungal pathogens infecting white grubs larvae in agricultural soils. *Microbial Ecology* 65(2):437-449.
- Girón-Pablo, S., J. Ruiz-Vega, R. Pérez-Pacheco, Y. D. Ortiz-Hernández and T. Aquino-Bolaños. 2015. Biological control of *Phyllophaga vetula* (Horn), and lethal concentrations and times of entomopathogenic nematodes. *Southwestern Entomologist* 40(2):291-296.
- Glare, T., J. Caradus, W. Gelernter, T. Jackson, N. Keyhani, J. Kohl, P. Marrone, L. Morin and A. Stewart. 2012. Have biopesticides come of age?. *Trends in Biotechnology* 30:250-258.
- Guzmán-Franco, A. W., J. Hernández-López, J. N. Enríquez-Vara, R. Alatorre-Rosas, F. Tamayo-Mejía and L. D. Ortega-Arenas. 2012. Susceptibility of *Phyllophaga polyphylla* and *Anomala cincta* larvae to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates, and the interaction with soil properties. *BioControl* 57:553-563.
- Loera-Gallardo, J., J. F. Pérez-Domínguez and L. A. Rodríguez del Bosque. 2010. Control químico. p. 197-214. *In*: Rodríguez del Bosque, L. A. y M. A. Morón (eds.). *Plagas del Suelo*. INIFAP, México.
- Lugo-García, G. A., L. D. Ortega-Arenas, A. Aragón-García, H. González-Hernández, J. Romero-Nápoles, A. Reyes-Olivas y M. A. Morón. 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México. *Agrociencia* 46:307-320.





- Marín, J. A. y R. Bujanos M. 2008. Especies del complejo "gallina ciega" del género *Phyllophaga* en Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34(3):349-355.
- Montiel, V. G., N. Bautista M., C. P. Illescas R., C. de J. García Á. and G. Calyecac C. 2017. *Epicaerus operculatus* Say: an emerging pest of *Allium* crops in Mexico. *Southwestern Entomologist* 42(3):769-775.
- McCoy, C. W., R. J. Stuart, I. Jackson, J. Fojtik And A. Hoyte. 2001. Soil surface applications of chemicals for the control of neonate *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) and their effect on ant predators. *Florida Entomologist* 84(3):327-335.
- Nájera-Rincón, M. B., M. García-Martínez, L. R. Crocker, V. Hernández-Velázquez y L. A. Rodríguez del Bosque. 2005. Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. *Fitosanidad* 9:33-36.
- Quintela, E. D. and C. W. McCoy. 1997. Effects of imidacloprid on development, mobility, and survival of first instars of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 90(4):988-995.
- Shannon, P. J., S. M. Smith and E. Hidalgo. 1993. Evaluación en el laboratorio de aislamientos costarricenses y exóticos de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. contra larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae). p. 213-215. *In: Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Publicación Especial. Sociedad Mexicana de Entomología. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver., México.*
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Sistema producto. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>. [consultado el 12 de junio de 2016].



## IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE FRIJOL NEGRO RESISTENTES A LA SEQUÍA TERMINAL

Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>41\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>41</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>41</sup>,  
Ernesto López Salinas<sup>41</sup> y José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>42</sup>

### Resumen

El estrés por la sequía terminal vinculado con el cambio climático es una de las principales limitaciones que enfrentan los agricultores de frijol común en el trópico del sureste de México. Mitigar esta restricción requiere la selección de variedades resilientes que soporten las amenazas de la sequía a la producción de frijol común. Los objetivos del presente trabajo fueron clasificar por su tolerancia a la sequía un grupo de líneas recombinantes de frijol negro e identificar aquellas que muestren mejor respuesta en el rendimiento en condiciones de estrés hídrico y mayor eficiencia productiva, bajo condiciones de riego y sequía terminal. En invierno-primavera de 2016, se establecieron dos viveros de adaptación, en la localidad de El Rubí, municipio de Medellín, ubicada en el centro del estado de Veracruz. Un vivero se condujo con riego durante todo el ciclo del cultivo y el otro con suspensión de riego a partir del inicio de la etapa reproductiva. Se evaluaron 50 líneas recombinantes y las variedades comerciales Negro Comapa, Negro Grijalva y Negro Tacaná como testigos regionales. Los genotipos se sembraron sin diseño experimental, a una densidad de 250,000 plantas/ha, en parcelas de un surco de 5 m de longitud, con testigos sistematizados sembrados cada 10 líneas. Se determinó el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea y como estimadores de eficiencia se utilizaron los índices de susceptibilidad a la sequía (ISS) y de eficiencia relativa del rendimiento (IER). El decremento del rendimiento por efecto de la sequía terminal fue de 72.6%. Con valores de ISS menores a 0.55, las líneas: Negro

<sup>41</sup>Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. \*[ibarra.francisco@inifap.gob.mx](mailto:ibarra.francisco@inifap.gob.mx)

<sup>42</sup> Campo Experimental Ixtacuaco-INIFAP.



Citlali/XRAV-187-3-7-2, Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 y Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6, fueron las más tolerantes a sequía, mientras que Negro Citlali/XRAV-187-3-2-2, Papaloapan/SEN 46-7-8 y Papaloapan/SEN 46-7-9 fueron las más susceptibles. A su vez, con valores de IER mayores a 3.0, las líneas: Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8, Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 mostraron la mayor eficiencia en rendimiento con riego y sequía (superior a la de los testigos regionales), en tanto que, la gran mayoría de las líneas tuvieron baja eficiencia productiva (valores de IER menores a 1).

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., estrés hídrico, índices de selección, rendimiento

## Introducción

La sequía es un fenómeno meteorológico asociado al cambio climático, que se caracteriza por la escasez o ausencia de agua; actualmente es una de las principales limitantes abióticas que enfrentan los agricultores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Centroamérica y México (Beebe *et al.*, 2013), la cual puede provocar reducciones hasta del 100% en la producción de grano (Acosta *et al.*, 1999; Castañeda *et al.*, 2006; López *et al.*, 2008).

El estrés por sequía intermitente es común en el altiplano semiárido del centro norte de México, mientras que, el estrés por sequía terminal afecta la región tropical del sureste de México, en esta última región, Chiapas y Veracruz destacan por su superficie de siembra de frijol, la cual durante 2016 fue en total de 150,784 ha; sin embargo, los niveles de producción son bajos, con un rendimiento promedio menor a 650 kg/ha (SIAP, 2018). Lo anterior obedece en gran parte, a que el cultivo es afectado por diversos factores, entre los que destaca la ocurrencia de periodos de sequía terminal. Esta situación ocurre en las siembras de humedad residual del ciclo de otoño-invierno, realizadas de octubre a enero (Tosquy *et al.*, 2014), sistema comúnmente utilizado para el cultivo de frijol en ambos estados, que es cuando las



lluvias tienden a disminuir y ser de menor intensidad. Estos periodos de sequía son cada vez más frecuentes y acentuados, debido al cambio climático (López *et al.*, 2011; Beebe *et al.*, 2013; Tosquy *et al.*, 2017).

La sequía terminal generalmente se presenta durante la formación y llenado de vainas (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998; López *et al.*, 2011), lo que provoca disminución de componentes de rendimiento y baja producción de grano (Nuñez-Barrios *et al.*, 2005; Muñoz-Perea *et al.*, 2006; Ghassemi-Golezani y Mardfar, 2008; Rosales *et al.*, 2012); dependiendo de su intensidad y magnitud, puede provocar la pérdida total de la cosecha (López *et al.*, 2008).

La alternativa más viable y económica, para mitigar los efectos negativos de este factor ambiental y a la vez, incrementar la producción de frijol en ambas entidades, es desarrollar variedades resilientes, que sean tolerantes a condiciones de deficiencias de humedad en el suelo (Frahm *et al.*, 2003). El mejoramiento convencional para mejorar la resistencia a la sequía en el frijol común, se ha basado esencialmente en la selección de genotipos superiores en rendimiento, bajo condiciones de estrés por sequía (Rosales *et al.*, 2012).

En el Programa de Mejoramiento de Frijol del INIFAP, para el sureste de México, durante los últimos años se han utilizado el índice de susceptibilidad a sequía de Fisher y Maurer (1978) y el índice de eficiencia relativa propuesto por Graham (1984), como herramientas para la identificación de genotipos tolerantes a sequía. El primer índice permite clasificar los genotipos por su tolerancia a este factor ambiental e identificar aquellos que muestren menor reducción del rendimiento, mientras que, el segundo índice permite seleccionar genotipos que presenten alta eficiencia productiva bajo condiciones de riego y de deficiencias de humedad. Como parte de la estrategia de mejoramiento en la identificación de nuevos genotipos, se utiliza una metodología establecida (Tosquy *et al.*, 2014), que considera el establecimiento de los mismos genotipos en diferentes ambientes (localidades, condiciones de humedad del suelo, ciclos de cultivo, entre otros), conjuntamente con el uso de los índices antes mencionados como herramientas o parámetros, para identificar o seleccionar los genotipos más promisorios.





En condiciones de riego, la sequía puede predecirse tanto en tiempo como en intensidad, mientras que, en bajo condiciones de temporal, la imprevisibilidad es la regla. Durante 2016 y 2017, en el centro del estado de Veracruz, se evaluó un grupo de líneas recombinantes de frijol tropical, en diferentes localidades, bajo dos condiciones de humedad: con riego durante todo el ciclo del cultivo y con suspensión de riego a partir del inicio de la etapa reproductiva. Los objetivos de este estudio fueron clasificar por su tolerancia a la sequía terminal este grupo de líneas e identificar las que muestren mejor respuesta en el rendimiento en condiciones de deficiencia de humedad y mayor eficiencia productiva, bajo las dos condiciones de humedad, específicamente en una de las localidades estudiadas.

## **Materiales y métodos**

Durante el ciclo invierno-primavera de 2016 se establecieron dos viveros de adaptación en la localidad El Rubí, municipio de Medellín, Ver., localizada a 18° 55´ LN y 96° 11´ LO, a una altitud de 22 m. El clima predominante en la localidad es cálido subhúmedo  $Aw_0$  (w)(g), con lluvias en verano y seco en invierno-primavera, precipitación pluvial anual de 1,400 mm y temperatura media anual de 25.4 °C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006). El suelo donde se establecieron los viveros, es de topografía plana y a una profundidad de 0 a 50 cm, es de textura migajón-arenosa, con un pH moderadamente ácido (5.36), pobre en su contenido de materia orgánica (1.59%) y nitrógeno inorgánico (6 mg/kg de suelo) y medio en fósforo (22.2 mg/kg de suelo) y bases cambiables (K, Ca y Mg de 207, 1702 y 209 mg/kg de suelo, respectivamente).

Ambos viveros se conformaron por 50 líneas recombinantes avanzadas de frijol negro, pequeño y opaco, derivadas de tres cruzamientos: Papaloapan/SEN-46 (34 líneas), Negro Citlali/XRAV-187-3 (12 líneas) y Jamapa Plus/XRAV-187-3 (cuatro líneas) y las variedades comerciales Negro Grijalva, Negro Comapa y Negro Tacaná (utilizadas como testigos), generadas por el Instituto Nacional de Investigaciones



Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el sureste de México (López *et al.*, 1997; Villar *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010).

La siembra de los genotipos se realizó el 15 de febrero de 2016, sin diseño experimental, en parcelas de un surco de 5 m de longitud, con una separación de 0.80 m, a una densidad de población de 250,000 plantas/ha. Las tres variedades comerciales (testigos) se sembraron en forma sistematizada, cada 10 líneas recombinantes de frijol.

Uno de los viveros se condujo bajo condiciones de riego por gravedad durante todo el ciclo del cultivo; el primer riego se realizó en pre-siembra con la finalidad de que hubiera una nacencia uniforme del cultivo y posteriormente se aplicaron seis riegos con un intervalo de entre ocho y 14 días entre cada uno, de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo; la lámina de riego total aplicada fue de alrededor de 350 mm (50 mm por riego). En el otro vivero sólo se aplicaron cuatro riegos (incluido el de pre-siembra), con una lámina de agua total de alrededor de 200 mm y se suspendió el riego a los 30 días después de la siembra, debido a que en este periodo la mayoría de los genotipos de frijol se encuentran en la etapa de prefloración (Acosta *et al.*, 1999).

En ambos viveros, se realizaron muestreos de suelo en el estrato de 0-45 cm de profundidad, una vez por semana, desde la siembra hasta la madurez del cultivo, para determinar su contenido de humedad por el método gravimétrico de acuerdo con Florentino (2006). Así mismo, se tomaron otras muestras de suelo en el estrato de 0 a 30 cm, para determinar el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (CC), con el método de las columnas (Aguilera y Martínez, 1980); con estos indicadores, la humedad del suelo se expresó como humedad aprovechable para el cultivo, correspondiendo 0% a la humedad del PMP y 100% a la humedad de CC (Hillel, 1980). Los valores de humedad aprovechable del suelo se graficaron, para conocer su dinámica antes y después de la floración del cultivo, bajo las dos condiciones humedad (con riego durante todo el ciclo del cultivo y con suspensión de riego al inicio de la etapa reproductiva). Se consideró como sequía terminal, cuando la humedad aprovechable en el suelo fue menor de 45% de acuerdo con los reportes de Allen *et al.* (2006).



El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP, para el estado de Veracruz (López *et al.*, 2017). Cabe indicar, que durante el ciclo del cultivo no hubo presencia de enfermedades que afectaran el desarrollo de las plantas y el rendimiento de grano, tanto en el vivero de riego, como de sequía terminal. Durante la conducción de viveros se cuantificó la precipitación pluvial ocurrida en el sitio experimental y se determinó el rendimiento de grano, el cual se calculó a partir del peso del grano cosechado de cada parcela experimental, en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Posteriormente, en ambos viveros se obtuvieron los valores promedio de rendimiento de grano de los testigos regionales. Así mismo, se aplicó la prueba estadística de t-Student (T-test) para detectar si los rendimientos obtenidos por los genotipos (50) en condiciones de riego fueron significativamente superiores a los obtenidos en la condición de sequía.

Para estimar la intensidad y el efecto de la sequía sobre el rendimiento de grano de cada genotipo se utilizó el índice de susceptibilidad a la sequía (ISSi), propuesto por Fischer y Maurer (1978), que se calculó con la ecuación:

$$ISSi = 1 - \frac{(Y_{ii}/Y_{ci})}{IIS}$$

Donde:

$Y_{ii}$  = promedio de rendimiento de cada genotipo con suspensión de riego a partir del inicio de floración.  $Y_{ci}$  = promedio de rendimiento de cada genotipo con aplicación de riego durante el ciclo del cultivo.

IIS= índice de intensidad a la sequía =  $1 - (Y_i/Y_c)$ .

$Y_i$  = promedio de rendimiento con suspensión de riego a partir del inicio de floración

$Y_c$  = promedio de rendimiento con aplicación de riego durante todo el ciclo del cultivo.

También se calculó el índice de eficiencia relativa (IERi) del rendimiento de cada genotipo propuesto por Graham (1984), para clasificar los genotipos con base en el rendimiento obtenido en ambas condiciones de humedad, mediante la ecuación:

$$IER_i = \left( \frac{Y_{ii}}{Y_i} \right) \left( \frac{Y_{ci}}{Y_c} \right)$$

Donde:



$IER_i$  = índice de eficiencia relativa de cada genotipo.

$Y_i$  = rendimiento del genotipo  $i$  con suspensión de riego a partir del inicio de floración.

$Y_i$  = rendimiento promedio con suspensión de riego a partir del inicio de floración.

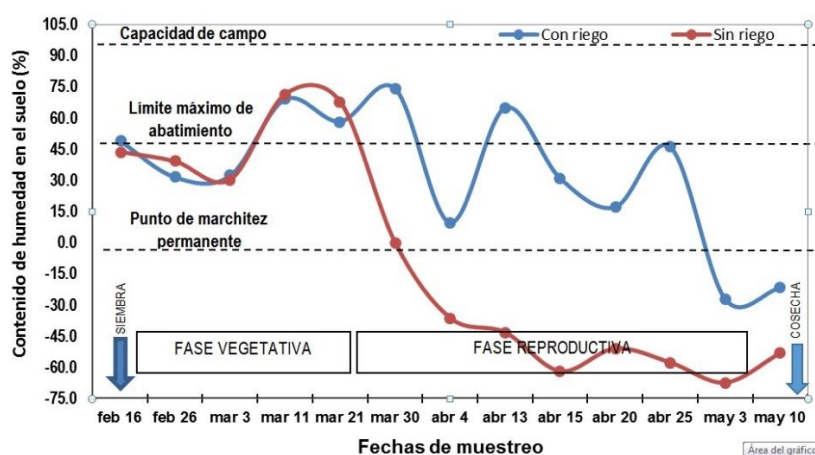
$Y_c$  = rendimiento del genotipo  $i$  con riego durante el ciclo del cultivo y

$Y_c$  = rendimiento promedio con riego durante el ciclo del cultivo.

## Resultados y discusión

### Precipitación pluvial ocurrida y balance de humedad del suelo

Durante todo el ciclo de cultivo, en el sitio experimental se presentaron tres eventos de lluvia, en los que se acumularon 17 mm, insuficientes para cubrir las necesidades hídricas del frijol, que oscilan entre 300 y 500 mm (Allen *et al.*, 2006). Esta condición, permitió manejar el contenido de humedad en el suelo por medio de los riegos de auxilio; los genotipos evaluados en el vivero con riego se desarrollaron sin estrés hídrico durante todo su ciclo fenológico, mientras que en el vivero con suspensión de riegos al inicio de la etapa reproductiva, se desarrollaron durante toda su fase reproductiva, en una condición de estrés hídrico menor al límite máximo de abatimiento permisible estipulado para la especie (Allen *et al.*, 2006) (Figura 1).



**Figura 1. Contenido de humedad edáfica en la capa 0 a 45 cm, registrado en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de frijol en viveros, con y sin estrés hídrico terminal, establecidos en El Rubí, Medellín, Ver. Ciclo invierno-primavera 2016.**





## **Rendimiento y estimadores de susceptibilidad a sequía y de eficiencia productiva**

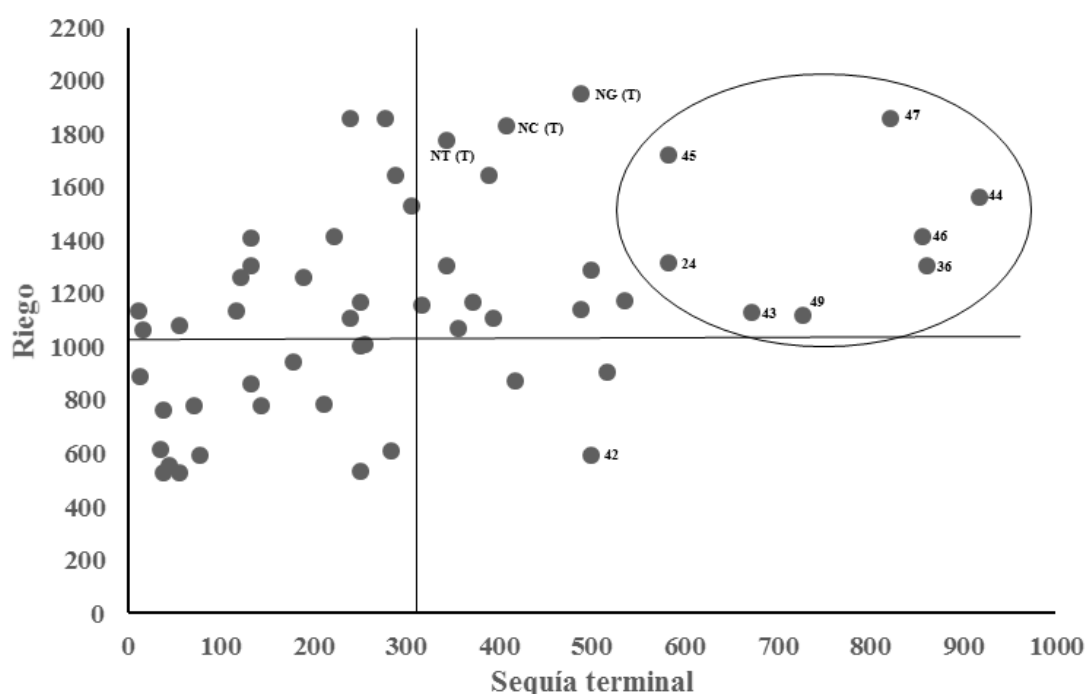
Los resultados de la prueba de t-Student indicaron que el rendimiento promedio obtenido en riego (1156.2 kg/ha) fue significativamente superior al obtenido en condiciones de sequía terminal (316.3 kg/ha), por lo que se rechaza la hipótesis de que los promedios obtenidos en ambas condiciones de humedad fueron estadísticamente similares. Los resultados indicaron que el 48% de los genotipos tuvieron un buen comportamiento en ambas condiciones de humedad, riego y sequía terminal (Figura 2). Se destacan los genotipos Negro Citlali/XRAV-187-3-16-7 (45) y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (47), a que bajo condiciones de riego tuvieron mayor rendimiento que el promedio (1,156.2 kg/ha) y similares a las variedades utilizadas como testigos, pero que bajo condiciones de sequía terminal tuvieron mucho más altos rendimientos que ambos, el promedio (316.3 kg/ha) así como el de los testigos (Figura 2).

En el Cuadro 1 se muestra que, en la condición de riego durante todo el ciclo del cultivo, 24 genotipos mostraron un rendimiento de grano superior al promedio general (1,156.2 kg/ha), de los cuales siete genotipos, incluidas las variedades Negro Grijalva, Negro Comapa y Negro Tacaná, fueron los más productivos con rendimiento de grano superiores a 1,700 kg/ha. En la condición de sequía terminal, 22 genotipos, incluidos los testigos, obtuvieron rendimientos superiores al promedio general (316.3 kg/ha), de los cuales 12 de ellos superaron el rendimiento del mejor testigo, la variedad Negro Grijalva. Bajo esta condición los genotipos más productivos fueron: Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7 (44), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46), Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (47) y Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 (49) con rendimientos de grano mayores a 720 kg/ha.

La sequía terminal provocó reducciones del rendimiento que variaron de 15.9 a 99%, siendo menos severa en las líneas: Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2 (42), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46), Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 (49) y Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36), las cuales presentaron reducciones menores a 40% y los valores más bajos de índices de susceptibilidad a la sequía (Fisher y Maurer, 1978), la cual tuvo un índice de intensidad de 0.72. Este índice es un criterio aceptable para seleccionar



genotipos que muestren tolerancia a este factor abiótico, aunque no necesariamente son los más rendidores (Rosales-Serna *et al.*, 2000). Tal como ocurrió en este estudio en el que algunos genotipos como Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2 (42) y Papaloapan/SEN 46-7-6 (26) que presentaron bajos ISS no mostraron los mayores rendimientos en la condición de sequía, por lo que es remendable la utilización combinada de un índice que se relacione con la reducción del rendimiento y otro con la productividad entre condiciones de humedad (Rosales-Serna *et al.*, 2000).



**Figura 2. Rendimiento de grano (kg/ha) de 50 genotipos de frijol bajo dos condiciones de humedad: riego durante todo el ciclo de cultivo y sequía terminal aplicado a partir de floración. Genotipos sobresalientes: Papaloapan/SEN 46-6-6 (24), Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36), Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2 (42), Negro Citlali/XRAV-187-3-14-6 (43), Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7 (44), Negro Citlali/XRAV-187-3-16-7 (45), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (47), Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 (49) y los testigos NT= Negro Tacaná, NC= Negro Comapa y NG= Negro Grijalva.**

Las líneas recombinantes: Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (47), Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7 (44), Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36) y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46)



presentaron los más altos valores de los IER (>3.0), que indican alto rendimiento de grano en las dos condiciones de humedad estudiadas, los cuales fueron superiores al de los tres testigos regionales. En tanto que, la gran mayoría de las líneas mostraron baja eficiencia productiva, ya que sus valores de IER fueron menores a 1 (Graham, 1984).

**Cuadro 1. Rendimiento y estimadores de susceptibilidad a la sequía y de eficiencia productiva de 23 líneas sobresalientes y tres testigos, evaluados en viveros de adaptación, en El Rubí, Medellín, Ver., en invierno-primavera de 2016.**

T	Genotipo	Riego (kg/ha)	Sequía (kg/ha)	Reducción (%)	ISS	IER
5	Papaloapan/SEN 46-2-2	1644	289	82.4	1.13	1.30
7	Papaloapan/SEN 46-2-4	1861	278	85.1	1.17	1.41
8	Papaloapan/SEN 46-2-5	1856	239	87.1	1.20	1.21
9	Papaloapan/SEN 46-2-6	1528	306	80.0	1.10	1.28
12	Papaloapan/SEN 46-3-2	1172	536	54.3	0.75	1.72
14	Papaloapan/SEN 46-3-7	1289	500	61.2	0.84	1.76
15	Papaloapan/SEN 46-4-5	1072	356	66.8	0.92	1.04
22	Papaloapan/SEN 46-6-4	533	250	53.1	0.73	0.36
23	Papaloapan/SEN 46-6-5	611	283	53.6	0.74	0.47
24	Papaloapan/SEN 46-6-6	1317	583	55.7	0.77	2.10
26	Papaloapan/SEN 46-7-6	906	517	42.9	0.59	1.28
27	Papaloapan/SEN 46-7-7	1111	394	64.5	0.89	1.20
31	Papaloapan/SEN 46-7-11	1139	489	57.1	0.79	1.52
35	Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5	1644	389	76.4	1.05	1.75
36	Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6	1417	857	39.5	0.54*	3.32*
37	Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8	1306	344	73.6	1.01	1.23
42	Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2	594	500	15.9	0.22*	0.81
43	NegroCitlali/XRAV-187-3-14-6	1128	672	40.4	0.56	2.07
44	NegroCitlali/XRAV-187-3-14-7	1561	917	41.3	0.57	3.91*
45	NegroCitlali/XRAV-187-3-16-7	1722	583	66.1	0.91	2.75
46	Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	1306	861	34.0	0.47*	3.08*
47	Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8	1861	822	55.8	0.77	4.18*
49	Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	1122	728	35.1	0.48*	2.23
51	Negro Comapa (Testigo)	1832	408	77.7	1.07	2.04
52	Negro Grijalva (Testigo)	1949	489	74.9	1.03	2.61
53	Negro Tacaná (Testigo)	1775	344	80.6	1.11	1.67
	Promedio	1156.2	316.3	72.6	0.00	1.1

T = Tratamiento (genotipo). ISS = Índice de susceptibilidad a la sequía. IER = Índice de eficiencia relativa del rendimiento de grano. \* Líneas recombinantes con mayor tolerancia a la sequía terminal y alta eficiencia productiva.



## Conclusiones

1. Las líneas recombinantes más resistentes a la sequía terminal fueron: Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2 (42), Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46), Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 (49) y Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36), mismas que presentaron los valores más bajos de ISS.
2. Las líneas que presentaron la mayor eficiencia productiva con riego y sequía terminal (valores más altos de IER) fueron: Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (47), Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7 (44), Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6 (36) y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 (46).

## Literatura citada

- Acosta-Gallegos, J. A., E. Acosta-Díaz, S. Padilla-Ramírez, E. López-Salinas, R. A. Salinas-Pérez, N. Mayek-Pérez *et al.* 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 41:151-152.
- Acosta, G. J. A., E. Acosta, S. Padilla, M. A. Goytia, R. Rosales y E. López. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agron. Mesoam.* 10(1):83-90.
- Aguilera, C. M. y R. Martínez E. 1980. Relaciones agua suelo planta atmósfera. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 321 p.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 298 p.
- Beebe, E. S., I. M. Rao, M. W. Blair and J. A. Acosta-Gallegos. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology* 4:1-20.
- Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.





- Fisher, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29:897-912.
- Florentino, A. 2006. Métodos para medir el contenido de agua en el suelo. *Venezuelos* 14:48-70.
- Frahm, M., J. C. Rosas, N. Mayek, E. López, J. A. Acosta y J. D. Kelly. 2003. Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical. *Agron. Mesoam.* 14(2):143-150.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- Ghassemi-Golezani, K. and R. A. Mardfar. 2008. Effects of limited irrigation and grain yield of common bean. *J. Plant Sci.* 3(3):230-235.
- Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant Nutr.* 1:57-102.
- Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. 1rd. ed. Academic Press. New York, USA. 385 p.
- López, S. E., J. A. Acosta G., E. N. Becerra L., G. Fraire V., S. Orozco H. y S. Beebe. 1997. Registration of Negro Tacaná common bean. *Crop Sci.* 37(3):1022.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., F. J. Ugalde A., A. Morales R. y J. A. Acosta G. 2010. Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(1):715-721.
- López, S. E., O. H. Tosquy V. y F. J. Ibarra P. 2017. Frijol. p. 33-36. *In*: Zetina, L. R. y S. Uribe G. (comps.). Agenda Técnica Agrícola Veracruz. SAGARPA. COFUPRO. INIFAP. Ciudad de México, México.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., F. J. Ugalde A. y J. A. Acosta G. 2008. Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(Núm. Especial 3):35-39.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., J. A. Acosta G., B. Villar S. and F. J. Ugalde A. 2011. Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2):749-755.
- Muñoz-Perea, G., H. Terán, R. Allen, J. Wright, D. Westermann and S. P. Singh. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Sci.* 46:2111-2120.



- Nuñez-Barrios, A., G. Hoogenboom and D. Scott. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 62(1):18-22.
- Rosales, M. A., E. Ocampo, R. Rodríguez-Valentín, Y. Olvera-Carrillo, J. A. Acosta-Gallegos and A. A. Covarrubias. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiol. Biochem.* 56:24-34.
- Rosales-Serna, R., P. Ramírez-Vallejo, J. A. Acosta-Gallegos, F. Castillo-González y J. D. Kelly. 2000. Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. *Agrociencia* 34:153-165.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Avances de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. SAGARPA. SIAP. Ciudad de México, México.  
[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do) [consultado el 21 de abril de 2018].
- Tosquy, V. O. H., E. López S., J. A. Acosta G. y B. Villar S. 2014. Detección de líneas de frijol negro con adaptación en el trópico húmedo del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6):911-921.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., N. Francisco N., J. A. Acosta G. y B. Villar S. 2014. Genotipos de frijol negro opaco resistentes a sequía terminal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(7):1205-1217.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., R. Zetina L., B. Villar S. y J. R. Rodríguez R. 2017. Producción de genotipos de frijol negro en condiciones de humedad residual y sequía terminal. Artículo científico. *Terra Latinoamericana* 35(1):29-39.
- Villar, S. B., E. López S. y O. H. Tosquy V. 2009. Negro Grijalva, nuevo cultivar de frijol para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 35(3):349-352.



## INDUCCIÓN A FLORACIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS EN CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) EN GUERRERO, MÉXICO

Juan Pereyda Hernández<sup>43\*</sup>, Saúl Arismendi Urrutia<sup>43</sup>, José Manuel Castro Salas<sup>43</sup>, Alejandro Sotelo Aguilar<sup>43</sup> y Víctor Manuel Domínguez Márquez<sup>43</sup>

### Resumen

En la comunidad La Palma, Guerrero, México, se evaluó inducción a floración y calidad de frutos en ciruela mexicana por tres aspersiones con sulfato ferroso (10 g), urea biuretizada (10 g), mezcla de sulfato ferroso-urea biuretizada (5 + 5 g/L de agua) y testigo con agua únicamente, en árboles de 15 años de edad, en el período de diciembre de 2016 a mayo de 2017. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro tratamientos, tres repeticiones; la unidad experimental fue un árbol. La primera aspersión fue el 25 de diciembre de 2016, la segunda y tercera el 9 y 24 de enero de 2017. El registro de datos fue a los 15, 35 y 55 días posteriores a la última aspersión en ramas etiquetadas por punto cardinal. Las variables medidas fueron: número de inflorescencias por rama (NIR), número de flores por inflorescencia (NFI), número de frutos por rama (NFR), longitud de tramo de fructificación (LTF), longitud de fruto (LF) y diámetro ecuatorial de fruto (DEF). El promedio en NIR, con aspersión de sulfato ferroso fue 4.37, superior a urea, testigo y sulfato-urea en 10.01, 13.8 y 22.86%, respectivamente. En NFI, sulfato (9.81) superó a urea, testigo y sulfato-urea en 11.25, 21.45 y 31.85%, respectivamente. Efecto semejante fue en NFR, porque sulfato (18.93) superó a testigo y sulfato-urea en 12.43 y 14.7%, respectivamente. En LTF, la aspersión con sulfato promedió el valor más alto (57.17 cm), siguió urea (29.02), testigo (26.10) y sulfato-urea (24.48). En LF, los valores promedio fueron 3.66, 3.57, 3.46 y 3.40 cm para sulfato, sulfato-urea, testigo y urea, respectivamente, siendo estadísticamente iguales; también en DEF, sulfato (2.87 cm) superó en 4.33, 6.93 y 9.04% a urea, testigo y sulfato-urea. La aspersión con sulfato superó en 1.48, 1.6 y 1.9

<sup>43</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Periférico poniente s/n. Col. Villa de Guadalupe, Iguala, Gro. Tel. y Fax 017333334776; uacaa.uagro.mx. [\\*pereyda.juan@gmail.com](mailto:pereyda.juan@gmail.com)



°Brix a urea, sulfato-urea y testigo; nuevamente en peso de fruto, sulfato (34.8 g) superó con 4.5, 5.7 y 7.0 g, respectivamente, a urea, sulfato-urea y testigo; también en peso de pulpa, sulfato (31.06 g) superó con 4.3, 5.3 y 7.0 g respectivamente, a urea, sulfato-urea y testigo.

**Palabras clave:** *Spondias purpurea*, acidez titulable, °Brix

## Introducción

La ciruela mexicana o jocote (*Spondias purpurea* L.) tiene su origen en el centro VII sur mexicano (Vavilov, 1951), que comprende el sur de México, Guatemala, Costa Rica, Nicaragua, Honduras y el Salvador. Little *et al.* (1967) indica que el género *Spondias* es nativo de los trópicos del continente americano y está ampliamente distribuido desde el centro de México hasta Perú y Brasil, con designación de diversos nombres: En náhuatl, ateyaxocotl; en español, jocote (Guatemala, El Salvador, Colombia, Venezuela, etc.); ciruelo (Guerrero, Jalisco, Yucatán, México); en inglés: Spanish plum, red mombín, entre otros. Desde antes de la conquista fue cultivada ampliamente en México, de donde se dispersó a través de las Antillas hasta el norte de América del sur y Filipinas, lo cual se deduce de los primeros cronistas que describieron las cosas novedosas encontradas en la Nueva España (Rojas, 1975). Se menciona que los aztecas la denominaban Jobo o Jocote, término derivado del náhuatl zacaxocotl; así mismo, consideraban cinco tipos, siendo atoyoxocotl la más carnosa y excelente para consumo en fresco y cocida. También preparaban bebidas más embriagantes que la miel (Rojas, 1975). En México se encuentra en 21 entidades federativas y forma parte de la vegetación baja caducifolia (Ramírez *et al.*, 2008); con frecuencia, los árboles de esta especie son postes vivos de potreros y cercos vivos de la vivienda rural, o forman parte de huertos de traspatio, donde pernoctan aves de corral, sirven de poste para el amarre de ganado bovino, caprino, porcino, equino, y además se aprovechan sus exquisitos frutos. Este frutal se encuentra distribuido en 21 entidades federativas, entre los que destacan: Chiapas, Puebla, Jalisco, Guerrero, Veracruz y Nayarit, y ocupa una





superficie sembrada de 11, 870 ha, un volumen de producción de 59,586 t y un rendimiento promedio de 5,137 t/ha (INEGI, 2006). La importancia económica de este frutal es limitada, su comercialización se restringe a mercados locales, y representa una actividad de recolección más que de producción. En Guerrero son escasas las plantaciones comerciales de este frutal y sólo existen pequeños huertos con incipiente manejo cerca de y entre el caserío de las comunidades. Algunas comunidades de Guerrero, identificadas en la producción de ciruela o jocote son Tlacuitlapa, municipio de Teloloapan, Almoloya, municipio de Arcelia y La Palma, municipio de Juan R. Escudero, porque tienen plantaciones compactas de 0.5 a 4.0 ha, con árboles de 15 a 25 años de edad, establecidos en marco real y distanciamientos a 6 m entre árboles y entre hileras (Cayetano, 2016). Esto indica interés de parte de algunos productores en asegurar la producción de fruta de temporada. Los frutos de ciruela o jocote son sumamente importantes en la cocina guerrerense y mexicana (Calderón, 1987).

El fruto fresco tiene sabor muy agradable, se utiliza en la preparación de bebidas refrescantes, conservas, jarabes y también se consume como fruto deshidratado. En otra forma, los frutos son hervidos en salmuera por cinco a 10 minutos y deshidratados al sol durante tres a cuatro días, en alguna superficie como mesas con malla metálica, redes u otra superficie disponible (Cabanillas, 2015). En este proceso, el tamaño del fruto reduce una cuarta parte de su volumen. El contenido de humedad del fruto fresco varía de 76 a 86%, es muy bajo en proteína, grasas y contiene apreciables cantidades de calcio, fósforo, hierro y ácido ascórbico (Koziol y Macía, 1998). En la actualidad, el interés por frutos rojos o purpura (distintivo de la ciruela o jocote) se ha incrementado considerablemente, debido a la actividad antioxidante de sus pigmentos antociánicos, presentes en cantidades de 0.55  $\mu\text{g/g}$  de epidermis de frutos de ciruela (*Spondias purpurea* L.), versus 0.6  $\mu\text{g/g}$  del fruto de arándano rojo (*Vitis idaea* L.) (Villalobos et al., 2014).

La ciruela mexicana pertenece a la familia de las Anacardiáceas y tiene la particularidad de defoliarse en época de sequía, entre otras características que la hacen tolerante a condiciones adversas. Los árboles permanecen sin hojas durante la estación seca, pero el follaje crece rápido con las primeras lluvias y confieren un



color verde muy atractivo al paisaje. Al final del periodo lluvioso las hojas caen y en forma natural ocurre la inducción a floración. Inducción, es el proceso mediante el cual las yemas de la planta originalmente vegetativas, sufren cambios metabólicos que las preparan para transformarse en yemas florales (EUROECOTRADE, 2019). El proceso inductivo promueve cambios histológicos, morfológicos, histoquímicos, fisiológicos y bioquímicos en los meristemos vegetativos; la inducción de flores estaminadas se presenta en octubre, en tanto que, la de flores pistiladas ocurre en noviembre (Hernández *et al.*, 1999). Este proceso natural puede modificarse mediante manejo agronómico, como aceleración de la defoliación y aspersión foliar de fertilizantes a base sulfatos y nitratos. Las inflorescencias son axilares, fasciculadas y surgen como protuberancias sobre la corteza de ramas delgadas, desarrolladas durante el año anterior (Hernández *et al.*, 1999). En Acatlán, Puebla, árboles adultos de ciruela respondieron bien a prácticas de producción forzada, porque las aspersiones de urea (2.5 a 10%), sulfato de amonio (5 a 15%), nitrato de potasio (5%) y sulfato ferroso (1%) adelantaron la cosecha de 38 a 45 días con utilidades de 600 a 800% en relación al testigo (Martínez, 1988).

En América central, los frutos de ciruela o jocote maduran durante la estación seca de febrero a mayo, tienen tamaño de 2.5 a 3 cm de longitud, epidermis lisa, roja-purpura y amarillo, con pulpa ligeramente agri dulce (León y Shaw, 1990). En Guerrero, los primeros frutos maduran en febrero y son los mejor pagados, pero los frutos son medianos y generalmente con daño por ácaros (Cayetano, 2016). En la actualidad, esta fruta está siendo comercializada de manera aceptable en las grandes urbes, lo cual estimula su aprovechamiento. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue analizar la inducción a floración en arboles de ciruelo o jocote y los parámetros cuantitativos y cualitativos de los frutos obtenidos.

## **Materiales y métodos**

El experimento se realizó en la comunidad de La Palma, municipio de Juan R. Escudero, Gro., México, de diciembre de 2016 a mayo de 2017. El predio se encuentra en las coordenadas geográficas 17° 03' y 17° 21' de LN, 99° 38' y 99° 43' LO, respecto al



meridiano de Greenwich y a 260 m de altitud. El clima es Awo, el más seco de los cálidos subhúmedos, precipitación media anual de 800 a 1000 mm, temperatura promedio anual de 22°C, siendo enero el mes más frío, mayo el más caluroso y septiembre el más lluvioso (UAGro-CFE, 2008). El suelo es chernozem o negro, útil para la agricultura, con contenido alto de materia orgánica y vocación para la ganadería (UAGro-CFE, 2008). Los árboles en evaluación tuvieron 4 m de altura, 15 años de edad y producen frutos con superficie de apariencia rugosa, color rojo oscuro, sabor agridulce y miden hasta 4 cm o más de longitud.

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: sulfato ferroso (10 g), urea biuretizada (10 g), mezcla sulfato ferroso-urea (5 +5 g de producto comercial/L de agua) y testigo con agua únicamente. El árbol fue la unidad experimental, evaluándose cuatro ramas, una por punto cardinal. Para la aspersion, por cada litro de agua se incorporó 1 mL de Inex A (alcohol graso etoxilado al 20% y polidimetilsiloxano al 1%). La primera aspersion se hizo el 25 de diciembre de 2016, antes de visualizar botones florales; la segunda y tercera fueron el 09 y 24 de enero de 2017. El registro de datos inició 15 días después de la última aspersion; el primero y segundo registro fue el 8 y 28 de febrero, y el tercero, el 20 de marzo de 2017.

En campo se hizo conteo de número de inflorescencias por rama (NIR), número de flores por inflorescencia (NFI), frutos por rama (FR), longitud de tramo de fructificación (LTF), número de ramas con frutos (NRF) y en laboratorio se midió el diámetro polar (DPF), diámetro ecuatorial (DEF), peso (PF), color, pH, °Brix y acidez total titulable de frutos. Para color de fruto, se utilizó una tabla de colores Munsell, y la determinación se realizó en 10 frutos por cada tratamiento; el pH se determinó con potenciómetro (medidor impermeable marca Pctestr 35, modelo Wd-35425-10, USA), haciendo lecturas por triplicado en jugo de frutos completamente maduros; la medición de °Brix fue con refractómetro digital (marca Hanna, modelo HI96801, México). La acidez total titulable se determinó en 10 g de pulpa macerada en agua; se filtró y tomó submuestra de 5 mL, a la que se le agregaron dos gotas de fenolftaleína 0.5% (p/v) e hizo la titulación con NaOH 0.1 N. Los datos registrados por variable se analizaron estadísticamente con el sistema de cómputo SAS versión 9.4



(SAS, 2014), y la comparación múltiple de los promedios por tratamiento fue con Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

### En trabajo de campo

En el Cuadro 1 se presenta el concentrado de las variables cuantitativas evaluadas en el presente ensayo, en el que se denotan diferencias significativas y altamente significativas por efecto de las tres aspersiones de fertilizante en los árboles en estudio.

**Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza (significancia experimental, coeficiente de determinación, coeficiente de variación), para cada una de las variables de estudio en ciruela mexicana en La Palma, Gro., México.**

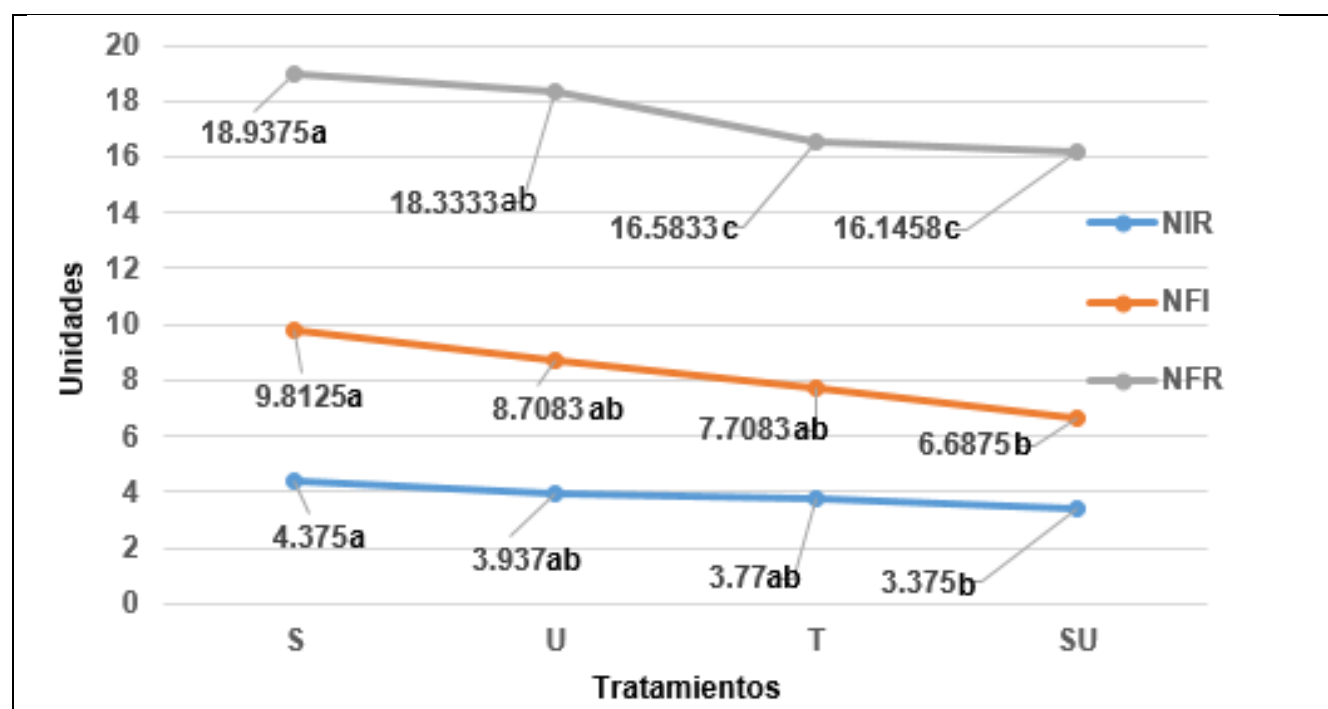
Variable de estudio	Fuente de variación	Significancia experimental	Coeficiente de determinación ( $R^2$ )	Coeficiente de variación (CV)
Número de inflorescencias por rama (NIR)	Aspersiones	0.0372*	0.918407	43.70856
	Orientación rama	0.6835ns		
	Fecha	<0.0001**		
Número de flores por inflorescencia (NFI)	Aspersiones	0.0069*	0.876690	55.19746
	Orientación rama	0.3959ns		
	Fecha	<0.0001**		
Número de frutos por rama (NFR)	Aspersiones	0.0007**	0.204667	21.94540
	Orientación rama	0.1138ns		
	Fecha	0.0056*		
Longitud del tramo de fructificación (LTF) cm	Aspersiones	<0.0001**	0.716333	63.19207
	Orientación rama	0.7751ns		
	Fecha	<0.0001**		
Número de ramas c/frutos (NR)	Aspersiones	0.0069*	0.089411	30.70433
	Orientación rama	0.4982ns		
	Fecha	0.9686 ns		
Longitud de fruto (LF) cm	Aspersiones	0.1622ns	0.081814	49.74803
	Orientación rama	0.2220ns		
	Fecha	0.4103ns		
Diámetro de fruto (DF) cm	Aspersiones	<0.0001**	0.764620	6.710236
	Orientación rama	0.0713ns		
	Fecha	<0.0001**		

ns = Diferencia estadística no significativa. \* = Diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ). \*\* = Diferencia estadística altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ).





En la variable NIR se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, no significativas entre orientación de ramas y altamente significativas en las fechas de conteo de las inflorescencias formadas en las ramas bajo observación. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue 0.91, que indica que 91% del efecto registrado, se debió a las aspersiones con los productos utilizados, en tanto que, el 9% restante se debió a causas no atribuibles a los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 43.7%, siendo relativamente alta la dispersión de los datos analizados, debido a que fueron registros de inflorescencias formadas en árboles que se desarrollan en su hábitat natural, es decir, en condiciones de campo. La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) estableció diferencias significativas en el promedio de NIR en los árboles bajo tratamiento, de forma tal, que la aspersión con sulfato ferroso (4.37) superó a urea biuretizada (3.937) en 10.01%, al testigo (3.77) en 13.8% y la mezcla sulfato ferroso-urea (3.375) en 22.8%, respectivamente, en cantidad de inflorescencia por rama (Figura 1).

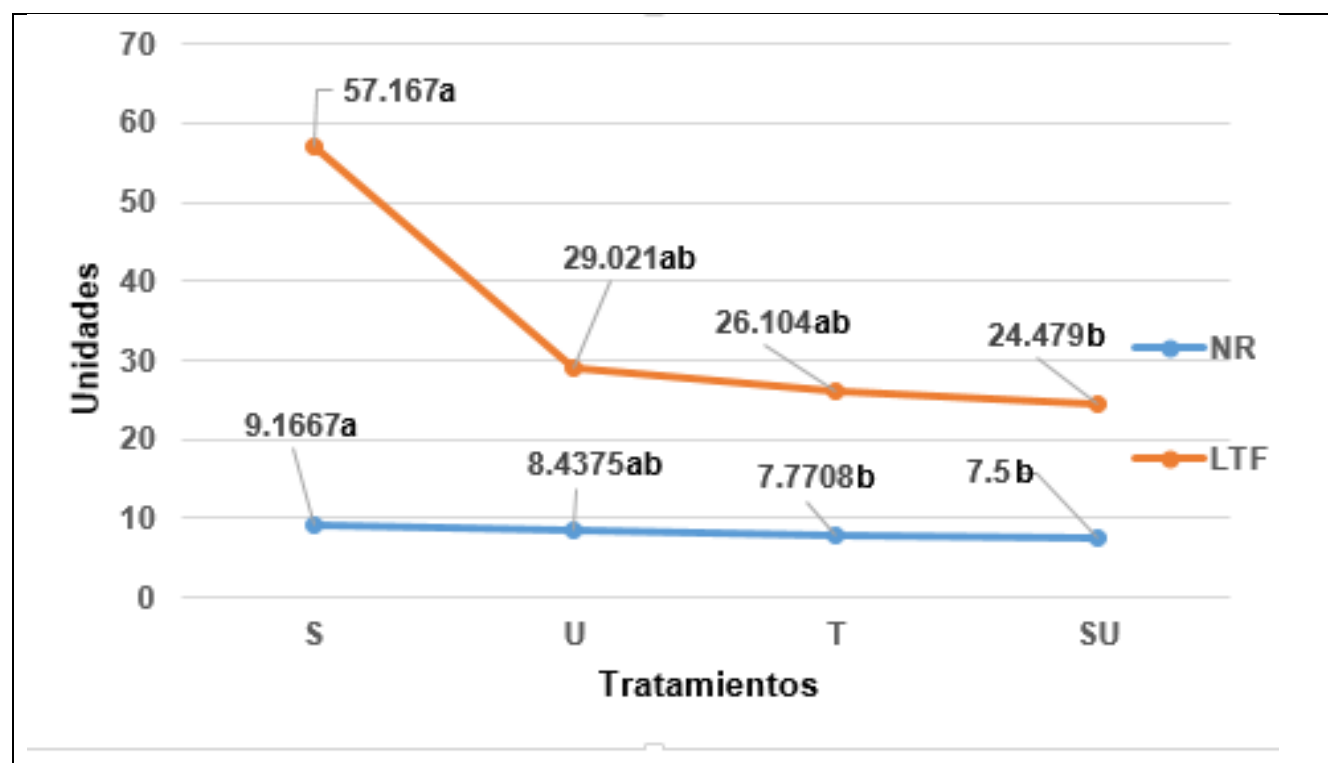


**Figura 1. Efecto de la aspersión de sulfato ferroso (S), urea biuretizada (U), testigo (T) y la mezcla de sulfato-urea (SU) en número de inflorescencias por rama (NIR), número de flores por inflorescencia (NFI) y número de frutos por ramas (NFR) en ciruela mexicana. Promedios con la misma letra, no difieren significativamente ( $P \leq 0.0\%$ ).**



En cuanto a NFI, se detectaron diferencias significativas por las aspersiones, diferencias no significativas en orientación de ramas, pero altamente significativas entre fechas de registro de flores en las ramas; el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 87.6%. La aspersion con sulfato ferroso (9.81) superó a la urea, el testigo y la mezcla sulfato-urea en 11.25, 21.45 y 31.85%, respectivamente, en cantidad de flores por inflorescencia. Efecto semejante fue en NFR, porque el sulfato (18.93) superó al testigo y la mezcla de sulfato-urea en 12.43 y 14.7%, respectivamente.

Los promedios en número de ramas (NR) con frutos, fueron diferentes estadísticamente por efecto de las aspersiones, pero no orientación de ramas, ni fecha de evaluación (Figura 2). El efecto ejercido por la aspersion de sulfato ferroso (9.16) superó en 7.95, 15.22 y 18.18%, respectivamente, al efecto por urea, testigo y la mezcla sulfato-urea.



**Figura 2.** Efecto de la aspersion de sulfato ferroso (S), urea biuretizada (U), testigo (T) y la mezcla de sulfato-urea (SU), en número de ramas con fruto (NR) y longitud de tramo de fructificación (LTF) en La Palma, Gro., México. Ciclo 2016-17. Promedios con la misma letra, no difieren significativamente ( $P \leq 0.0\%$ ).



En LTF, nuevamente el tratamiento con aspersión de sulfato ferroso se obtuvo el promedio más alto (57.167), seguido por el promedio con urea (29.021), testigo (26.104) y la mezcla sulfato-urea (24.479), que proporcionalmente representan 49.23, 54.33 y 57.17%, respectivamente, menos longitud en el tramo de fructificación. El tramo de fructificación puede o no estar estrechamente relacionado con la cantidad de frutos formados y cosechados. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.71, lo cual explica que el 71% de la longitud del tramo de fructificación estuvo relacionado con aspersiones de los productos. El tramo promedio de fructificación de la ciruela cultivada en la comunidad de La Palma Gro., México presentó 57 cm que está entre los rangos reportados por Cayetano (2016).

En diámetro de fruto (DF), la aspersión con sulfato ferroso registró el mayor valor (2.87 cm), superior al testigo en 6.92%.

Fue notoria la diferencia en el número de inflorescencia por rama (NIR) y número de flores por inflorescencia (NFI), porque el 100% de éstas se registraron en la primera lectura, realizada 45 días después de la primera y 15 días después de la última aspersión. El efecto fue semejante en LTF, porque el largo en el tramo de fructificación fue 5.9 veces más, que las dos lecturas posteriores. En DF de la primer alectura fue 3.1, siendo 1.1 y 1.3 veces más que el valor de la segunda y tercera lectura. En cuanto a NFR, en la primera lectura registro 18.48 y la segunda lectura 17.71, que estadísticamente son iguales, pero superiores al dato de la lectura tres. En NR con frutos, la primera y segunda lectura fue 8.28 y 8.20, que estadísticamente son iguales, pero superiores al dato de la lectura tres (Cuadro 2). Estos resultados son acordes con el estudio realizado por Martínez (1988), en su reporte en Acatlán, Puebla con *Spondias purpurea* L.

**Cuadro 2. Valores promedios de variables de estudio en ciruela mexicana en las fechas de lectura en La Palma, Gro., México. Ciclo 2016-17.**

Tratamientos	NIR	NFI	NFR	NR	LTF	DEF
F1	11.5938a*	24.6875a	18.4844a	8.2813a	76.766a	3.10453a
F2	0.0000b	0.0000b	17.7188ba	8.2031a	12.922b	2.71109b
F3	0.0000b	0.0000b	16.2969b	8.1719a	12.891b	2.36859c

NIR = Número de inflorescencias por rama. NFI = Número de flores por inflorescencia. NFR = Número de frutos por ramas. NR = Número de ramas con fruto. LTF = Longitud de tramo de fructificación. DEF = Diámetro ecuatorial de Fruto. \*Promedios con la misma letra, no difieren significativamente (Tukey, 0.01).



### En trabajo de laboratorio

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en °Brix, peso de fruto y peso de pulpa, y diferencias significativas en peso de hueso (Cuadro 3).

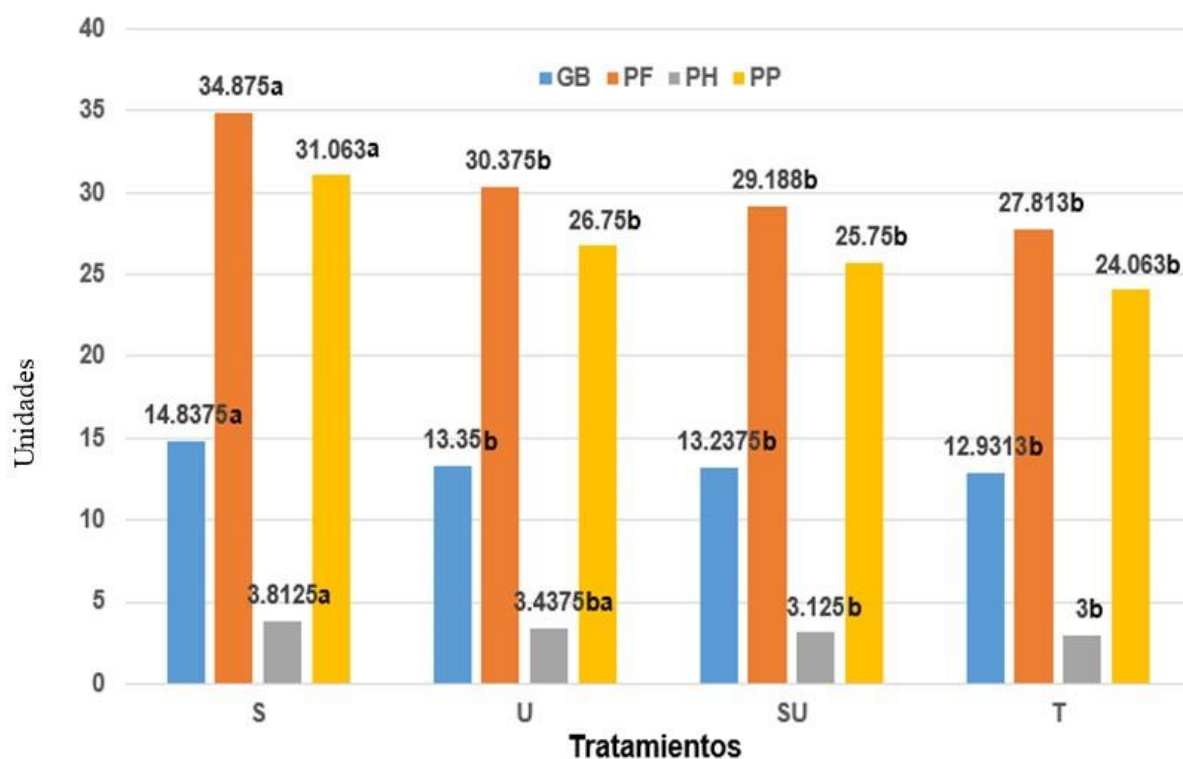
**Cuadro 3. Significancia experimental, Coeficiente de determinación y Coeficiente de variación de variables cualitativas en ciruela mexicana en La Palma, Gro., México.**

Variable de estudio	Fuente de variación	Significancia experimental	Coeficiente de determinación ( $R^2$ )	Coeficiente de variación (CV)
Grados Brix	Tratamientos	<0.0001**	0.616772	5.784385
	Rama	0.9600ns		
Peso de fruto	Tratamientos	<0.0001**	0.380497	12.47822
	Rama	0.7855ns		
Peso de hueso	Tratamientos	0.0106*	0.281301	21.39048
	Rama	0.6640ns		
Peso de pulpa	Tratamientos	<0.0001**	0.388578	15.13924
	Rama	0.5947ns		

ns = Diferencia estadística no significativa. \* Diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ). \*\* Diferencia estadística altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ).

Los °Brix en el tratamiento con aspersion de sulfato ferroso fueron mejores estadísticamente en 1.48, 1.6 y 1.9 unidades de °Brix a urea, sulfato ferroso-urea y testigo (Figura 3). Efecto semejante resultó en peso de fruto, debido a que la aspersion con sulfato ferroso registró 4.5, 5.7 y 7.0 g, respectivamente, más que las aspersiones con urea, sulfato ferroso-urea y testigo. Efecto similar resultó en peso de pulpa, porque sulfato ferroso con 31.06 g, registró 4.3, 5.3 y 7.0 g más, respectivamente, que urea, sulfato ferroso-urea y testigo. El efecto fue similar en peso de hueso, no obstante, esta parte del fruto no tiene relevancia comercial.





**Figura 3. Valores promedios de las variables de estudio en los tratamientos y rama de ciruela mexicana con cuatro biofertilizante foliares en la Palma, municipio de Juan R. Escudero, Gro., México. Promedios con la misma letra, no difieren significativamente ( $P \leq 0.0\%$ ).**

En acidez titulable de pulpa de los frutos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, en sulfato ferroso y sulfato ferroso-urea se tuvieron los valores más altos (0.08960).

El pH en el jugo de los frutos osciló de 3.2 a 3.4 y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, con urea y sulfato-urea se tuvieron valores de 3.3 a 3.4, siendo los más altos. Esta igualdad numérica en pH total pudo deberse a que los frutos analizados se encontraban en madures total.

Según la tabla de colores Munsell, la coloración de epidermis de los frutos fue de weak red (rojo débil), red (rojo) a dark red (rojo oscuro), independientemente del producto aplicado.

Existen escasos reportes relacionados con características agronómicas de *Spondias purpurea* L., no obstante, la abundancia y diversidad en México. La información de



este documento, describe características de un cultivar con alto potencial comercial, principalmente en color, tamaño, sabor y dulzor. El promedio de °Brix fue de 12.93 en testigo a 14.83 en sulfato ferroso, en cambio, Alía *et al.* (2012) reportaron valores de 17.3% de °Brix en ciruela mexicana, lo cual significa que el cultivar en estudio tuvo menor proporción de azúcares en el orden de 2.5 a 4.6 °Brix. También, Cunha *et al.* (2001), reportaron valores de 15.6% de °Brix en *Spondias purpurea* L., lo que indica variación entre los cultivares. El peso promedio de frutos del cultivar evaluado en la comunidad de La Palma, Gro., México, fue de 34.87 g, el cual fue superior a los promedios reportados en los cultivares analizados por Cayetano (2016) y por Alía *et al.* (2012).

En los frutos evaluados se registró similitud numérica en acidez total titulable, posiblemente porque los frutos analizados se encontraban en madures total. Al respecto, Carreño (2015) reporta  $0.79 \pm 0.01\%$  de acidez total en las salsas de ciruela (*Spondias purpurea* L.), en frutos que se cosechan en la estación lluviosa y que se requieren con menor grado de madurez. En relación a este parámetro, Alía *et al.* (2012), reportaron 0.2 y 2.0% de acidez total en frutos completamente maduros, posiblemente debido a que fueron cultivares con diferente nivel de domesticación. En cambio, Cunha *et al.* (2001), reportaron valores entre 0.6 y 0.9% de acidez total en frutos completamente maduros, los cuales son muy cercanos a los obtenidos en el presente estudio.

## Conclusiones

1. El sulfato ferroso promovió mayor número de inflorescencias por rama, frutos por rama, tramo de fructificación, longitud total de ramas con fruto, peso de fruto, peso y °Brix de la pulpa.
2. En general, los consumidores de este tipo de frutos, se guían por el color oscuro y apariencia física, atributos propios del cultivar estudiado.



3. El estado de Guerrero cuenta con genotipos de ciruela mexicana con atributos físicos, fisiológicos y morfológicos potenciales para iniciar programas de conservación, caracterización y mejoramiento genético.

### Literatura citada

- Alia, T. I., Y. I. Astudillo M., C. A. Nuñez C., L. A. Valdez A., S. Bautista B., E. García V., R. Ariza F. y F. Rivera C. 2012. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*, L.) del sur de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(5):21-26.
- Cabanillas, L. A., L. I. Cayeros L., R. Becerra P. y E. Meza R. 2015. Conocimiento tradicional para el desarrollo local: el caso de los cirueleros de Aguacaliente de Gárate. Concordia, Sinaloa. Tesis de Maestría en Desarrollo Económico Local. Edición electrónica. EUMED. Tepic, Nayarit, México. 195 p.
- Calderón, E. 1987. *Fruticultura general, en esfuerzo del hombre*. 3ed. Editorial Limusa. México. 214 p.
- Carreño, C. E. 2015. *Elaboración de salsas de ciruela y mango con calidad comercial en el estado de Guerrero*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo de los Bravo, Gro., México. 78 p.
- Cayetano, G. R. 2016. *Caracterización agronómica de ciruela (Spondias purpurea L.), con potencial comercial en Guerrero, México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala de la Independencia, Gro., México. 59 p.
- Cunha, F. H. A., R. E. Alves, C. F. Herbster M., A. Cordeiro de Oliveira y N. C. Costa A. 2001. Calidad de frutas nativas de Latinoamérica para industria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 43:68-71.
- EUROECOTRADE. 2019. Manejo de la inducción floral del mango orgánico y su influencia en la productividad como respuesta al cambio climático en la región de Piura. <https://www.tecnobior.com/wp-content/uploads/2018/03/folleto-guia-tecnica-recursos-xini.pdf> [consultado el 8 de agosto de 2019].



- Hernández, M. A., E. Avitia G. y A. M. Castillo G. 1999. Desarrollo floral en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1):45-49.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2006. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SIAP. SAGARPA. Perennes. Tomo III. México. p:68-69.
- Kozioł, M. J. and M. J. Macía. 1998. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). Economic Botany 52(4):373-380.
- León, J. and P. E. Shaw. 1990. *Spondias* the red mombin and related fruits. p. 116-126. In: Nagy, S., P. E. Shaw and W. F. Wardowsky (eds.). Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Composition, Properties and Uses. Florida Science Source. Lake Alfred, FL, USA.
- Little, L. E., F. H. Wadsworth and J. Morrero. 1967. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Ed. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. Barcelona, España. 827 p.
- Martínez, B. A. 1988. Efecto de defoliantes en la producción temprana de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en San Bernardo, Acatlán, Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 114 p.
- Ramírez, H. B. C., E. Pimienta B., J. Castellanos R., A. Muñoz U. y G. Palomino H. 2008. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro occidente de México. Int. J. Trop. Biol. 56(2):675-688.
- Rojas, R. T. 1975. Historia de la agricultura. Epoca prehispánica. Siglo XVI. Volumen I. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Mexico.
- SAS Institute. 2014. SAS/STAT User's guide (software), versión 9.4. SAS Institute. Cary, NC, USA. 472 p.
- UAGro-CFE (Universidad Autónoma de Guerrero-Comisión Federal de Electricidad). 2008. El zapote: diagnóstico de la comunidad y plan de desarrollo integral. UAgro-CFE. 1ra. ed. 208 p.
- Vavilov, N. I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Translated from the Russian by K. Starr Chester. Ronald Press. USA. 364 p.
- Villalobos, P. A. L., J. Pereda H. y R. González M. 2014. Fenoles, flavonoides y antocianinas de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Tlamati 2:21-23.





## EFFECTO DEL CONTROL DE HIERBAS, GUSANO ELOTERO Y COGOLLERO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ

Cristopher Said Vázquez Helguera<sup>44</sup>, José Manuel Castro Salas<sup>44</sup>, Cesario Catalán Heverastico<sup>44</sup>, Juan Pereyda Hernández<sup>44</sup>, Edgar Jesús Delgado Núñez<sup>45</sup> y Alejandro Sotelo Aguilar<sup>44\*</sup>

### Resumen

Durante el ciclo primavera-verano de 2018, se estableció un experimento en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Ambientales de Iguala, Gro., de la Universidad Autónoma de Guerrero con el objetivo de evaluar el control de malezas, gusano elotero y gusano cogollero sobre el rendimiento del híbrido de maíz SYN-750. La siembra se realizó el 7 de julio del 2018, en forma manual, depositando de tres a cuatro semillas por golpe cada 50 cm en el fondo del surco. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos: manejo 1, manejo 2, manejo 3 y manejo 4; cada una de ellos se conformó de seis surcos separados por 0.9 m y 50 m de largo. Las variables evaluadas fueron, porcentaje de control de maleza por especie en forma visual (PCME), Densidad de plantas a la cosecha (DPC), porcentaje de mazorca dañada por gusano elotero y cogollero (PMDGEC), peso de 1000 granos (P1000G) y rendimiento de grano (RG); para PCME y DPC se usó la parcela experimental completa y para PMDGEC, P1000G y RG se tomaron cuatro puntos de referencia de 10 m, en diferente lugar de la parcela. En cada uno de los tratamientos, la aplicación de los insecticidas y herbicidas se aplicaron en diferentes etapas fenológicas del cultivo. El Elumis + Gesaprim autosuspensible contenido en los tratamientos 3, 4 y 2, obtuvieron 8, 5 y 4%, respectivamente, de mayor control que el Gramoxone aplicado en el tratamiento 1. La efectividad de los herbicidas aumentó a 94.14% a los

<sup>44</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

\*alejandro\_soteloaguilar@hotmail.com

<sup>45</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB).



28 días después de la aplicación. El rendimiento fue de entre 9.7 y 10.3 t/ha; el tratamiento 1 superó en 1.56, 1.92 y 5.39% a los tratamientos 4, 2 y 3, respectivamente.

**Palabras clave:** híbrido, producción de grano, insecticidas, herbicidas

## Introducción

En el año 2018, en el mundo, la producción de grano de maíz fue de 1366.38 millones de toneladas y Estados Unidos de América fue el principal productor con 370.96 millones de toneladas, lo cual representa un 27.15%, seguido por China y Brasil con 259.23 y 97.72 millones de toneladas, respectivamente. En América latina, Argentina es uno de los principales productores de este grano, con 49.48 millones de toneladas (FAOSTAT, 2019). En México, el cultivo de esta gramínea es uno de los más importantes; su cosecha es de las más significativas, en 2012 y 2017, México ocupó el quinto lugar a nivel mundial como productor de grano de maíz con 22´069,254 y 27´762,481 t, respectivamente (SIAP, 2018); sin embargo, esto no es suficiente, para cubrir la demanda interna que asciende a 32.1 millones de toneladas, tanto para consumo humano y animal (Turrent, 2009).

Los estados con mayor producción de maíz en México son: Jalisco, Estado de México y Chiapas. Desde el punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo más importante de México. En el Estado de Guerrero se destinaron 483,717 ha, con producción promedio anual de 1´365,970 t en 2017 y un rendimiento promedio de 2.82 t/ha (SIACON, 2019). Entre las alternativas tecnológicas disponibles para incrementar la producción de maíz en dicha entidad, está el uso de variedades e híbridos mejorados, control oportuno y eficiente de malezas, plagas y enfermedades en todas las fases del cultivo. El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca, y por ende, elevar el potencial productivo de maíz (Borroel *et al.*, 2018). La ventaja de los híbridos en relación con los cultivares criollos y variedades sintéticas, son la producción de grano,



uniformidad en floración, altura de planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame (Castañeda, 2001).

Los cultivos siempre se verán afectados por factores como: sequía, altas y bajas temperaturas, salinidad, suelos con baja fertilidad, plagas y enfermedades, que limitan significativamente el desarrollo y potencial productivo del cultivo, la maleza es uno de los principales factores que afecta la producción de maíz, ya que compite por luz, nutrimentos y agua, lo que causa reducciones del rendimiento, dificulta y encarece su cosecha mecánica. Por otro lado, las malas hierbas desempeñan un papel importante en los agroecosistemas y son el principal soporte de la diversidad biológica en los campos de cultivo, donde proporcionan valiosos servicios ecológicos para otros taxones (Albrecht, 2003).

Por todo lo anterior, es necesario implementar prácticas de manejo que reduzcan la cantidad de herbicidas utilizados, eviten la aparición de bióticos resistentes a herbicidas, y sean respetuosos con la flora, la fauna, y por tanto, la biodiversidad (Petit *et al.*, 2011). Las especies de maleza de hoja ancha más comunes en la zona centro de Tamaulipas son: quelite, polocote, hierba amargosa, trompillo y correhuela y de hoja angosta: zacates pinto y Johnson, entre otros.

Las escardas con cultivadora son una práctica común empleada por los productores de esta región para eliminar la maleza entre los surcos. Sin embargo, la maleza establecida en la hilera de plantas de maíz escapa a las escardas; una opción para eliminarlas es la aplicación de herbicidas selectivos al maíz (Rosales y de la Garza, 2006). La reducción de dosis de herbicidas, así como el uso continuado de un solo herbicida no selectivo asociado a cultivos tolerantes a herbicidas, pueden modificar la composición y abundancia de las malas hierbas (Heard *et al.*, 2003; Waltz, 2010). Si estas modificaciones conducen a la prevalencia de una o de pocas especies, debido a la resistencia a herbicidas y cambios en la flora, pueden afectar adversamente el agro-ecosistema (Albrecht, 2003; Petit *et al.*, 2011). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el control de malezas, gusano elotero y gusano cogollero sobre el rendimiento del híbrido de maíz SYN-750.



## Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2018, en terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, dependiente de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan en el estado de Guerrero. El sitio experimental se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 20' 13" de LN y 99° 30' 07" de LO, a una altitud de 735 m (Campos, 2007). El tipo de clima es Aw<sub>o</sub> (w) (i) g, que se considera como el más seco de los cálidos húmedos, con lluvias en verano, precipitación media anual de 977.15 mm, que se distribuye principalmente en los meses de mayo a octubre; la temperatura promedio anual es de 25°C, siendo enero el mes más frío con una media de 22°C (García, 1973).

La siembra se realizó el 7 de julio del 2018 con el híbrido SYN-750 de SYNGENTA, depositando de tres a cuatro semillas por golpe cada 50 cm en el fondo del surco. La semilla se desinfectó con Cruiser y Fortenza Duo para prevenir el ataque de plagas del suelo y algunos lepidópteros hasta por más de 21 días.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cuatro tratamientos y parcelas experimentales de seis surcos con un ancho de 0.90 m y 50 m de largo (Cuadro 1).

Durante la conducción del experimento se aplicó la dosis de fertilización 90-60-00, en dos partes; la primera mitad de nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto de nitrógeno, 40 días después de la siembra. La fuente de nitrógeno fue sulfato de amonio (20.5% de N) y de fósforo, superfosfato de calcio simple (19.5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Se realizó control de arvenses con los herbicidas Elumis + Gesaprim autosuspensible y Gramoxone en dosis de 1 L en 200 L de agua; así mismo, aunque no hubo presencia de gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se aplicó el insecticida Fortenza Duo para prevenir el ataque de plagas hasta la cosecha.




**Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el híbrido SYN-750. Iguala, Gro., ciclo primavera-verano de 2018.**

Tratamientos	Productos y dosis	Momento de aplicación
Manejo 1	Cruiser; thiamethaxan; 5 cc/kg semilla	Previo a la siembra
	Gramoxone; dicloruro de paraquat; 2.0 a 3.0 L/100 L de agua	V4 – V6
	Lorsban: clorpirifos etil; 0.5 a 0.75 L/ha	V3 – V4
	Gramoxone: dicloruro de paraquat; 2.0 a 3.0 L/100 L de agua	V9 – V12
	Arrivo; cipermetrina; 400 mL/ha	R1
Manejo 2	Fortenza Duo; cyantraniliprole; 80-160cc/100 kg semilla	Previo a la siembra
	Elumis+Gesaprim autosuspensible; mesotriona y nicosulfuron; 1.5 L/ha	V3 – V4
	Denim; benzoato de emamectina; 100-200 mL/ha	V4 – V5
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	V8
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	R1
Manejo 3	Fortenza Duo; cyantraniliprole; 80-160cc/100 kg semilla	Previo a la siembra
	Elumis+Gesaprim autosuspensible; mesotriona y nicosulfuron; 1.5 L/ha + 230 atrazina 235 Terbutrina 1.6-2.0 L/ha	V3 – V4
	Denim; benzoato de emamectina; 100-200 mL/ha	V4 – V5
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	V8
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	R1
Manejo 4	Fortenza Duo; cyantraniliprole; 80-160cc/100 kg semilla	Previo a la siembra
	Elumis+Gesaprim autosuspensible; mesotriona y nicosulfuron; 1.5 L/ha	V3 – V4
	Denim; benzoato de emamectina; 100-200 mL/ha	V3 – V4
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	V8
	Ampligo; lambda cialotrina; 75 a 150 mL/ha	R1

V3, V4, V5, V6 y V8 = Etapas vegetativas; R1= Etapa reproductiva.

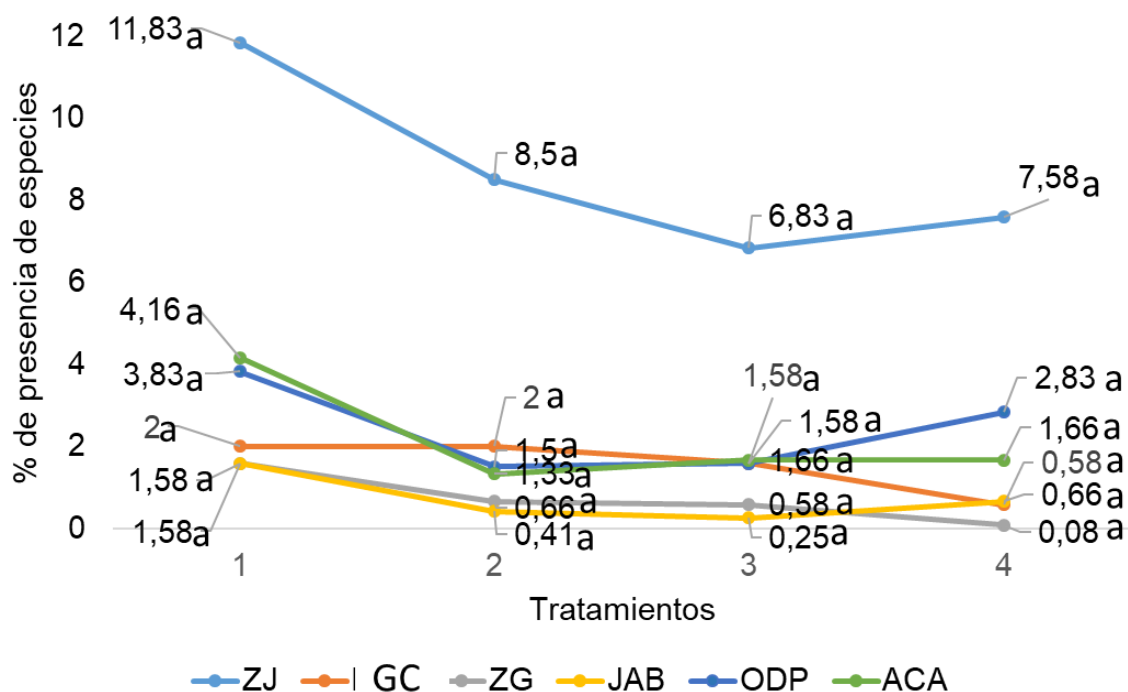
Las variables medidas fueron: porcentaje de control de maleza por especie, la cual se evaluó en forma visual antes de la aplicación de los herbicidas y en cada unidad experimental se identificó la maleza; densidad de plantas a la cosecha; en ambas variables se ocupó la parcela experimental completa y para las variables: porcentaje de mazorca dañada por gusano elotero y cogollero, peso de 1000 granos y rendimiento de grano se tomaron cuatro puntos de referencia de 10 m en diferente lugar de la parcela. Con el programa de SAS (SAS, 2009), se realizó el análisis de varianza de las cinco variables cuantificadas y para la separación de promedio se aplicó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



## Resultados y discusión

### Porcentaje de control de maleza por especie

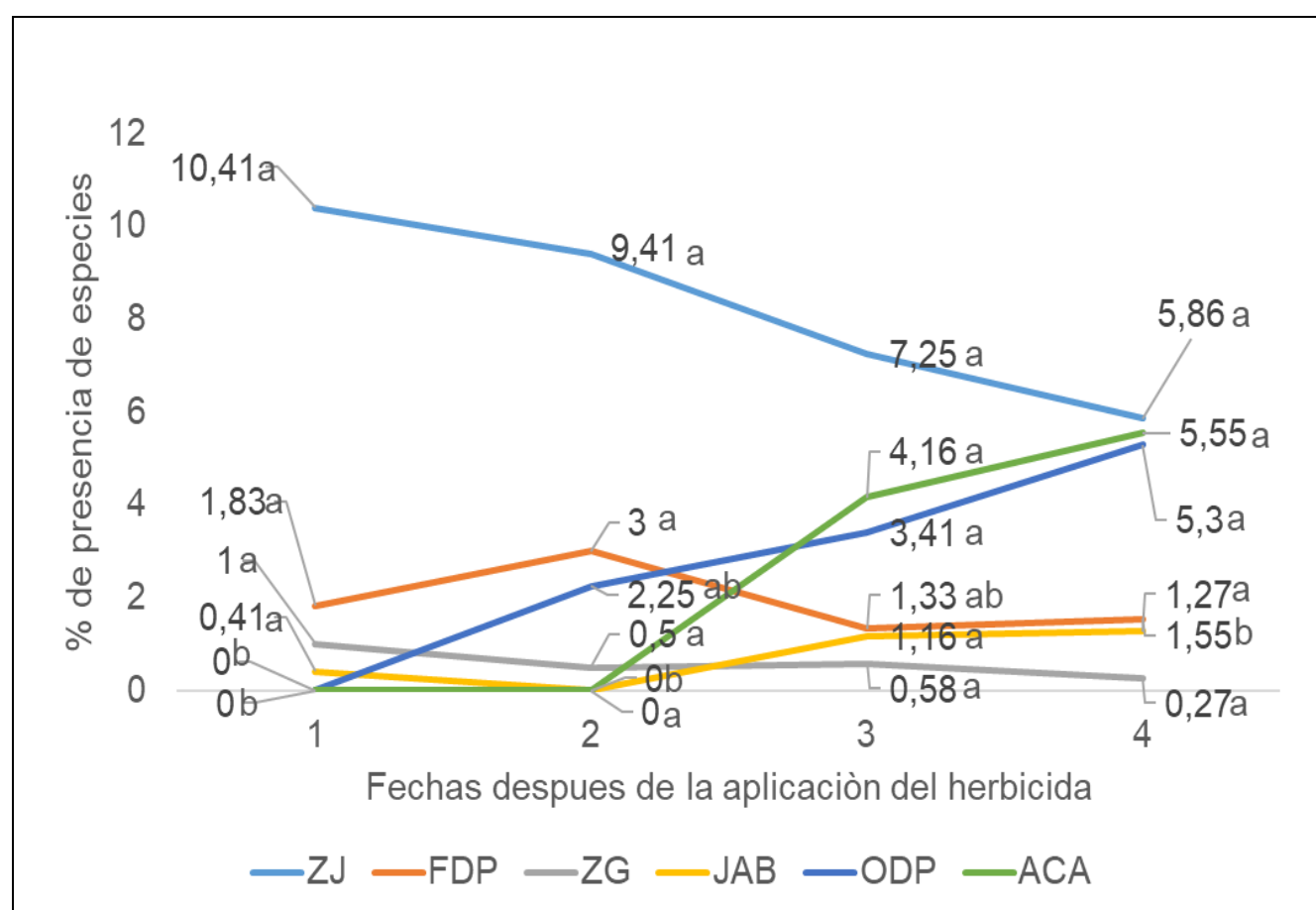
El zacate Johnson (*Sorghum halepense*) se presentó en mayor porcentaje y fue controlado en 95.17, 92.42, 91.5 y 88.17% por los manejos 3, 4, 2 y 1, respectivamente; con esto se deduce que los tipos de manejo, utilizados presentaron un buen control de zacate Johnson, sin embargo, Elumis + Gesaprim autosuspensible contenido en los manejos 3, 4 y 2, presentaron 8, 5 y 4%, respectivamente, de mayor control que Gramoxone aplicado en el manejo 1. El control por los herbicidas utilizados en este trabajo del resto de las malezas detectadas en el cultivo de maíz (Figura 1), grama común (*Cynodon dactylon*), zacate gramilla (*Elytrigia repens*), jaboncillo (*Aristolochia fimbriata* Cham), ojo de pájaro (*Tithonia rotundifolia*) y acahual (*Simsia amplexicaulis*), estuvo entre 95 y 100%, dominando con mayor eficiencia Elumis+Gesaprim autosuspensible.



**Figura 1. Presencia de zacate Johnson (ZJ), grama común (GC), jaboncillo (JAB), ojo de pájaro (ODP) y acahual (ACA), por tratamientos en maíz híbrido SYN-750 cultivado en primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**



Las observaciones por fechas después de la aplicación de los herbicidas, demuestran que el control de malezas fue más efectivo para grama común (*Cynodon dactylon*), zacate gramilla (*Elytrigia repens*), jaboncillo (*Aristolochia fimbriata* Cham), ojo de pájaro (*Tithonia rotundifolia*) y acahual (*Simsia amplexicaulis*) (Figura 2), ya que de acuerdo a la presencia de ésta se nota que a los 7 y 14 días después de la aplicación de los herbicidas, el porcentaje de control estuvo entre 100 y 97%, para disminuir a 95.84 y 94.45% a los 21 y 28 días después de la aplicación.



**Figura 2. Presencia de zacate Johnson (ZJ), grama común (GC), zacate gramilla (ZG), jaboncillo (JAB), ojo de pájaro (ODP) y acahual (ACA), por fechas (1=7 días, 2=14 días, 3=21 días y 4=28 días después de la aplicación del herbicida), en maíz híbrido SYN-750, cultivado en el ciclo primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**

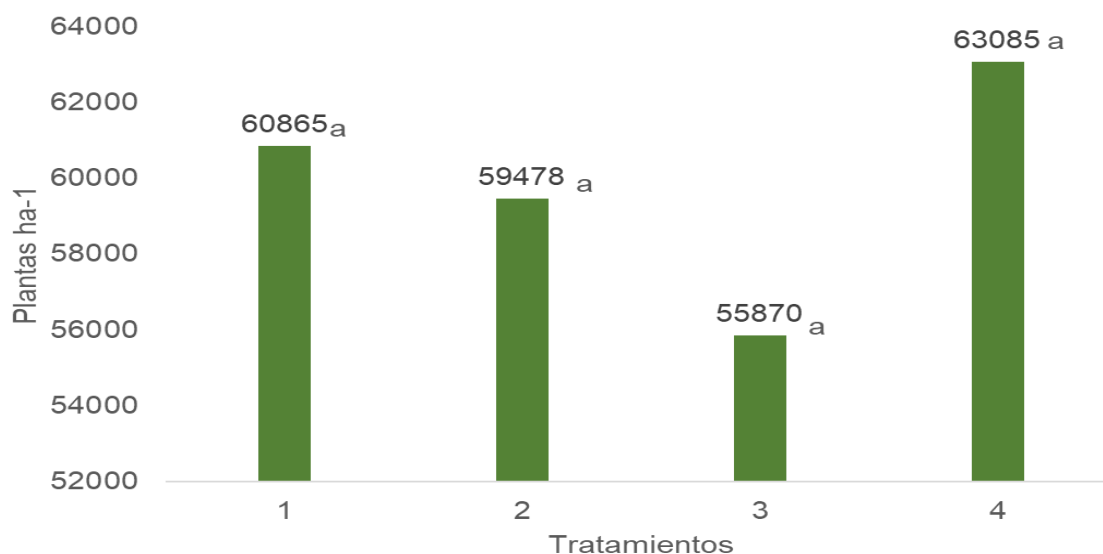


El zacate Johnson (*Sorghum halepense*) el porcentaje fue menor a los 7 días (89.59%), pero a medida que aumentaban las fechas, el zacate Johnson disminuía su presencia, por lo que, la efectividad de los herbicidas aumentó a 94.14% a los 28 días después de la aplicación de los herbicidas. Estadísticamente estos resultados se asemejan a los obtenidos por García y Mejía (2015), ya que, al evaluar 12 tratamientos y al comparar dos de ellos (paraquat + diuron con el glifosato) en el índice de control no encontró diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en gramíneas y hoja ancha a los 8 y 14 días después de la aplicación, en promedio fue 79 y 75%, respectivamente; sin embargo, fue menor el control de malezas que el obtenido en este trabajo. De la misma manera (Martínez *et al.*, 1982) y con la combinación de cyanazine, alachlor, atrazine y escardas (siete tratamientos), no encontraron diferencias en el control de gramíneas a los 40 días después de la emergencia, pero en el control de dicotiledóneas en el mismo periodo en días resultó mejor con los herbicidas, que con los otros métodos.

### **Densidad de plantas a la cosecha**

La densidad de plantas fue estadísticamente similar entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento cuatro (Figura 3) presentó la mayor densidad, la cual fue superior en 3.64% al tratamiento 1, en 6.06% al tratamiento 2 y en 12.91% al tratamiento 3. Comparando la densidad de plantas antes de la cosecha, con la establecida, se observa que la densidad a la cosecha es 13.02% menor (información no presentada), que la densidad establecida; esta disminución se debe en gran parte, a las plantas que se eliminan por el acame o por factores no controlados en el trabajo. Esta respuesta puede estar determinando, en parte, la no respuesta a un incremento en el rendimiento. En un ensayo se observó que la densidad menor de plantas de maíz permite mayor desarrollo de malezas, que la densidad alta, y al observar el aumento en el porcentaje de sombreado, al pasar de 46,000 a 56,300 plantas/ha fue de 96.2 a 97.3, respectivamente, para ambas densidades, la magnitud del efecto del sombreado no refleja cambios en el número de plantas por hectárea (Martínez *et al.*, 1982).





**Figura 3. Densidad de plantas a la cosecha de maíz híbrido SYN-750, cultivado en ciclo primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**

### Porcentaje de mazorcas dañadas por gusano elotero y cogollero

Al realizar la revisión de mazorcas por muestra, aparece un reducido porcentaje de daños por gusanos elotero y cogollero en cada uno de los tratamientos; sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 0.05, no se detectaron diferencias significativas. Los tratamientos 2, 3 y 4, en los que se aplicó Ampligo y Denim presentaron menor porcentaje de daños, que donde se aplicó Lorsban y Arrivo (tratamiento 1). Las aplicaciones con Ampligo en la V8 y en R1, superaron a Arrivo, al presentar 7.7, 34.6 y 38.5% menos de mazorcas dañadas por gusanos cogollero y elotero. En ese mismo sentido, Tarrillo (2019) al evaluar cuatro tratamientos químico y biológico combinados (testigo, *M. anisopliae*, triclofón y *M. anisopliae*+ triclofón), para control de *Spodoptera frugiperda*, bajo el efecto del tratamiento químico y la aplicación del hongo, solo o mezclado con la mitad de la dosis de insecticida, encontró que los índices de daño causado por *Spodoptera frugiperda* en cada uno de los tratamientos no presentaron diferencia alguna, sin tomar en cuenta el testigo



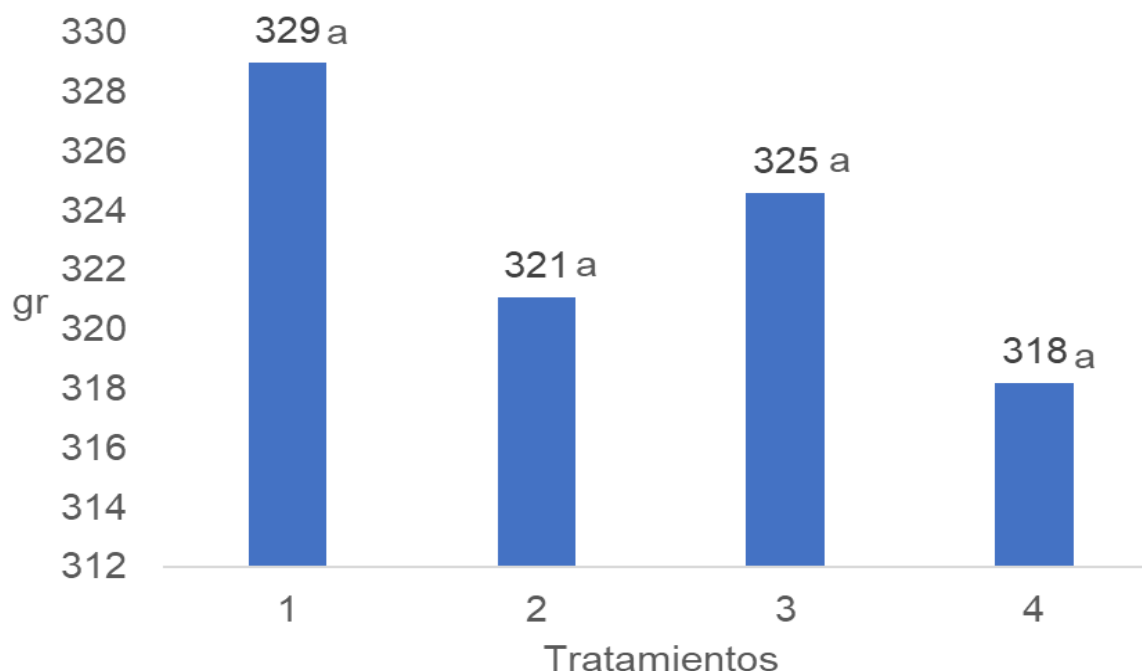
**Cuadro 2. Porcentaje de mazorcas dañadas por gusano elotero y gusano cogollero, por tratamiento aplicado en maíz híbrido SYN-750, cultivado en el ciclo primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**

No. de tratamiento	Mazorcas dañadas (%)	Tukey (0.05)
1	2.6	a
2	2.4	a
3	1.7	a
4	1.6	a

Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

### Peso de 1000 granos

Tampoco se detectaron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en el peso de 1000 granos (Figura 4). La respuesta encontrada en este trabajo coincide con lo encontrado por Martínez *et al.* (1982) quienes, al probar siete métodos de control de maleza, obtuvieron entre 17.9 y 18.3 g por 100 semillas, sin encontrar diferencias entre tratamientos.



**Figura 4. Peso de 1000 granos en tratamientos aplicados en el maíz híbrido SYN-750, cultivado en ciclo primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**



### Rendimiento de grano

El rendimiento de grano tampoco varió significativamente entre tratamientos (Cuadro 3). Los tratamientos en los que se obtuvo mayor producción fueron el 1, 4 y 2; el bajo rendimiento obtenido en el tratamiento 3 se atribuye a una menor densidad de plantas a la cosecha (Figura 3), en tanto que, el mayor rendimiento obtenido con el tratamiento 1, se explica por una mayor densidad de plantas a la cosecha y como por el mayor peso de 1000 granos (Figuras 3 y 4). García y Mejía (2015) en un trabajo de control químico de malezas en maíz en sistema de siembra directa, al evaluar no encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en cuatro tratamientos de pre-siembra en secuencia con tratamientos post-emergentes, formados con paraquat+diuron+nicosulfuron+atrazina, paraquat+diuron+nicosulfuron+bentazon+MCPA, glifosato trimesio+nicosulfuron+atrazina y glifosato trimesio+nicosulfuron+bentazon+MCPA, en el que se obtuvieron 4,756, 4,297, 4,212 y 4,536 kg/ha, respectivamente.

**Cuadro 3. Rendimiento de grano obtenido en cuatro tratamientos de manejo, en el maíz híbrido SYN-750, cultivado en el ciclo primavera-verano de 2018, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**

Manejo	Rendimiento (t/ha)	Tukey (0.05)
1	10.292	a
4	10.134	a
2	10.098	a
3	9.766	a

Las medias con la misma letra no presentan diferencia significativa.

### Conclusiones

1. Los mayores rendimientos se obtuvieron con los insecticidas Lorsban y Denim aplicados en las etapas V3 - V4. La mayoría de malezas se presentaron en el cultivo de maíz fueron controladas hasta los 28 días después de la aplicación con Elumis + Gesaprim autosuspensible.
2. La mezcla de Elumis + Gesaprim autosuspensible controla mejor las malezas, que el Gramoxone.



3. El Denim y Ampligo, aplicados en las etapas V8 y R1 controlan mejor el gusano elotero y el gusano cogollero que Lorsban y Arribo.

### Literatura citada

- Albrecht, H. 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 98:201-211.
- Borroel, G. V., L. Salas S., M. Ramírez A., J. López M., y J. Luna A. 2018. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 36:423-429.
- Castañeda, P. 2001. El maíz y su cultivo. AGT EDR. México, D. F. 470 p.
- Campos, C. O. 2007. Efecto del agrogel en producción y pureza de semilla de tres gramíneas del género *Brachiaria* en Iguala, Guerrero. Tesis de Licenciatura. UACAA. UAG. p. 26.
- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2019. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/home/digital-reports/es/>
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2da. ed. UNAM. México, D. F.
- García, P. M. y J. Mejía. 2015. Control químico de malezas en maíz en un sistema de siembra directa. *Agronomía Tropical*. 55(3). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2005000300003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000300003). [consultado el 31 de agosto de 2019].
- Heard, M. S., C. Hawes, G. T. Champion, S. J. Clark, L. G. Firbank, A. J. Haughton, A. M. Paris *et al.* 2003. Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. 1. Effects on abundance and diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 358:1819-1832.
- Martínez, G., J. Medina, A. Tasistro y A. Fischer 1982. Sistemas de control en maíz (*Zea mays* L.): efecto de métodos de control, densidad y distribución del cultivo. *Planta Daninha* 2:46-56.





- Petit, S., A. Boursault, M. Le Guilloux, N. Munier-Jolain and X. Reboud. 2011. Weeds in agricultural landscapes: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 31:309-317.
- Rosales, R. E. y C. de la Garza M. 2006. Control químico de maleza en maíz en la zona central de Tamaulipas. INIFAP. Tamaulipas, México. 2 p.
- SAS Institute. 2009. SAS/STAT User´s guide (software), versión 9.2. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. Publicaciones SIAP. SAGARPA. p. 100-104. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018).
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA.
- Tarrillo, V. E. 2019. El gusano cogollero en el maíz. Academia Educativa [https://www.academia.edu/4152519/EL\\_GUSANO\\_COGOLLERO\\_EN\\_EL\\_MAIZ](https://www.academia.edu/4152519/EL_GUSANO_COGOLLERO_EN_EL_MAIZ) 4 p.
- Turrent, F. A. 2009. El potencial productivo del maíz. INIFAP. *Ciencias* 92:126-129.
- Waltz, E. 2010. Glyphosate resistance threatens Roundup hegemony. *Nature Biotechnology* 28:537-538.



## INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES DEL FOLLAJE EN CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN ILIATENCO, GUERRERO, MÉXICO

Juan Pereyda Hernández<sup>46\*</sup>, Fernando Ramírez Mayo<sup>47</sup>, Cutberto Pacheco Flores<sup>47</sup>, Marisa Silva Aparicio<sup>47</sup> y Rocío Santos Mendoza<sup>47</sup>

### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue identificar enfermedades fungosas, así como el índice de intensidad de daño y su grado de severidad en plantas de café en El Aserradero, municipio de Iliatenco; Guerrero. Se utilizó el método denominado cinco de oro, que consistió en ubicar cinco sitios representativos dentro de la parcela; en cada una de ellas se seleccionaron cinco plantas a muestrear, teniendo en total 25 plantas por parcela; en cada una de éstas se eligieron tres ramas, de la parte alta, media y baja, por lo que se muestrearon 15 ramas para cada sitio y 75 por parcela. Se identificaron las enfermedades presentes y determinó la incidencia y severidad. El nivel de daño se estimó por el método de área bajo la curva de progreso de la enfermedad. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico SAS System 9.0 e IBM SPSS STATISTICS 20. Con base a la incidencia y severidad por tipo de enfermedad, el daño se debió principalmente a roya, porque acumuló 665.35 días-grado durante el período evaluado. Esta enfermedad registró 40% de incidencia en septiembre y 72% en diciembre.

**Palabras clave:** café, roya, enfermedades

---

<sup>46</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala Gro., México\*. [pereyda.juan@gmail.com](mailto:pereyda.juan@gmail.com)

<sup>47</sup> Programa Académico de Ciencias y Medio Ambiente-Universidad Intercultural del Estado de Guerrero-Malinaltepec, Gro.



## Introducción

El término “café” se refiere al alimento consumido como bebida por infusión, a partir de los frutos y semillas del cafeto (Jumbo y Cabrera, 2010). Es considerado uno de los productos más importantes del mundo. Dicha preferencia le ha otorgado el segundo lugar en la lista de los productos de mayor importancia económica a nivel mundial (Temis *et al.*, 2011).

La caficultura está considerada como un sector estratégico de la agricultura mexicana; desempeña un papel crucial en la vida de miles de familias, forma parte de la historia, tradiciones y de la cultura indígena de numerosas comunidades, además, genera alto impacto como principal fuente de empleo, ingresos y divisas en muchos países productores (Escamilla, 2007).

El sector cafetalero constituye una de las fuentes de divisas agrícolas más importantes para el país. Sin embargo, a pesar de su aportación económica, este sector se ha reducido drásticamente en los últimos 20 años (Escamilla, 2007). Esta actividad es fundamental en el sector agrícola, no sólo por el valor de su producción, sino también por ser un importante generador de divisas, además, por las bondades que ofrece al ser un cultivo de gran relevancia ambiental, puesto que el 99% de los predios cafetaleros se establecen bajo sombra. Ante la complicada situación actual que enfrenta el planeta, es importante el desarrollo de una conciencia con mayor relevancia respecto al deterioro de las condiciones agroecológicas por parte de los gobiernos y los involucrados en el ámbito cafetalero (Nájera, 2002).

A nivel mundial, en el cultivo de café (*Coffea spp.*) se reportan 40 diferentes tipos de plagas (37 insectos, tres ácaros) y 26 especies de enfermedades (un virus, un fitoplasma, tres bacterias, 17 hongos, tres nematodos y un alga) (Waller *et al.*, 2007; Gaitán *et al.*, 2015). Para las regiones cafetaleras de México, las enfermedades de mayor importancia económica son: roya del cafeto, koleroga o mal de hilachas, ojo de gallo, mancha de hierro, antracnosis, mal del talluelo o damping off y nematodos. En el estado de Guerrero, ciclo tras ciclo, cada vez más las enfermedades adquieren mayor importancia, qué en opinión de los productores, es causa del cambio climático, lo que ha favorecido la incidencia y severidad de nuevas enfermedades.



Actualmente, el cultivo de café en el municipio de Iliatenco, Gro., México, enfrenta limitantes fitosanitarias por diversas enfermedades del follaje que inciden en la producción y calidad del aromático. Los cafeticultores del citado municipio, empíricamente conocen las enfermedades comunes del cultivo, por la presencia cotidiana en las parcelas. No obstante, desconocen la biología del agente causal y en consecuencia, ejecutan estrategias de manejo por igual, como si fuese el mismo patrón en todo el patosistema. Las enfermedades del follaje constituyen un factor de perturbación en la sanidad de los cafetales, por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue obtener y sistematizar información de un componente del patosistema café, mediante muestreos sistemáticos en una parcela representativa del sistema de producción en el municipio de Iliatenco, Gro., México.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la comunidad El Aserradero, municipio de Iliatenco Montes de Oca, Guerrero, localizada en las coordenadas UTM 053° 50 '50" -188° 17' 61" a una altitud de 922 m. En la región el clima es  $Aw_2(w)$  ig, muy húmedo, con precipitación media anual de 1500 a 1800 mm, temperatura media anual de 23.3°C, siendo diciembre el mes más frío y mayo el más caliente.

La parcela de café cv típica fue de un productor cooperante, con árboles en edad productiva y representativa del sistema de producción local, de fácil acceso y sombra por árboles de cuajinicuil, capulín, guanábano, naranja, toronja y plátano. Cerca de cada esquina y centro del predio se delimitaron cuadrantes de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Todo el manejo de la parcela es tradicional, no utilizan agroquímicos sintéticos. Dentro de cada cuadrante fueron seleccionadas cinco plantas y en cada planta se marcaron tres ramas: una rama de la parte alta (estrato alto), otra de la parte media y otra más de la parte baja. Se revisaron 15 ramas por sitio, 75 ramas por parcela y 1,275 ramas en total. Además, se contabilizó la cantidad de hojas por rama. A partir de julio de 2017 se realizaron muestreos quincenales de incidencia y severidad de las enfermedades foliares del cafeto. En campo, la identificación





tentativa de cada enfermedad se basó en imágenes e ilustraciones impresas. Se tomaron hojas con síntomas y herborizaron en forma apropiada para la determinación correspondiente en laboratorio.

### Variables de estudio

**Incidencia.** Se expresó en porcentaje y se estimó mediante la ecuación:  $li = (\sum ni/Ni) \times 100$ ; donde:  $li$  = incidencia (%) de hojas enfermas en el momento  $i$ ;  $ni$  = número de hojas enfermas en el momento  $i$ ;  $Ni$  = población total de hojas experimentales.

**Severidad.** Se valoró mediante la escala propuesta por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA, 2003), que considera los rangos de 0 = sano a 4 =  $\geq 50\%$  de afectación, como se muestra en el Cuadro 1. Se expresó como el promedio ponderado de severidad, de acuerdo a la siguiente fórmula:  $Pps = [(4(Nhs4)) + (3(Nhs3)) + (2(Nhs2)) + (1(Nhs1))]/Nth$ . Donde  $Pps$  = Promedio ponderado de severidad,  $Nhs4$  = Número de hojas con severidad 4,  $Nhs3$  = Número de hojas con severidad 3,  $Nhs2$  = Número de hojas con severidad 2,  $Nhs1$  = Número de hojas con severidad 1,  $Nth$  = Número total de hojas evaluados.

**Cuadro 1. Descripción de la escala de severidad.**

Grado o calificación	Descripción
0	Sano o sin síntomas visibles (0.001).
1	Síntomas visibles muy ligeros llegando del 1 al 5% del área total sana (=1+5=6; 6/2=3).
2	Las hojas están afectadas de manera más notoria (hasta 25% de la hoja) (6+25=31; 31/2=15.5).
3	Síntomas altamente notorios (hasta 50% de la hoja) 26+50=76; 76/2=38.
4	Afectaciones arriba del 50% de la hoja 51+99=150; 150/2=75.

Los valores de la escala registrados en campo se multiplicaron por el punto medio de la escala SENASA.

**Índice de intensidad de daño.** La intensidad de cada enfermedad se estimó mediante el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (abcpe) obtenida por el método de integración trapezoidal (Campbell y Maden, 1990).



## **Análisis estadístico**

Los datos de las enfermedades muestreadas en campo se registraron, organizaron y analizaron en Excel 2007, y posteriormente en IBM SPSS STATISTICS 20 para el análisis estadístico.

## **Resultados y discusión**

### **a) Identificación de las enfermedades**

Las enfermedades con mayor incidencia y severidad en follaje del cafeto fueron: roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke), ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curt Sacc.), requemo (*Phoma costarricensis* Echandi), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.), moho gris (*Botrytis cinérea*) y mal rosado (*Corticium salmonicolor* Berk & Broome).

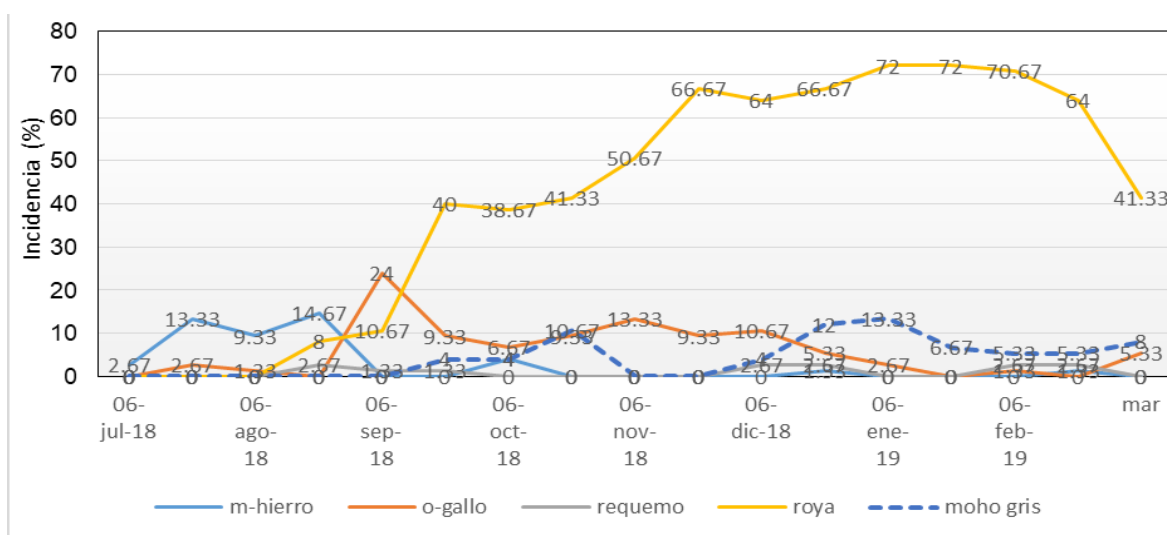
### **b) Incidencia de enfermedades foliares**

La Figura 1 muestra el porcentaje de incidencia de cada una de las enfermedades registradas en los muestreos. Estos resultados indican que a partir de septiembre y hasta antes o durante la cosecha, la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) fue la principal limitante en la sanidad del follaje del cafeto en la parcela bajo observación. También “ojo de gallo” (*Mycena citricolor* Berk y Curt Sacc.) fue considerable, porque se registró en el 76.4% de los muestreos realizados, con 24 de cada 100 hojas revisadas el 6 de septiembre e incidencia promedio de 11.8% de septiembre a noviembre. Este dato es muy importante, porque el daño provocado por esta enfermedad, representa pérdida importante del área fotosintética útil en las plantas afectadas.

Moho gris se registró en diciembre (12%) y enero (13.33%), lo cual indica afectación en la producción y economía del productor, porque esta enfermedad afecta directamente los frutos localizados en ramas internas, donde es mayor la humedad y predomina baja luminosidad. Por consiguiente, es conveniente detallar el reconocimiento en espacio y tiempo, debido a que la literatura reporta a esta enfermedad con baja incidencia y severidad, y no indica algún tipo de manejo o



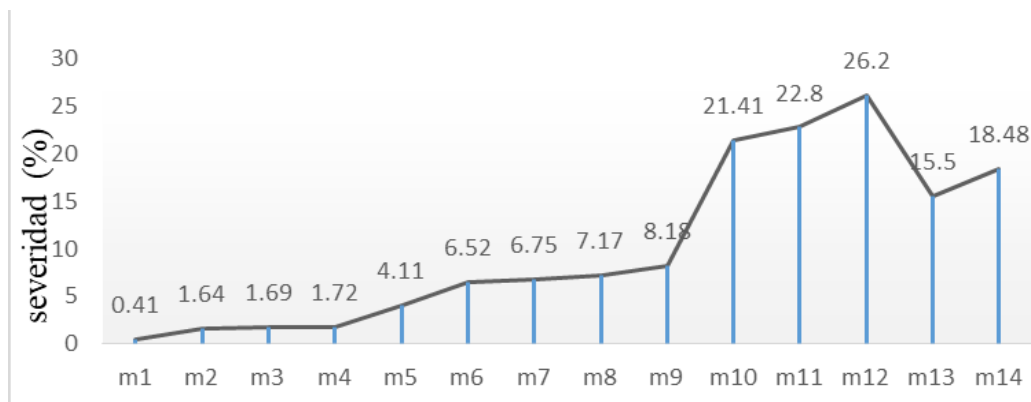
medidas de control por implementar. De acuerdo a los valores de la Figura 1, durante julio y agosto, mancha de hierro promedió 12.44% de incidencia, dejando de ser amenaza a la sanidad del follaje del cafeto en los meses siguientes. Así mismo, la presencia de requemo aparentemente no tuvo importancia, posiblemente porque los síntomas fueron menos evidentes y enmascarados por síntomas de los otros patógenos.



**Figura 1. Registros de incidencia por enfermedad en el periodo de muestreo.**

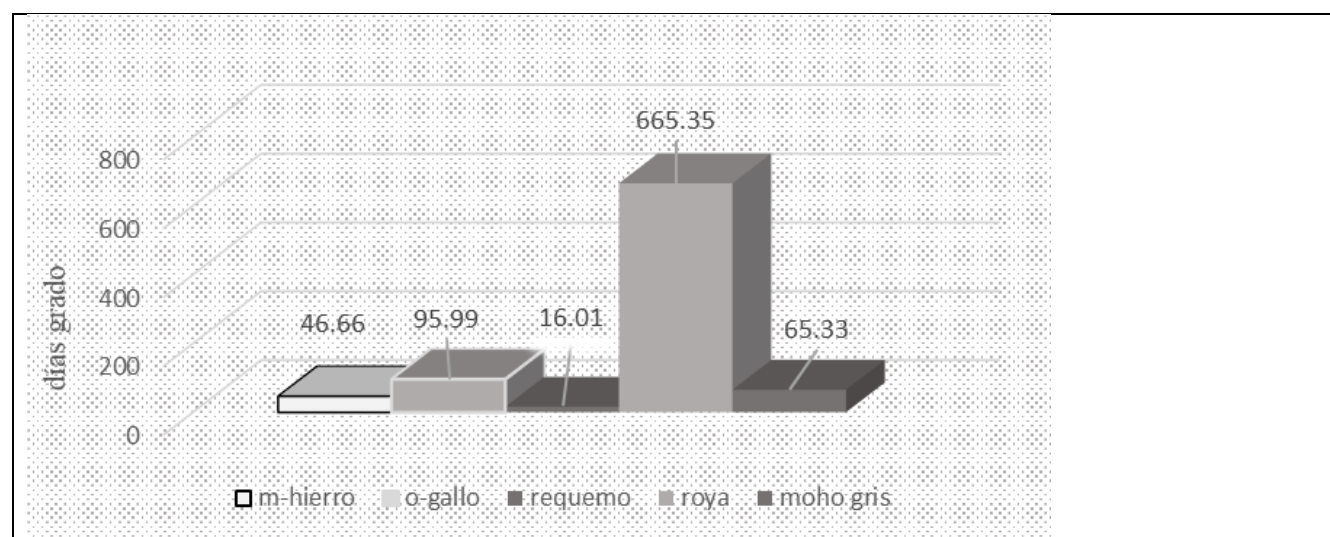
### c) Severidad o nivel de daño por tipo de enfermedad

En la Figura 2 se muestra la severidad por efecto en sinergia de los diferentes hongos asociados al daño foliar del cafeto; a partir del noveno muestreo, el nivel de daño fue 8.18%, que corresponde a la categoría 2 en la escala de evaluación utilizada. Para el décimo muestreo, es decir, 15 días posteriores al noveno muestreo, el grado de severidad se incrementó a 21.41%, que representó una tasa diaria de incremento en severidad o nivel daño de 0.882 ( $r = 21.41 - 8.18 / 15 = 0.882$ ). El valor de severidad de 21.41% en tejido de las hojas, aun corresponde a la categoría 2 en la escala de evaluación utilizada, pero estuvo en el límite de alcanzar la siguiente categoría, y en efecto, el nivel de daño o categoría 3 en la escala, se registró en los días siguientes. Por tanto, el nivel de daño fue importante en la sanidad del cafeto y seguramente también lo fue en la cosecha.



**Figura 2. Severidad inducida por las diferentes enfermedades del follaje en cafeto.**

Con base en los datos de incidencia y severidad por tipo de enfermedad, el daño se debió principalmente a roya porque acumuló 665.35 días-grado durante el período evaluado. También el daño por “ojo de gallo” fue importante, porque acumuló 95.99 días-grado (Figura 3).



**Figura 3. Nivel de daño por cada tipo de enfermedad estimado por el método de área bajo la curva del progreso de enfermedad (ABCPE).**

Esta información es valiosa y debe validarse en los próximos ciclos de producción en los cultivares de reciente introducción e incorporando factores determinantes (precipitación pluvial, humedad relativa, temperatura, punto de rocío, nubosidad,





velocidad del viento, radiación solar, etc.) en el desarrollo de las enfermedades del cafeto.

En el presente estudio, roya (*Hemileia vastatrix*) fue la amenaza más importante a la sanidad del cafeto y el progreso registrado tuvo semejanza con lo reportado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Se han reportado resultados similares en un estudio de incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) y evaluación de alternativas químicas para su control, en Escuintla, Costa Rica, en el que se reportó 94.44% de intensidad de daño. Hernández (2010) realizó un trabajo similar a la presente investigación, en sistemas agroforestales con diversos tipos de sombra y manejo de insumos; registró 55.55% de incidencia de roya en el sistema cashá-amarillón y 17.70% en poro. La humedad relativa en el ambiente por arriba de 80% es condición suficiente para el desarrollo de los hongos, por tal razón, a partir del mes de agosto se sugiere reducir el porcentaje de sombra en la parcela e implementar aplicaciones de azufre micronizado, polvo humectable de azufre, sulfato u oxiclórico de cobre, para reducir los niveles altos de infección primaria y secundaria que ocurren de manera natural en la relación hongos-café.

## Conclusiones

1. La enfermedad más importante en la parcela bajo estudio fue roya (*Hemileia vastatrix*) con incidencia de 40% en septiembre, la cual se incrementó en forma constante hasta alcanzar 72% en diciembre. 2. Ojo de gallo (*Mycena citricolor*) también se registró de manera importante.

## Literatura citada

Campbell, C. L. and V. L. Madden. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA. 532 p.



- Escamilla, P. E. 2007. Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Tesis de doctorado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 265 p.
- Gaitán, A. L., M. A. Cristancho, B. L. Castro-Caicedo, C. A. Rivillas and G. Cadena-Gómez. 2015. Compendium of coffee diseases and pests. The American Phytopathological Society (APS). 79 p.
- Hernández, A. J. 2010. Incidencia de enfermedades foliares del café bajo diversos tipos de sombra y manejo de insumos, en sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica. Tesis de Graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 75 p.
- Jumbo, J. A. y A. Cabrera. 2010. Estudio de la factibilidad para la implementación de una empresa agroindustrial de café orgánico de altura, parroquia el Airo, Cantón, Espíndola, Provincia de Loja. Tesis de Ingeniero Agrícola y Agrónomo. Universidad Nacional de Loja. 206 p.
- Nájera, O. 2002. El café orgánico en México. Cuadernos de Desarrollo Rural. 48:59-75.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). 2003. Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas de cafeto. Lima, Perú.
- Temis, P. A., A. López M. y E. Sosa M. 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. p. 54-74. *In*: Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química. Alimentos y Ambiental. Fundación Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Pue., México.
- Waller, J. M., M. Bigger and R. J. Hillocks. 2007. Coffee pests, diseases and their management. Crop Protection Programme. CABI. Wallingford, Oxfordshire, UK. 434 p.



## CARACTERIZACIÓN PARCIAL DEL GUANO DE MURCIÉLAGO Y SU APROVECHAMIENTO COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

Franklin Arturo Rodríguez Contreras<sup>48</sup>, Teresa Aguas Rendón<sup>49</sup>, Marycruz Abato Zárate<sup>48</sup>,  
Noel Reyes Pérez<sup>48\*</sup> y Nancy Domínguez González<sup>48</sup>

### Resumen

El suministro de fertilizantes al suelo es parte fundamental en el manejo agronómico de los cultivos al proveer de los nutrientes necesarios para el desarrollo y producción de las plantas. El aprovechamiento de fuentes de abonos naturales disponibles dentro de los predios o agroecosistemas, permite reducir los costos de producción, como es el caso del guano de murciélago del predio “Barranca de Moyola” del municipio de Jalcomulco, Ver. Existe el antecedente que en México se comercializa este producto en presentación sólida y líquida para diversos cultivos, se sabe que las características varían según las condiciones del lugar de extracción de este material, de ahí que es importante caracterizar el guano de murciélago de este sitio. Se determinó coloración del abono (tablas Munsell), pH (técnica AS-02), porcentaje de materia orgánica (método AS-07 de Walkley y Black) y conductividad (método para la conductividad eléctrica AS-18) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana correspondiente. En el ensayo de fitotoxicidad se utilizaron semillas de rábano como planta indicadora. Se estableció como unidad experimental 25 semillas de rábano en cada caja Petri. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco tratamientos (100, 50, 25 y 10% del extracto acuoso de guano y un testigo con agua destilada) y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación y longitud de la radícula. Los datos se analizaron con el programa estadístico SPSS® (ver. 21), siendo sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey con un  $\alpha = 0.05$ . El guano de

<sup>48</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana

<sup>49</sup> Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural-2. \*Autor de correspondencia: noreyes@uv.mx



murciélago es un material amarillo, ácido, rico en material orgánico y con efecto de salinidad despreciable. En el ensayo de fitotoxicidad, el tratamiento con 10% de extracto de guano no afecta la germinación y desarrollo de la radícula de las plantas, en cambio a mayores concentraciones se presenta inhibición. Se concluye que el guano de murciélago puede utilizarse en siembra de semillas en proporciones no mayores de 10% como extracto acuoso, para evitar efectos de toxicidad. En plantaciones establecidas, no se presenta este efecto tóxico.

**Palabras clave:** germinación, abono, fertilizante orgánico

## Introducción

En la producción agrícola se recurre al uso de fertilizantes naturales, como sintéticos. El aprovechamiento de abonos naturales disponibles dentro de los predios o agroecosistemas, puede permitir a los productores reducir los costos de producción. El guano de murciélago está compuesto en mayor proporción por excretas depositadas y acumuladas por estos mamíferos que habitan en las cuevas. Se conoce que este material orgánico es rico en macro y micronutrientes, microbiota (actinomicetes, hongos y bacterias), que le confieren acción fungicida y nematocida, por lo que ha sido recomendado para su uso en la actividad agrícola como abono o fertilizante, por beneficiar el intercambio catiónico. Estas características químicas - biológicas son variables, porque dependen de factores como: el hábito de alimentación de los murciélagos, condiciones de la cueva y el tiempo de degradación entre otros.

De acuerdo a García-Lozano (2011), el guano ha demostrado ser efectivo como fertilizante en cultivos como cebolla y eucalipto; en *Opuntias* promueve la fructificación temprana, incrementa el tamaño, peso y producción de frutos. En Cuba, se encuentran importantes yacimientos de este material, el cual se destina principalmente para el consumo nacional y parte para exportación. En México, existen empresas como "Cosustenta de S.A. de CV" que promueve el producto





líquido a base de guano y lo recomienda para cultivos como cereales, hortalizas, viveros, flores y frutales. La fitoxocidad de los abonos orgánicos está asociada a la presencia de amonio, ácidos volátiles orgánicos, metales pesados y sales. Estas sustancias, en elevadas concentraciones, pueden inhibir la germinación de semillas, el crecimiento de raíces, y su uso es altamente riesgoso en la producción de los cultivos (Varnero *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad del uso de una fuente de guano de murciélago presente en el predio “Barranca de Moyola” del municipio de Jalcomulco, Ver., como fertilizante agrícola.

## **Materiales y métodos**

Las pruebas del guano de murciélago se realizaron en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana de Xalapa, Ver., en el mes de junio de 2019. La muestra de guano de murciélago se extrajo de una de las cuevas localizadas en el predio “Barranca de Moyola” del municipio de Jalcomulco, Ver. La muestra se secó y tamizó. Para caracterizar el guano se determinó coloración (tabla Munsell), valor de pH con un potenciómetro (técnica AS-02), materia orgánica (método AS-07 de Walkley y Black) y conductividad utilizando un conductímetro (método para la conductividad eléctrica AS-18) de acuerdo a la NOM (2002), que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Para el ensayo de fitotoxicidad se adaptó el método de Sobrero y Ronco (2004) y de Pernia *et al.* (2018). Primero se obtuvo extracto acuoso de guano, para lo cual en un contenedor se agregó 1 kg de guano seco y tamizado, se agregaron 2 L de agua destilada y se obtuvo una mezcla homogénea que se mantuvo en reposo por 24 horas. Transcurrido el tiempo, se filtró por succión con bomba de vacío, empleando matraz kitasato y embudo Büchner; a partir del volumen obtenido (solución madre, 100%) se prepararon diluciones al 50, 25 y 10% en cantidad suficiente para evaluar la fitotoxicidad sobre semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.). Se hizo una prueba preliminar a las semillas para determinar el porcentaje de germinación.



Posteriormente se realizaron los ensayos de fitotoxicidad, utilizando como unidad experimental, cámaras de germinación con cajas Petri y papel filtro, a las que se les colocaron 25 semillas. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco tratamientos (100, 50, 25 y 10% del extracto acuoso de guano y un testigo con agua destilada) y cuatro repeticiones. Se mantuvieron las cajas en condiciones de obscuridad por 72 horas, tiempo suficiente para la germinación de las semillas. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación y longitud de la radícula. Con el programa estadístico SPSS® (ver. 21), se realizó análisis de varianza y para la separación de promedios se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de probabilidad de  $\alpha = 0.05$ .

## Resultados y discusión

### Caracterización parcial del guano de murciélago

El material en seco es de una coloración amarilla (Hue 5Y Value 7 Cromo 6); su principal componente son excretas de murciélago, y en menor proporción excretas de aves, frutillos de jobo (*Spondias* sp.), guasimo (*Guasuma* sp.) y mango (*Mangifera indica* L.) según lo apreciado visualmente. De acuerdo con las pruebas químicas, el guano de murciélago presentó un pH de 4.2, que indica que es un material ácido, que contiene 18.4% de materia orgánica (que es un valor alto) y presenta una conductividad de 0.1152 Ds/m, que indica efectos despreciables de salinidad. Palma-López *et al.* (2016) caracterizaron las compostas elaboradas con subproductos agroindustriales (cachaza de azúcar, desecho de plátano y cascarilla de cacao) enriquecida con guano de murciélago en presentación comercial, y encontraron que la adición de guano, tiene un efecto acidificante en la composta, lo cual coincide con los resultados de este trabajo.

### Ensayo de fitotoxicidad

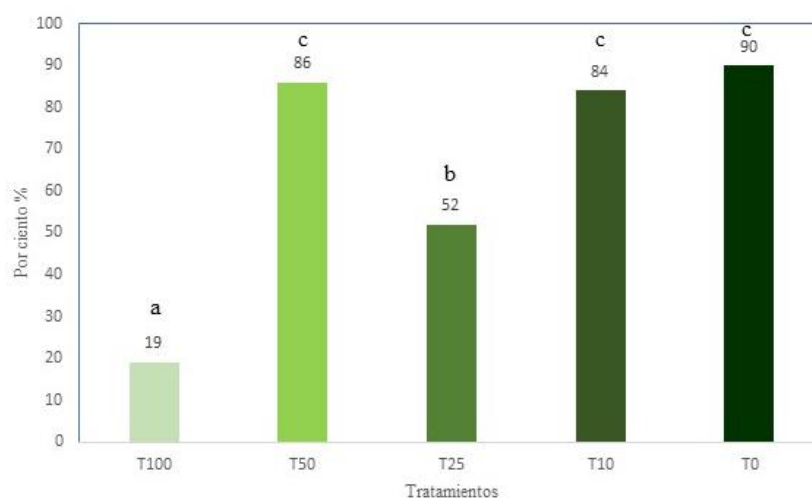
En la Figura 1, se observa que el porcentaje de germinación de las semillas de rábano en el tratamiento con menor concentración de extracto de guano (T10), es



estadísticamente igual que el testigo; sin embargo, al incrementar las concentraciones del extracto de guano, la germinación se ve afectada hasta casi 50% en el T25 y casi nulificada en el T100, lo que indica la condición de fitotoxicidad de este producto.

En el caso de T50, no siguió la tendencia esperada; estadísticamente el porcentaje de germinación es igual al tratamiento testigo y al T10. Es probable que esta respuesta se deba al efecto por la acidez alcanzada en este tratamiento, que haya favorecido a la escarificación química de la semilla y propiciado la germinación (Sanabria *et al.*, 2001), pero desfavorable para el desarrollo de la radícula, la cual se ve reducida a casi 50% (Figura 2).

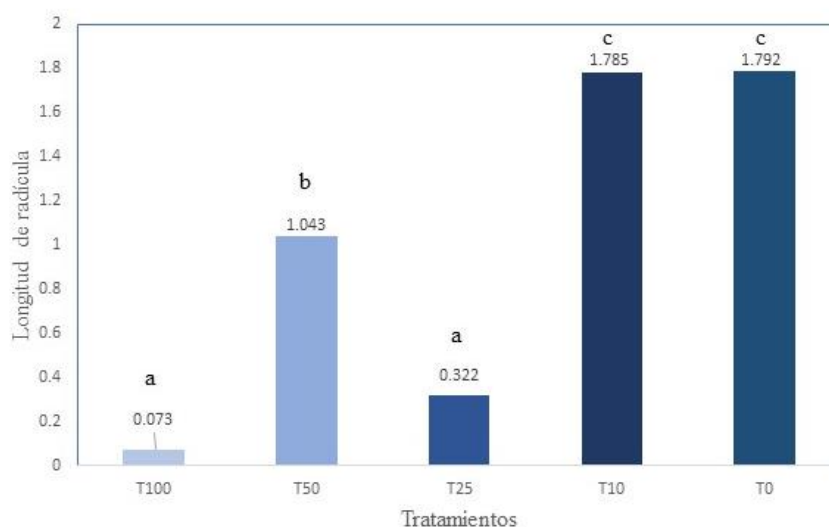
En este trabajo, se detectaron diferencias significativas entre las distintas concentraciones del extracto acuoso de guano, en contraste con la evaluación realizada por Sánchez-Herrera *et al.* (2017), quienes aplicaron guano de murciélago en distintas proporciones en el cultivo de rábano, y observaron un efecto de retardo de la germinación, sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias entre tratamientos. Aunque estos autores utilizaron guano en presentación sólida adicionado al suelo, lo que posiblemente disminuye el efecto de toxicidad por acidez.



**Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de rábano tratadas con diferentes concentraciones acuosas de extracto de guano. Las letras indican la agrupación de acuerdo con Tukey ( $\alpha= 0.05$ ).**



El pH encontrado en las muestras de guano se debe a la alta presencia de materia orgánica en proceso de descomposición; tal acidez posiblemente tuvo efectos en la germinación y desarrollo de la radícula de las plántulas de rábano (Figura 2); cabe señalar, que este material de guano se ha empleado como fertilizante en los cultivos desarrollados en el agroecosistema de estudio; sin embargo, no es recomendable de acuerdo a los resultados de la prueba de fitotoxicidad, para utilizarse en pre-siembra, en dosis superiores a 10% en extracto acuoso.



**Figura 2. Longitud de radícula de plántulas de rábano tratadas con diferentes concentraciones acuosas de guano. Las letras indican la agrupación de acuerdo con Tukey ( $\alpha= 0.05$ ).**

### **Aprovechamiento del guano de murciélago en cultivos agrícolas en la zona**

Se conoce que en la región de Jalcomulco, Ver., se han realizado pruebas preliminares con el guano de murciélago en estudio, para fertilizar distintos cultivos. En el Cuadro 1 se indica la dosis y los momentos de aplicación.

De acuerdo a la percepción del productor, al aplicar este abono, mejoraron las características de las plantas de estos cultivos como: coloración verde intensa en las hojas, engrosamiento del tallo, tolerancia a la presencia de plagas y mejora en el llenado de grano y semilla. Lo anterior, se explica por el aporte de materia orgánica que presenta el guano (18.4%). El efecto benéfico del guano de murciélago ha sido probado por Zavaleta-Beckler *et al.* (2001); al aplicar 500 g/planta de este fertilizante





en el cultivo de xoconostle (*Opuntia joconostle* y *O. matudae*) encontraron que en la parcela fertilizada con guano se adelantó un año el ciclo de producción, en comparación con las parcelas no fertilizadas; además de que el tamaño, peso y producción de frutos siempre fue mayor que el tratamiento testigo.

### **Cuadro 1. Fertilización de diversos cultivos con guano de murciélago en la región de Jalcomulco, Ver. Año 2018.**

<b>Cultivo</b>	<b>Momento de aplicación</b>	<b>Cantidad</b>
Limón persa	Al trasplante	80 - 120 g/planta
Guanábana	Al trasplante	80 - 120 g/planta
Cacahuete	A los 15 o 20 días después de la siembra	80 - 120 g/planta
Maíz negro	Al momento de la siembra	120 g/planta
Calabacita de pipián	A los 15 o 20 días después de siembra, cuando empieza a salir las guías	80 - 120 g/planta
Cempasúchil	Cuando alcanza los 40 cm de altura	40 g/planta
Crucetas y nopales	En esquejes enraizados	160 - 200 plantas
Pitahaya	En esquejes enraizados	160 - 200 plantas

### **Conclusiones**

El guano de murciélago del predio “Barranca de Moyola”, municipio de Jalcomulco, Ver., es un material en presentación sólida, con alto contenido de materia orgánica, que puede utilizarse como abono de cultivos establecidos; en pre-siembra no se recomienda a dosis mayores de 10% en extracto acuoso, ya que es fito-tóxico. El guano es un producto que puede aprovecharse como fertilizante orgánico dentro del agroecosistema en la zona de estudio.

### **Agradecimientos**

A la maestra Teresita de Jesús May Mora, Técnico académico del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, por su apoyo en la realización de los análisis de este trabajo.



## Literatura citada

- García-Lozano, A. 2011. Biorreguladores de crecimiento, fertilizantes químicos y orgánicos en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de invernadero. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León p. Escobedo, Nuevo León. 76 p.
- NOM (Norma Oficial Mexicana). 2002. NOM 021-RECNAT-2000. Actualización. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre de 2002.
- Palma-López, D. J., J. M. Castillo-Salas, S. Salgado-García, A. I. Ortiz-Ceballos y E. Aceves-Navarro. 2016. Caracterización química de abonos orgánicos enriquecidos con guano de murciélago. *Agroproductividad* 9(12):10-15.
- Pernia, B., D. Rojas-Tortolero, L. Sena, A. De Sisto, Y. Inojosa y L. Naranjo. 2018. Fitotoxicidad de Hap, crudos extrapesados y sus fracciones en *Lactuca sativa*: una interpretación integral utilizando un índice de toxicidad modificado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 34(1):79-91.
- Sánchez-Herrera, S. G., N. Rodríguez-Martínez y V. M. Justo-Segovia. 2017. Evaluación agronómica del rábano fertilizado con guano de murciélago. *Revista de Operaciones Tecnológicas* 1-4:63-68.
- Sanabria, V. D., R. Silva-Acuña, M. A. Oliveros y R. Barrios. 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro* 13(3):117-124.
- Sobrero, M. A. y A. Ronco. 2004. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). p. 71-79. *In*: Castillo, G. (ed.). *Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de la Calidad de Aguas. Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones*. IDRC. IMTA. Canadá.
- Varnero, M. T., C. Rojas A. y R. Orellana R. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 7:28-37.
- Zavaleta-Beckler, P., L. J. Olivares-Orozco, D. Montiel-Salero, A. Chimal-Hernández y L. Scheinvar. 2001. Fertilización orgánica en Xoconostle (*Opuntia joconostle* y *O. matudae*). *Agrociencia* 35:609-614.



## USO COMBINADO DE MICRORGANISMOS BENÉFICOS Y MATERIA ORGÁNICA COMO ALTERNATIVAS A LA NUTRICIÓN EDÁFICA EN PAPA (*Solanum tuberosum* L)

Alfredo Lino Brito<sup>50\*</sup>, Maribel Apolinar Aguilar<sup>51</sup>, Daniel Gómez Monrroy<sup>50</sup>, Nancy Gómez Flores<sup>50</sup> y José Alberto García Hernández<sup>50</sup>

### Resumen

Se realizó un experimento en terrenos del Instituto Superior de Tlatlauquitepec, Puebla, con el objetivo de evaluar alternativas agroecológicas de nutrición. El trabajo consistió en valorar una cepa de microalga (*Chorela vulgaris*) y un biofertilizante comercial (ETS), en dosis de 20 mL/L de agua y 18 g/L de agua respectivamente, combinándolo con una aplicación de 3.0 kg/m<sup>2</sup> de estiércol seco y descompuesto (MO) y reducción del 25% de la fertilización mineral (FM). La microalga se aplicó al momento de la siembra y 30 días después (dds), el biofertilizante se diluyó en agua y se sumergió la semilla por espacio de dos horas. Las variables evaluadas fueron: altura de las plantas (cm), número de hojas, peso seco de la parte aérea, raíz y estolones o tubérculos, según fuera el caso, en todos los tratamientos se extrajeron cinco plantas por replicas, para el secado de parte aérea y subterránea, a los 30, 60 y 90 dds. La cosecha se realizó a los 120 dds y se cuantificaron los tubérculos, el peso promedio (g) y el peso por planta (g), el diámetro ecuatorial (cm) y polar (cm) de los tubérculos. Los tratamientos (100% de FM, 75% FM + 3Kg/m<sup>2</sup> de MO + *Chorela vulgaris*, 75% FM + 3Kg/m<sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS y 75% FM + 3Kg/m<sup>2</sup> de MO) se replicaron cuatro veces, cada replica de 10 m<sup>2</sup>; con el diseño experimental de bloques al azar. Los resultados demuestran, que al incorporar al suelo estiércol vacuno y el empleo de los

<sup>50</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL).

<sup>51</sup> Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala (ITAT).



bioproductos, permitieron reducir el 25% la dosis de fertilización química mineral en el cultivo, sin afectar el rendimiento y tamaño del tubérculo de papa.

**Palabras clave:** *Chorela vulgaris*, biofertilizante (ETS) y variedad Ágata

## Introducción

La papa es el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz; sin embargo, en los países desarrollados como La Unión Europea (U.E) y Estados Unidos (E.U), la producción ha disminuido en promedio de 1% anual en los últimos 20 años (FAO, 2008). En México de acuerdo con el SIAP (2015), el cultivo de papa alcanza un valor cercano a los 11 mil millones de pesos, cifra que le coloca como el séptimo cultivo más importante en el país, con rendimientos promedios de 26 t/ha, siendo su producción anual de 1.7 a 1.8 millones de toneladas. Dentro de los estados de mayor producción del tubérculo se encuentra Puebla, con el 8.37% de la producción nacional y el 5.7% en valor; por lo que es un producto de vital importancia para las familias campesinas del mismo estado.

La región de Tlatlauquitepec donde se desarrolló la investigación, se ubica en Teziutlán, Pue., en el cual se cultiva el 77.83% de las áreas sembradas del tubérculo en el estado, con producciones promedio de 30 a 35 t/ha (SIAP, 2015). Este cultivo demanda una gran cantidad de nutrimentos durante todo su ciclo, López (2013), reporta consumos de N-P-K de 180-300-300 a 350 kg/ha, respetivamente.

El empleo de prácticas inadecuadas en el manejo de suelo y cultivos, entre las que se encuentran aplicaciones indistintas de agroquímicos, como son los fertilizantes minerales con el propósito de incrementar los rendimientos, ha conllevado al deterioro de las características químicas, biológicas y física de los suelos, lo que reduce considerablemente la capacidad productiva de los agroecosistemas (Lino, 2005).

Sin embargo, son varios los ejemplos de la literatura que soportan el criterio, de que la papa responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos y a la





interacción abonos orgánicos y fertilizantes químicos; además del uso de bioproductos, tales son los casos reportados, por Zamora *et al.* (2008) que obtuvieron 32 t/ha con abonos orgánicos (estiércol de chivo). Por otra parte, Rodríguez y Ortuño (2007) señalaron que produjeron de 11.53 a 15.93 t/ha con aplicación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos.

En este mismo sentido, los extractos de microalgas empleados como biofertilizante han permitido la sustitución parcial de fertilizantes químico-mineral en la agricultura y más específicamente en la horticultura (Hernández *et al.*, 2014). Otra opción de nutrición de los cultivos, son los abonos orgánicos. La papa responde muy bien a la aplicación de abonos orgánicos bien descompuestos, compostas o abonos verdes, preferiblemente como aplicación edáfica, así como a los fertilizantes minerales (Beukema y Van der Zaag, 1990). Se considera que el uso conjunto de abonos orgánicos con los fertilizantes minerales es posible obtener los más altos rendimientos, permitiendo dosis menores pero sin eliminar la aplicación de fertilizantes minerales (Deroncelé *et al.*, 1983).

Por lo que un manejo adecuado de la nutrición vegetal requiere del empleo de bioproductos, los que están en resonancia con sistemas de producción agraria sustentable. Por lo tanto, el uso de los biofertilizantes ha cobrado gran importancia a escala mundial en la producción de alimentos. Estos productos forman parte de la agricultura ecológica como apoyo en el proceso de reconversión agrícola, siendo alternativas agroecológicas que complementan la nutrición de los cultivos (Ramos *et al.*, 2013).

Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo, el diseño y puesta en práctica de variantes de manejo agronómico de la nutrición del cultivo de papa, donde se combinaron microorganismos benéficos de suelo, con un portador de materia orgánica y la reducción de la fertilización químico mineral del cultivo.



## Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en áreas del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL), ubicado entre los paralelos 19° 38' y 20° 03' de latitud norte, los meridianos 97° 23' y 97° 37' de longitud oeste, altitud de 1800 m y con un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2009). Se utilizó la variedad de papa Ágata. La duración del experimento fue de febrero a mayo de los años 2017 y 2018, siendo los datos que se presentan el promedio de ambos ciclos. Los microorganismos empleados fueron: extractos acuosos de la cepa de microalgas (*Chorella vulgaris*), obtenidas de la academia de acuicultura del ITSTL, con una concentración de 3795 Células/mL y un biofertilizante comercial de la localidad de nombre ETS, los microorganismos e ingredientes de dicho producto se describen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Ficha técnica del biofertilizante, según fabricante.**

Composición	Concentración
Rizobacterias fijadoras de N	1 x 10 <sup>5</sup> UFC/g
Hongos solubizadores de P	1 x 10 <sup>4</sup> UFC/g
Hongos endomicorrízicos	1 x 10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. megaterium</i> y <i>B. cereus var. mycooides</i>	1 x 10 <sup>6</sup> UFC/g
Auxinas	400 ppm
Zinc	2000 ppm
Carbono orgánico	19%
Ingredientes inertes	79%
Total	100%

La dosis de extractos acuosos de la cepa de microalgas fue de 20 mL/L de agua, se aplicó al momento de la siembra y 30 días después de haber sembrado (dds) de los tubérculos. La dosis del biofertilizante fue 18 g/L de agua sumergiéndose la semilla en la solución por espacio de dos horas. Se conformaron cuatro réplicas por tratamientos en camas de 10 m<sup>2</sup> (1 x 10 m) de área cultivable, con una densidad de una hilera por cama, con una separación entre plantas de 25 cm. Teniendo como fórmula de fertilizante mineral (FM) la que reporta López (2013), 180-300-350 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente (testigo), además se utilizó 3 kg/m<sup>2</sup>



de estiércol seco y descompuesto (MO) en los tratamientos donde se emplearon los bioproductos y una reducción del 25% de la FM empleada en el testigo, igualmente donde se combinó la fertilización orgánica en igual dosis y la química mineral con una reducción también del 25%, pero sin emplear microorganismos.

La materia orgánica utilizada, estiércol descompuesto y seco presentó las siguientes características:  $40.18 \pm 7.29\%$  de materia orgánica,  $1.22 \pm 0.432\%$  de N,  $0.85 \pm 0.282\%$  de P y  $0.20 \pm 0.181\%$  de K. Los tratamientos estudiados se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Tratamientos de fertilización aplicados a la papa 'Ágata', en el periodo febrero a mayo de los años 2017 y 2018.**

Tratamientos	Leyenda
1	100% FM
2	75% FM + 3Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )
3	75% FM + 3Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS
4	75% FM + 3Kg/m <sup>2</sup> de MO

FM = fertilizante mineral, MO = materia orgánica.

La respuesta vegetal del cultivo se evaluó a los 30, 60 y 90 dds, donde se midieron las variables: altura de plantas (cm), número de hojas, peso seco de la parte aérea, raíz y estolones o tubérculos, según fuera el caso, en todos los tratamientos se extrajeron 5 plantas por replicas para el secado de parte aérea y subterránea, separando las raíces de los tubérculos para secado en estufa a 75°C durante 72 horas. En la etapa de cosecha, a los 120 dds, se cuantificaron los tubérculos, el peso promedio (g) y el peso por planta (g), el diámetro ecuatorial (cm) y polar (cm) de los tubérculos. Los datos se analizaron con el paquete The SAS System for Windows 9, bajo un diseño experimental de bloques al azar, que fue el que se desarrolló.

Además, se tomaron muestras de suelo compuestas, tres réplicas en cada caso, de la zona de cultivo, tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4) y del suelo sin tratamiento previo (T0), alrededor donde se estaba realizando el estudio. El examen de suelo se realizó en el laboratorio de análisis de suelo del INECOL (Instituto de Ecología A.C) de Veracruz, de acuerdo con la norma NOM-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), contrastándose el suelo no alterado con los tratamientos en estudios valorando las variaciones en por ciento (%) del K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> intercambiable (cmol+/kg), fósforo asimilable (ppm), materia orgánica (%) y pH (Cuadro 3).



## Resultados y discusión

El Cuadro 3, exhibe la información referente al impacto del manejo agronómico de un año productivo, donde el cultivo de papa, le sucedió a un maíz cultivado de manera tradicional. Destacando que el suelo sobre el cual se establecieron los tratamientos, posee adecuadas condiciones para la producción agrícola del cultivo de papa, según los valores iniciales y de acuerdo a los criterios, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo para México (SEMARNAT, 2002).

Este mismo cuadro, muestra una disminución del contenido de potasio ( $K^+$ ), independientemente del tratamiento de que se trate, con respecto al valor inicial ( $T_0$ ), suelo no cultivado, lo que se relaciona con los rendimientos del tubérculo y la fuerte extracción de este nutriente (Arias y Arnaude, 2010).

Por su parte el calcio ( $Ca^{++}$ ) y magnesio ( $Mg^{++}$ ) exhiben una tendencia inversa al potasio, habiendo mayores valores en el suelo donde se pusieron los tratamientos, con respecto al valor inicial de este, además se observa que los resultados son mayores cuando se emplea el portador de materia orgánica, efecto que concuerda con Warman (1998) citado por Julca *et al.* (2006), que encontró que los valores de  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  eran mayores en los suelos fertilizados con compost, que en los nutrimentos de manera química mineral; además, se ha encontrado transferencia de potasio hacia el suelo debido a las excreciones de las raíces, siendo un simple proceso de difusión desde las partes muertas de la planta, fundamentalmente en la etapa final del crecimiento de los cultivos (Lawton y Cook, 1954; Hanway y Johnson, 1985); en este mismo sentido Sánchez, *et al.* (2012) reportan que las moléculas orgánicas rizodepositada por las plantas son metabolizadas y mineralizadas por los microorganismos presentes en el suelo aportando nutrientes a este, entre los que se encuentran el  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ , entre otros, siendo varios los factores que pueden estar influenciando en las concentraciones de estos elementos en el suelo.





**Cuadro 3. K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> intercambiable (cmol+/kg); fósforo asimilable (ppm), materia orgánica (%) y pH en agua en suelo no fertilizado y fertilizado con diferentes tratamientos. La variación del valor inicial del suelo no fertilizado y suelo sometido al manejo agronómico de los tratamientos se presente en %.**

Tratamientos		K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Fósforo asimilable	Materia orgánica	pH
T0	VI	2.85±0.35	7.32±1.14	0.65±0.14	2.4±0.59	5.78± 1.97	6.5± 1.08
T1	VT	1.79±0.23	7.96±1.22	1.65±0.364	8.4±1.05	3.41± 1.28	5.7± 1.12
T0 vs T1 (%)	V	37.2	8.7	153.8	245.9	41.20	12.3
	D					D	D
T2	VT	1.53±0.128	8.58±1.71	2.1±0.286	9.49±1.39	4.45± 1.35	5.9± 1.07
T0 vs T2 (%)	V	46.3	14.7	232.3	288.9	23.01	9.2
	D						D
T3	VT	1.79±0.136	8.81±1.84	2.44±0.44	8.7±1.57	4.19± 1.66	5.9± 1.27
T0 vs T3 (%)	V	37.2	16.9	275.4	257.4	27.51	9.2
	D					D	D
T4	VT	1.39±0.098	9.4±1.92	1.97±0.62	5.57±1.09	4.74± 1.80	6.0± 1.05
T0 vs T4 (%)	V	51.2	22.1	203.1	128.3	18.00	7.7
	D					D	D

VI=Valores Iniciales; VT= Valores del Tratamiento; V= Variación; I= Incremento; D= Disminución

Con relación al fósforo, también hay incrementos de su contenido en el suelo de los tratamientos, con respecto al valor inicial del suelo no cultivado, atribuyéndose este resultado a la aplicación de 300 kg/ha, del elemento en el tratamiento testigo (T1), mientras que 225 kg/ha, combinado con 30 t/ha de estiércol seco y descompuesto, siendo mayores los valores en los tratamientos en que se aplicaron los microorganismos biofertilizadores, a pesar de haber una reducción del 25% del elemento, lo que concuerda con lo expresado por González y Pomares (2008), la aplicación al suelo de productos que están constituidos por un alto número de células de microorganismos de diferentes tipos (bacterias, microalgas, hongos formadores de micorrizas, etc.) contribuyen a mejorar la riqueza o disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a procesos bioquímicos que ocurren en el mismo. Por lo tanto, se recomienda en futuras investigaciones evaluar el empleo de menores dosis, para el territorio en estudio, destacando que estos valores fueron mayores en donde se empleó los microorganismos edáficos.

Por su parte, la materia orgánica del suelo, es esencial para la mejora de la fertilidad biológica, química y física del suelo. Siendo muy variable su cantidad en los suelos,



lo cual depende de muchos factores, entre los que se encuentra las prácticas de manejo agronómico del cultivo (Julca *et al.*, 2006; Correa, 2010). Nótese como el suelo, donde se cultivó la papa, independientemente del tratamiento en estudio tuvieron disminución de este parámetro, en comparación al valor que reporta el suelo no alterado, pero siendo más marcada la disminución en el tratamiento donde se puso el total de la fertilización química y no se empleó el portador de materia orgánica.

La utilización de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo, siendo esto una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que influye de manera positiva en los rendimientos del cultivo (Gros y Domínguez, 1992), por lo que se justifica la combinación de la fertilización químico mineral, con portadores de materia orgánica, con el propósito de mantener los niveles de este parámetro y aumentar o mantener el rendimiento en el cultivo de papa. Se puso de manifiesto un favorable balance en la disponibilidad en el suelo de nutrimentos y sustancias estimuladoras (reguladores del crecimiento, vitaminas, azúcares, aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, etc.), a partir de la presencia combinada o simultánea de estructuras minerales de absorción inmediata y sustancias producto de la actividad biológica, propia de los microorganismos componentes de la flora normal del portador orgánico y de los inoculados, que permitió la reducción de la fertilización químico mineral y el sustento de los microorganismos de los bioproductos.

Pero las exigencias de los microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperaturas adecuadas y ausencia de condiciones nocivas son similares a la de las plantas (Wild, 1992; Julca *et al.*, 2006), por lo que se evidencia que donde se aplicó el portador de materia orgánica a dosis de 30 t/ha, los valores del indicador también disminuyeran con respecto al valor inicial del suelo no cultivado, aunque en menor cuantía. Por lo que se recomienda evaluar en futuras investigaciones niveles mayores de portador de materia orgánica, así como otras fuentes.

Por otro lado, el pH presenta una disminución del mismo, al contrastar el valor del suelo no perturbado por el manejo agronómico, con el suelo donde se cultivaron los



tratamientos. Se destaca que el valor inferior es para el tratamiento 1 (100% de fertilización mineral (FM), sin aplicación de portador orgánico (PO), donde se emplearon fertilizantes con efecto residual ácido (sulfato de potasio, urea y Fosfato diamónico (DAP), (Ginés y Mariscal, 2002). Mientras el resto de las variantes evaluadas (75% de FM, más MO a dosis de 30 t/ha de estiércol seco y descompuesto con y sin microorganismos benéficos, sus valores son superiores, lo que se debe al efecto tampón o amortiguador de la materia orgánica (Carrasco, 1994; Martínez et al., 2008), así como a una reducción del 25 % de la FM, donde se utilizaron las mismas futes fertilizantes.

En el Cuadro 4, se presenta la altura de las plantas y el número de hojas a los 30, 60 y 90 días después de sembrado (dds) los tubérculos.

**Cuadro 4. Altura de la planta (cm) y número de hojas de la papa variedad Ágata manejado con diferentes tratamientos de fertilización, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds) de los tubérculos.**

dds	Tratamientos	Altura de la planta	Número de hojas
30	100% FM	15.00c	6.25±0.875
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	22.50a	7.25±0.750
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	18.56b	6.50±1.00
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	17.00bc	6.50±1.25
DSM <sub>n</sub>		2.475** cm	0.370 <sup>n.s*</sup>
60	100% FM	58.50ba	18.00b
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	68.00a	23.00a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	60.25ab	21.75a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	58.00ba	17.50b
DSM <sub>n</sub>		8.036 cm**	1.544 U**
90	100% FM	60.00ab	20.75bc
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	67.00a	23.25a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	60.25ab	22.25ab
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	56.25b	19.00c
DSM <sub>n</sub>		7.155 cm**	2.175 U**

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, \*\* (P ≤ 0.01); n.s (no significativo) y DSM<sub>n</sub> (Diferencia significativa mínima).

Observándose diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01) para la altura desde los 30 dds el tubérculo, la cual se incrementa a los 60 dds, para mantenerse o disminuir a los 90 dds; coincidiendo con lo reportado por Siller (2003), el cual plantea un



crecimiento acelerado al comienzo del establecimiento del cultivo para luego cesar el mismo, comenzando en ese momento, las etapas de tuberización y maduración. Por su parte la variable número de hojas comienza a los 30 dds sin diferencias significativas, para posteriormente a los 60 dds tener un incremento considerable para todos los tratamientos, lo que coincide con el periodo de máximo crecimiento en altura, aunque la altura se detiene en este momento, el número de hoja si aumenta ligeramente, por lo que el crecimiento foliar continua durante el ciclo biológico hasta que las plantas alcanzan la madurez fisiológica. Son los tratamientos donde se emplearon los bioproductos en combinación con el portador de materia orgánica y una reducción del 25% de la FM, los que expresaron mejor respuesta vegetal, en términos de altura y número de hojas.

En el cuadro 5, aparecen los valores de la medición de las variables: peso seco (g) de la parte aérea, raíz y tubérculos por plantas para los tratamientos en estudio.

El desarrollo de la parte aérea expresado mediante el peso seco de la misma, tiene una tendencia similar a la de la altura de la planta, ya que su ganancia en peso disminuye a partir de los 60 dds, fenómeno que nos indica un movimiento de los asimilados hacia los tubérculos, los cuales se encuentran en formación y crecimiento en este periodo, coincidiendo con lo planteado Person (1998), el que enuncia, que esta es una fase de fuerte desarrollo vegetativo, que se aminora poco antes de iniciarse la tuberización.

Mientras que la variable peso seco de raíz, deja de ganar peso a partir de los 60 dds en comparación con el muestreo a los 90 dds, donde ocurre una ligera disminución comprendida entre el 6.64 y 6.98% para los tratamientos donde se aplicaron los bioproductos de manera individual, combinado con el portador de materia orgánica y la reducción del 25% de la FM (2 y 3), respectivamente, mientras que el tratamiento testigo 100% de la FM la disminución del peso seco de la raíz estuvo en el 11.79%, mientras que el tratamiento 4(75% FM + 3 Kg/m<sup>2</sup> de MO), la reducción en el peso seco de la raíz fue de 14.23%, evidenciando que no solo se detiene el crecimiento de la parte aérea del cultivo, sino que también el sistema radical decrece su incremento, para que en la planta todos los procesos fisiológicos y bioquímicos estén en función del crecimiento y desarrollo del los tubérculos.





**Cuadro 5. Biomasa aérea, de raíz y de tubérculos por planta, de la papa variedad Ágata manejado con diferentes tratamientos de fertilización, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds) de los tubérculos.**

dds	Tratamientos	Peso seco (g)		
		Parte Aérea	Raíz	Tubérculos o estolones/planta
30	100% FM	2.33b	1.46c	0.16
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	5.31a	2.03a	0.15
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	5.48a	1.78ab	0.15
	75 % FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	3.43b	1.52bc	0.13
DSM <sub>n</sub>		1.243**	0.361**	0.021 ns*
60	100% FM	15.71c	2.80b	29.04b
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	22.57a	4.07a	42.12a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	19.47b	4.30a	37.09ab
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	15.91c	2.81b	28.55b
DSM <sub>n</sub>		1.639**	1.206**	9.894**
90	100% FM	12.46b	2.47b	41.51b
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorella vulgaris</i> )	18.04a	3.80a	65.99a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO + Biofertilizante comercial ETS	15.08ab	4.00a	65.57a
	75% FM + 3 Kg/m <sup>2</sup> de MO	13.29b	2.41b	39.67b
DSM <sub>n</sub>		3.137**	0.227**	4.480**

A los 30 dds lo que presentaban las plantas eran estolones y tubérculos a partir de los 60 dds; n.s: no significativo. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, \*\* (P ≤ 0.01); y DSM<sub>n</sub>. (Diferencia significativa mínima).

La variable biomasa de los estolones o tubérculos por planta, según el periodo de muestreo incrementa su peso, demostrando la prioridad para las plantas de papa variedad Ágata en la translocación de los asimilados hacia este órgano de reserva, independientemente del tratamiento de estudio, mostrando los mayores valores en cuanto a peso seco con diferencia altamente significativa para los tratamientos 2 y 3, a partir de los 60 dds.

La habilidad de los tubérculos para obtener asimilados puede estar relacionada con la rápida división y expansión celular de los mismos, en este periodo del ciclo de cultivo, que se refleja en un aumento de la acumulación de materia seca de estos



órganos de la planta (Kooman y Rabbinge, 1996); este proceso implica una mayor descarga floemática de fotoasimilados en los tejidos vertederos (Patrick, 1997), y por ende una mayor fuerza como tejidos demandantes de carbohidratos y otras sustancias orgánicas cuya acumulación tiene lugar en los tubérculos de la planta de papa.

En el Cuadro 6 se presenta la información del tamaño del tubérculo (diámetros ecuatorial y polar) y los resultados de los análisis de varianza para cada variable. Las variables diámetro ecuatorial y polar presentan respuesta significativa ( $P \leq 0.05$ ), a favor de los tratamientos, donde la nutrición del cultivo fue más completa, ya fuera químico mineral (tratamiento 1), o cuando se combinó la disminución de la fertilización mineral con materia orgánica y alguno de los bioproductos empleados (tratamientos 2 y 3), no obteniendo igual resultado cuando la fertilización órgano-mineral se le disminuía igualmente el 25% de los fertilizantes químicos y se combinaba con la materia orgánica, pero no se empleaba microorganismos biofertilizadores.

**Cuadro 6. Diámetro ecuatorial y polar promedio de los tubérculos de papa de la variedad ágata manejado con diferentes tratamientos de fertilización, cosechado a los 120 días después de la siembra de los tubérculos.**

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)
1	3.64a	5.52a
2	3.59a	5.57a
3	3.90a	5.92a
4	3.01b	4.63b
DSM <sub>n</sub>	0.475 n.s*	0.794 n.s*

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, ( $P \leq 0.05$ ) \*, \*\* ( $P \leq 0.01$ ); y DSM<sub>n</sub>. (Diferencia significativa mínima).

Lo que indica que el manejo nutrimental empleado en los tratamientos 1, 2 y 3 garantizan un adecuado balance o disponibilidad de nutrientes en el suelo y con ello, una mayor expresión de las características del material sembrado. Lo que presupone estabilidad genética del material vegetal estudiado, lo que concuerda con los criterios de Gálvez *et al.* (2004), al mejorar la nutrición de híbridos de tomate



y pepino de alto potencial productivo bajo condiciones de invernadero, para diferentes épocas de plantación.

Por su parte el Cuadro 7, presenta la información referente a los componentes de rendimiento agrícola, número de tubérculos/planta, peso de tubérculos/planta y peso promedio de tubérculos.

**Cuadro 7. Componentes de rendimiento agrícola de la papa variedad Ágata manejada con diferentes tratamientos de fertilización, a los 120 DDS de los tubérculos a los 120 DDS los tubérculos.**

Tratamientos	Número de tubérculos/ plantas	Peso de tubérculos/ plantas (g)	Peso promedio de tubérculos (g)
1	7.75±0.375	498.75ab	106.39b
2	8.00±0.500	527.00a	109.23b
3	7.50±0.500	495.00b	117.01a
4	7.75±0.457	372.25c	83.88c
DSM <sub>n</sub>	0.590 n.s	31.962**	6.998**

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, \*\*= $P \leq 0.01$ , ns=no significativo y DSM<sub>n</sub>=Diferencia significativa mínima.

La información del Cuadro 7, ratifica la tendencia de los tratamientos en estudio, donde los tratamientos 2 y 3 permiten una reducción del 25% de la fertilización químico mineral, cuando se emplea un portador de materia orgánica y los microorganismos evaluados microalga (*Chorela vulgaris*) y biofertilizante comercial ETS, debiéndose tal resultados a las propiedades estimuladoras que presentan estos microorganismos en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de papa (Lino *et al.*, 2017). Mientras, que el aporte del portador de materia orgánica al suelo, ofrece la posibilidad de que este tipo de material sirva de soporte al suministro de microorganismos de importancia agrícola; así, Jodice y Nappi (1987) y Manjarrez *et al.* (1999) encontraron resultados satisfactorios en la utilización de vermicomposta, como vehículo para la incorporación al suelo de *Azospirillum sp* y *Glomus sp*, respectivamente.



## Conclusiones

1. El efecto de los biofertilizantes, fue positivo en función del crecimiento de la planta y del rendimiento. Esta información se obtiene al comparar los tratamientos 2 y 3 vs el 4.
2. La incorporación al suelo de estiércol vacuno como portador orgánico (en dosis de 3.0 kg/m<sup>2</sup>) y el empleo de los bioproductos a base de extracto de microalga *C. vulgaris* y del producto comercial ETS, permiten reducir el 25% de la fertilización química mineral en el cultivo, sin afectar el rendimiento y tamaño del tubérculo de papa.
3. El manejo agronómico de los tratamientos, perturba la calidad agrícola del suelo, lo que se expresa en la disminución del contenido de materia orgánica y de pH, así como en el incremento de las concentraciones de calcio, magnesio intercambiable y fósforo asimilable.

## Literatura citada

- Arias, K. y Arnaude, O. 2010. Efecto de la fertilización química, orgánica y combinada sobre el rendimiento de la papa variedad granola, en *Agronomía Trop.* 60(1):75-84.
- Beukema, H., P. y Van der Zaag D., E. 1990. Introduction to potato production. Pub. por el Center for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc), Wageningen, Holanda. 208 p.
- Carrasco, M., A. 1994. El suelo como sistema químico. *In: Vera W. (Ed.). Suelos, una visión actualizada del recurso. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 345 p.*
- Correa, Y., R. 2010. Estudio preliminar de la capacidad de un suelo para retener gases con efecto invernadero (GEI) en un ciclo de maíz (*Zea mays* L.) bajo abonos verdes. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis Pregrado. Ingeniería Ambiental.





- Deroncelé, R., Guerra, A., y Fráser, T. 1983. Papel de los fertilizantes potásicos en la productividad del cultivo de la papa. La fertilización de la papa I. Reunión Nacional de Agroquímica. Ponencia A.C.C. Dirección Agrícola, 38-45.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. La economía mundial de la papa, Información proporcionada por la División de Comercio y Mercados de la FAO. [www.potato.org](http://www.potato.org) (consultado 12-09- de 2019).
- Gálvez, J. M., N. J. Arozarena, A. Lino, D. Álvarez, Y. Ríos, G. Croche *et al.* 2004. Comparación de híbridos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y de pepino (*Cucumis sativus*, L.), a partir de diferentes fechas de siembra en condiciones de cultivo protegido. *In:* Convención Trópico. II Congreso de Agricultura Tropical, La Habana, Cuba. Memorias CD-ROM GEOTECH, 2004. ISBN 959-7167-02-6.
- Ginés, I. y Mariscal, I. 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo, Fertiberia S. A. [www.agrogen.com.mx/mainaplicaciones.htm](http://www.agrogen.com.mx/mainaplicaciones.htm) [consultado, 09 de agosto de 2018].
- González, V. y Pomares, F. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. *En:* Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), 24, p.
- Gros, A y Domínguez, A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
- Hanway, J. J. and Johnson, J.W. 1985. Potassium nutrition of soybean. pp. 753-764. *In:* R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Hernández, H. R. M., F.R. Santacruz, M.A. Ruiz, J. Norrie, y G. Hernández. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology* 26(1):619-628.
- Jodice, R. y P. Nappi. 1987. Microbial aspects of compost application in relation to micorrhizae and nitrogen fixing microorganisms. *In:* de Bertoldi, M. *et al.* (eds.) Compost: production, quality and use. New York, NY, USA.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura, en IDESIA (Chile) 24(1):49-61.



- Kooman, P. and Rabbinge, R. 1996. An analysis of the relation between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. *Annals of Botany* 77:235-242.
- Lawton, K. and Cook, R.L. 1954. Potassium in plant nutrition. *Adv. Agron.* 6: 253-303.
- Lino, A. 2005. Cultivo Protegido: una alternativa para la nutrición de tomate y pepino en suelos Ferralíticos Rojos. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA, La Habana, Cuba.
- Lino, A; Apolinar, M., García, A., Rosas, C. y Agustín, D. 2017. Evaluación de bioproductos en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L, 1753), en condiciones de laboratorio. 2do Simposio Nacional de Investigación Científica en Fitosanidad. Sociedad Mexicana de Fitosanidad. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- López, F. 2013. Paquete tecnológico para la producción de semilla artesanal de papa, dirigido a productores de las Sierras del estado de México y agentes de cambio. Manual para Producción de Papa Apta para Siembra en Campo a Partir de Minitubérculos. INIFAP, Fundación PRODUCE, SAGARPA.
- Manjarrez, M. J., R. Ferrera y M. C. González. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo de la tasa fotosintética del chile serrano. *Terra* 17(1): 9-15.
- Martínez, E., Fuentes, J., P. y Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo, en *Revista de Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 8(1):68-96.
- Patrick, J. W. 1997. Phloem unloading: sieve element unloading and post-sieve element transport. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48:191-222.
- Person, D. B. 1998. Manuales para educación agropecuaria: papas. Editorial Trillas. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, 2009. La Magdalena Tlatlauquitepec, Puebla.  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21095.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21095.pdf) [consultado el 9 de agosto de 2019].



- Ramos, L. H., Arozarena, D. N., Reyna, G.Y., Telo, C. L., Ramírez, P. M., Lescaille, A. J. et al. 2013. Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales* 34(1):5-10.
- Rodríguez, K., y Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Revista Boliviana*. <http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php>. [Consultado el 3 de enero de 2019].
- Sánchez, M., Prager, M., Naranjo, R., Sanclemente., O. 2012. El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. *Agroecología* 7(1):19-34.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. *Diario Oficial* (segunda sección).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2015. Estadística, 2015. [http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/ivn\\_csv.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/ivn_csv.aspx). [consultado el 19 de junio de 2017].
- Siller, C. 2003. *La Papa: El Fruto de la Tierra*. Editorial Trillas. México, D.F. 251 p.
- Wild, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 104 p.
- Zamora, F., Tua, D. y Rodríguez, D., T. 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. *Revista Agronomía Tropical*. Vol. 58(3):233-243.



## COLECTA DE MATERIAL VEGETAL DE FRIJOL INFECTADO CON ROYA Y ANTRACNOSIS EN VERACRUZ Y CHIAPAS

Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>52\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>52</sup>, Eduardo Raymundo Garrido Ramírez<sup>53</sup>, José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>54</sup> y Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>52</sup>

### Resumen

La roya [*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (Pers.) Unger] y la antracnosis [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Lams. Scrib.] son las principales enfermedades que atacan al cultivo de frijol en los estados de Veracruz y Chiapas. Sus daños pueden ser considerables y su control químico es muy caro, por lo que la alternativa más viable para su control es el desarrollo de variedades con resistencia o tolerancia a ellas. Para generar variedades con estas características, pueden inocularse las líneas promisorias de frijol con estos patógenos, por lo que es necesario tener disponible inóculo de las diferentes razas presentes en las siembras comerciales de frijol. El objetivo de este trabajo fue coleccionar hojas o vainas de frijol infectadas con roya o antracnosis en las áreas productoras de frijol más representativas de los estados de Veracruz y Chiapas. Entre julio y diciembre de 2018 se realizaron 14 recorridos en las zonas: central montañosa, norte, central tropical y sur del estado de Veracruz, en los cuales se coleccionaron 40 muestras con roya y 30 con antracnosis. A su vez, en el estado de Chiapas, en el mismo periodo se realizaron siete recorridos: tres en los Altos de Chiapas, dos en la Meseta Comiteca y dos en la zona sur del estado, que proporcionaron seis muestras con roya y 19 con antracnosis. En total, en los dos estados se obtuvieron 95 muestras: 46 con roya y 49 con antracnosis. Alrededor del 75% de las muestras correspondieron al frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y el resto a otras especies de *Phaseolus*, principalmente *P. coccineus*. Casi dos tercios de las muestras correspondieron a frijol de grano negro, mientras que alrededor de un

<sup>52</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. \*esqueda.valentin@inifap.gob.mx

<sup>53</sup> Campo Experimental Centro de Chiapas. CIRPAS. INIFAP.

<sup>54</sup> Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP.





tercio eran materiales de grano de otros colores. Todas las muestras se enviaron al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, para el aislamiento y propagación de los agentes patogénicos.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, *Uromyces appendiculatus*, *Colletotrichum lindemuthianum*

## Introducción

En el trópico húmedo del sureste de México, los principales estados productores de frijol son Chiapas y Veracruz. En su mayoría, los productores siembran frijol negro, tanto en condiciones de temporal, como de humedad residual (Tosquy *et al.*, 2014). El rendimiento promedio de este cultivo en ambas entidades es menor a 700 kg/ha (López *et al.*, 2011; SAGARPA, 2015), debido a que es afectado, por diversos factores entre los que destaca la incidencia de enfermedades fungosas como la roya [*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (Pers.) Unger] y la antracnosis [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Lams. Scrib.]. Estas enfermedades pueden ocasionar reducciones significativas en el rendimiento de grano, sobre todo si se presentan durante la etapa vegetativa del cultivo (López *et al.*, 2006).

La roya del frijol está ampliamente distribuida en las regiones productoras de frijol en México, especialmente en áreas tropicales y subtropicales con clima cálido húmedo, cálido subhúmedo y semicálido húmedo del sureste del país (Villar *et al.*, 2002). Su mayor daño lo ocasiona en las siembras de verano, con temperaturas que varían entre 17 y 27°C y alta humedad relativa (Becerra *et al.*, 1996; Tosquy *et al.*, 2012). Si la infección se presenta muy temprano antes de la floración, se produce defoliación, que ocasiona pérdidas severas en el rendimiento de grano, mientras que cuando se presenta tardíamente, puede causar también infección en las vainas (Schwartz *et al.*, 1978). En el estado de Veracruz, se han cuantificado pérdidas de



rendimiento por roya de 12.8 a 41.2% en la zona norte y de 30% en la zona central (Becerra *et al.*, 1994).

Por su parte, la antracnosis por lo general se presenta en altitudes superiores a 1,000 m, principalmente cuando hay temperaturas de entre 13 y 26°C, con un óptimo de alrededor de 17°C y alta humedad relativa ( $\geq 80\%$ ), en forma de lluvias moderadas y frecuentes (Villar *et al.*, 2002). Este patógeno puede transmitirse por la semilla y causar severas pérdidas en el campo (Schwartz *et al.*, 1978). En la región de Las Altas Montañas del centro del estado de Veracruz, así como en la zona sur de la misma entidad, la infección de esta enfermedad ocasionó reducciones del rendimiento de grano de entre 35.6 y 87.8% (López *et al.*, 2006; 2015).

Considerando que el cultivo de frijol ha co-evolucionado, junto con patógenos asociados, para contribuir a resolver la problemática de estas enfermedades fungosas, se requiere desarrollar genotipos con genes de resistencia a éstas (Guzmán *et al.*, 1996) y con adaptación a los ambientes en que se siembra frijol en los estados de Veracruz y Chiapas (López *et al.*, 2003).

En el sureste de México, la evaluación de reacción de genotipos a las enfermedades se ha realizado a través de la conducción de ensayos de campo, en condiciones de incidencia natural de patógenos. Este proceso es lento, debido a que no hay seguridad de que se presenten las condiciones adecuadas para el desarrollo de enfermedades, o bien, pueden presentarse de manera tardía y con baja severidad de infección. Para evaluar con precisión la reacción de las líneas de frijol, se requiere que éstas sean inoculadas con los patógenos antes mencionados; por lo anterior, es necesario contar con esporas o aislamientos monopustulares de las principales razas de *U. appendiculatus* var. *appendiculatus* y con cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum*, que se presentan en las siembras de frijol de los estados de Veracruz y Chiapas. El objetivo de este trabajo fue coleccionar al menos 40 muestras de hojas o vainas de frijol infectadas con roya o antracnosis en las diversas áreas productoras de los estados antes mencionados, para ser utilizadas como fuente de inóculo, para determinar la resistencia o tolerancia de líneas avanzadas de frijol negro a dichas enfermedades.



## Materiales y métodos

En los estados de Veracruz y Chiapas, las colectas de material vegetal de frijol infectado se realizaron durante el periodo de julio a diciembre de 2018, tanto en el ciclo de verano, bajo condiciones de temporal, como el de otoño-invierno con humedad residual. Se muestrearon siembras de frijol en diferentes estados de desarrollo, desde las primeras etapas vegetativas, hasta la etapa de llenado de vainas, con la finalidad de obtener muestras de las razas de *U. appendiculatus* y *C. lindemuthianum*, que actualmente inciden en este cultivo en ambas entidades. En Veracruz, en total se realizaron 14 recorridos: seis en la zona central montañosa, cinco en la zona norte, dos en la zona central tropical y uno en la zona sur. Por otra parte, en el estado de Chiapas, en el mismo periodo se realizaron siete recorridos: tres en los Altos de Chiapas, dos en la Meseta Comiteca y dos en la zona sur del estado. En cada sitio visitado en donde se encontraron plantas de frijol cultivado o silvestre, infectadas con roya o antracnosis, se colectaron preferentemente hojas o vainas de diferentes plantas, sin daños de insectos o de otras enfermedades, las cuales se envolvieron en papel absorbente y se colocaron en una prensa botánica. Posteriormente se colocaron en sobres de papel coin y se secaron directamente al sol por tres días.

Para identificar las muestras se les asignó un número de colecta y se obtuvo en lo posible la siguiente información: fecha de colecta, nombre del propietario, localidad, municipio, estado, coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud), variedad o tipo de frijol, color de grano, parte de la planta y patógeno colectados. Todas las muestras se enviaron al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, para el aislamiento y propagación de los agentes patogénicos.

## Resultados y discusión

En el estado de Veracruz, se colectaron, en total, 70 muestras de hojas o vainas de frijol infectadas: 40 con roya y 30 con antracnosis, mientras que, en el estado de



Chiapas se colectaron 25 muestras: seis con roya y 19 con antracnosis. En total, en los dos estados se obtuvieron 95 muestras: 46 con roya (Cuadro 1) y 49 con antracnosis (Cuadro 2).

**Cuadro 1. Localidad, municipio, estado, fecha de colecta y número de colectas por localidad para roya en hojas de frijol en el periodo de julio a diciembre de 2018.**

Localidad	Municipio	Estado	Fecha de colecta	No. de colectas
Calcahualco	Calcahualco	Veracruz	19 jul	2
El Terrero	Calcahualco	Veracruz	19 jul	1
Cruz Verde	Calcahualco	Veracruz	19 jul	1
Excola	Calcahualco	Veracruz	19 jul	1
Excola	Calcahualco	Veracruz	24 jul	1
Acomulco	Calcahualco	Veracruz	24 jul	2
Barranca de Jamapa	Calcahualco	Veracruz	24 jul	1
Sierra de Agua	Acultzingo	Veracruz	31 jul	1
Aguaxinola	Acultzingo	Veracruz	31 jul	1
Ejido Acultzingo	Acultzingo	Veracruz	31 jul	1
Pinotla	Acultzingo	Veracruz	31 jul	1
Tolapa	Tequila	Veracruz	2 ago	5
Tepalotla Abajo	Tequila	Veracruz	2 ago	2
Tepalotla	Tequila	Veracruz	2 ago	2
Atlahuilapa	Atlahuilco	Veracruz	2 ago	1
Atlahuilco	Atlahuilco	Veracruz	2 ago	1
Rincón Grande	Orizaba	Veracruz	16 ago	1
San Miguel	Rafael Delgado	Veracruz	16 ago	2
Tonalixco	Tilapan	Veracruz	16 ago	2
Hilicotla	Magdalena	Veracruz	16 ago	2
El Rubí	Medellín	Veracruz	5 dic	3
Valle Verde	Tlapacoyan	Veracruz	30 oct	1
Colonia Manantiales	Tlapacoyan	Veracruz	31 oct	1
Platanozapan	Tlapacoyan	Veracruz	7 nov	1
Ixtacuaco	Tlapacoyan	Veracruz	22 nov	1
Ejido El Coyol	Tuxpan	Veracruz	23 nov	2
Comitán	Comitán	Chiapas	26 julio	1
Benito Juárez	Copainalá	Chiapas	16 ago	2
Tapachula	Tapachula	Chiapas	29 nov	1
Escuintla	Escuintla	Chiapas	30 nov	1
Mapastepec	Mapastepec	Chiapas	30 nov	1
Total				46





**Cuadro 2. Localidad, municipio, estado, fecha de colecta, parte colectada y número de colectas por localidad para antracnosis en el periodo de julio a diciembre de 2018.**

Localidad	Municipio	Estado	Fecha de colecta	Parte colectada	No. de colectas
Cruz Verde	Calcahualco	Veracruz	19 jul	Vaina	1
Excola	Calcahualco	Veracruz	19 jul	Vaina	1
Tepanquiahuac	Calcahualco	Veracruz	19 jul	Vaina	1
Maquixtla	Calcahualco	Veracruz	19 jul	Vaina	1
Aculco	Alpatláhuac	Veracruz	24 jul	Vaina	2
Acolco	Alpatláhuac	Veracruz	24 jul	Hoja	1
Calcahualco	Calcahualco	Veracruz	24 jul	Hoja	1
Excola	Calcahualco	Veracruz	24 jul	Hoja	2
Acomulco	Calcahualco	Veracruz	24 jul	Vaina	1
Barranca de Jamapa	Calcahualco	Veracruz	24 jul	Vaina	1
Tolapa	Tequila	Veracruz	2 ago	Vaina y hoja	2
Tepapalotla Abajo	Tequila	Veracruz	2 ago	Hoja	1
Tepapalotla	Tequila	Veracruz	2 ago	Vaina y hoja	2
Atlahuilapa	Atlahuilco	Veracruz	2 ago	Vaina y hoja	2
Atlahuilco	Atlahuilco	Veracruz	2 ago	Vaina	1
Zongolica	Zongolica	Veracruz	2 ago	Vaina	3
San Miguel	Rafael Delgado	Veracruz	16 ago	Vaina	1
Rincón Grande	Orizaba	Veracruz	17 sep	Vaina	1
El Rubí	Medellín	Veracruz	5 dic	Vaina y hoja	2
Valle Verde	Tlapacoyan	Veracruz	30 oct	Vaina	1
Valle Verde	Tlapacoyan	Veracruz	7 nov	Vaina	1
Platanozapan	Tlapacoyan	Veracruz	7 nov	Vaina	1
Los Pocitos	Las Margaritas	Chiapas	26 jul	Vaina	1
Predio Veracruz	Las Margaritas	Chiapas	26 jul	Vaina	1
San Cristóbal de las Casas	San Cristóbal de las Casas	Chiapas	26 jul	Vaina	2
Teopisca	Teopisca	Chiapas	26 jul	Vaina	3
El Triunfo	Independencia	Chiapas	26 jul	Vaina	2
Benito Juárez	Copainalá	Chiapas	16 ago	Hoja	1
San Cristóbal de las Casas	San Cristóbal de las Casas	Chiapas	25 oct	Vaina	1
San Juan Chamula	San Juan Chamula	Chiapas	25 oct	Vaina	1
Zinacantán	Zinacantán	Chiapas	25 oct	Vaina	1
Chenalhó	Chenalhó	Chiapas	25 oct	Vaina	1
Comitán	Comitán	Chiapas	6 dic	Vaina	1
Los Pocitos	Las Margaritas	Chiapas	6 dic	Vaina	1
El Triunfo	Independencia	Chiapas	7 dic	Vaina	1
Teopisca	Teopisca	Chiapas	7 dic	Vaina	1
San Cristóbal de las Casas	San Cristóbal de las Casas	Chiapas	7 dic	Vaina	1
Total					49



El 74.7% de las colectas de material vegetal de frijol se obtuvieron de variedades mejoradas o criollas de *Phaseolus vulgaris* L. y el 25.3% de otras especies de *Phaseolus*, principalmente *P. coccineus* L. Por su parte, el 63.2% de las colectas eran de variedades de grano de color negro, mientras que el 36.8% correspondía a materiales de grano de color rojo, blanco, beige, pinto o desconocido (datos no mostrados).

## Conclusiones

1. Se colectaron más del doble de las muestras de material vegetal infectado con roya o antracnosis, comprometidas en este estudio.
2. En Veracruz y Chiapas, en total se colectaron 46 muestras con roya y 49 con antracnosis.
3. Todas las muestras enviadas se recibieron en condiciones adecuadas en el Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas, para el aislamiento de los patógenos.

## Literatura citada

- Becerra, L. E. N., E. López S. y J. A. Acosta G. 1994. Resistencia genética y control químico de la roya del frijol en el trópico húmedo de México. *Rev. Mex. Fitopat.* 12(1):35-42.
- Becerra-Leor, E. N., E. López-Salinas, S. Jácome-Maldonado y J. R. Rodríguez-Rodríguez. 1996. Reacción a roya (*Uromyces phaseoli*) en genotipos de frijol con y sin protección química en el norte del estado de Veracruz. *Rev. Mex. Fitopat.* 14(2):128-131.
- Guzmán, P., R. L. Gilbertson, R. Nodari, W. C. Johnson, S. R. Temple, D. Mandala *et al.* 1996. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggests coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Phytopathology* 85:600-607.



- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., E. N. Becerra L. y F. J. Ugalde A. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de frijol. *Agron. Mesoam.* 14(2):151-155.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., E. N. Becerra L., F. J. Ugalde A. y J. Cumpián G. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y a suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(1):33-39.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. A. Acosta G., J. R. Rodríguez R. y P. Andrés M. 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):173-181.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., F. J. Ugalde A., A. Morales R. *et al.* 2011. Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. Folleto Técnico No. 55. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 24 p.
- Schwartz, H. F., G. E. Gálvez E., A. van Schoonhoven, R. H. Howeler, P. H. Graham y C. Flor. 1978. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 135 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 24 de agosto de 2015].
- Tosquy, V. O. H., E. López S., J. A. Acosta G. y B. Villar S. 2014. Detección de líneas de frijol negro con adaptación en el trópico húmedo del sureste de México. *REMEXCA* 5(6):911-921.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., V. A. Esqueda E., J. A. Acosta G., F. J. Ugalde A. y B. Villar S. 2012. Rendimiento y reacción a enfermedades de genotipos de frijol en condiciones de temporal y humedad residual. *REMEXCA* 3(4):727-737.
- Villar, S. B., E. Garrido R., A. Luna L. y F. J. Cruz C. 2002. Manual para la producción de frijol en el estado de Chiapas. Publicación Especial Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 165 p.



## PRODUCCIÓN DE PIÑA EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN, CUBIERTA PLÁSTICA Y FERTILIZACIÓN

Nain Peralta Antonio<sup>55\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>55</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>55</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>55</sup>, María Enriqueta López Vázquez<sup>55</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>55</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>55</sup>, Carlos A. Tinoco Alfaro<sup>55</sup>, Daniel Uriza Ávila<sup>55</sup>, Cynthia Cervantes Martínez<sup>56</sup> y Yokebeth Atlamaic Toxtle<sup>56</sup>

### Resumen

La densidad de plantación es una alternativa para incrementar el volumen de rendimiento de la piña, práctica que se puede complementar con el uso de cubiertas plásticas (acolchado plástico), sin embargo, la interacción de estos factores con el uso de fertilizantes orgánicos aún no está esclarecido en términos de rendimiento y características del fruto. El objetivo del estudio fue determinar la respuesta del rendimiento y características del fruto de piña MD-2 en función del tratamiento de fertilización, densidades de plantación y la utilización de cubierta plástica. Las plantas fueron establecidas en mayo 2018, en las densidades de 30,000, 50,000 y 70,000 plantas/ha, con o sin el uso de acolchado plástico y fertilizados con: (1) Testigo sin fertilización, (2) Fertilización convencional, de acuerdo con Rebolledo *et al.*, (2011), (3) incluyó: 20 t/ha del abono verde (*Crotalaria juncea*), 15 t/ha de lombricomposta base seca, 2 t/ha de cal dolomítica, 4 kg/ha de micorriza, cinco aplicaciones de microorganismos locales líquidos al 20% a 50 mL/planta, dos aplicaciones de supermagro al 15%, y polisulfato (Coctel INIFAP 1), (4) Coctel INIFAP 1, sin *Crotalaria juncea* (Coctel INIFAP 2), (5) Orgánico comercial: 15 t/ha de lombricomposta y 4 kg/ha de micorriza y (6) 50% de fertilización mineral + 50% fertilización orgánica comercial. En la cosecha (mayo 2019) se detectó que tanto el rendimiento (t/ha) como el peso (kg) y dimensión de fruto (cm) fueron afectados

<sup>55</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver. Méx. C.P. 91700, México. \*Autor por correspondencia: [peralta.nain@inifap.gob.mx](mailto:peralta.nain@inifap.gob.mx); [peraltanain@gmail.com](mailto:peraltanain@gmail.com)

<sup>56</sup>Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Av. Universidad Tecnológica 1, Col. Barrio La Villita, Tecamachalco, Pue. CP 75483.





por la densidad de plantación utilizada, por lo tanto, este factor debe ser considerado en nuevas plantaciones de piña. La cubierta plástica promovió frutos con mayor peso de corona y redujo el contenido de sólidos solubles, por lo que, se debe considerar este factor en otros estudios enfocados en la calidad de la fruta. Se corroboró la eficacia de la fertilización mineral y también se demostró que la fertilización orgánica y el Coctel INIFAP 1 son alternativas viables para reemplazar parcial o totalmente a la fertilización mineral.

**Palabras clave:** *Ananas comosus*, *Crotalaria juncea*, nitrógeno, micorrizas

## Introducción

La densidad de plantación utilizada en el cultivo de la piña es un factor que afecta el tamaño de fruto y también el volumen de producción. Diversos estudios realizados en diferentes regiones productoras y en distintos genotipos de piña, han demostrado que las dimensiones y el peso de fruto pueden decrecer a medida que se incrementa la densidad de plantación (Souza *et al.*, 2009; Genefol *et al.*, 2017), sin embargo, el efecto en el rendimiento puede ser opuesto, ya que se ha observado que el volumen de producción por hectárea aumenta, a medida que se incrementa la densidad de plantación (Vélez-Ramos *et al.*, 1991; Selamat y Masaud, 2002).

El uso de la cubierta plástica, es una práctica agronómica común en las regiones productoras de piña en México, entre los beneficios reportados se destaca la conservación del suelo durante el ciclo productivo, retención de humedad y control de arvenses en la fase inicial del desarrollo de las plantas (Rebolledo *et al.*, 2006; Uriza *et al.*, 2018). Estudios previos han demostrado que su utilización afecta el rendimiento y también las características del fruto, principalmente su tamaño (Amorim *et al.*, 2013; Markos, 2014).

La práctica de fertilización es necesaria en el cultivo de piña para asegurar rendimientos rentables en las plantaciones comerciales. Aunque se ha demostrado que la fertilización mineral tiene efecto tanto en el rendimiento como en las características del fruto (Silva *et al.*, 2015), el uso exclusivo y continuo de estos



insumos han generado efectos negativos en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, además de incrementar la probabilidad de contaminación de depósitos de agua, incluso, en dosis excesivas puede ocurrir decremento del rendimiento por la acumulación de sales en el suelo (Vélez-Ramos *et al.*, 1991). Lo anterior, ha llevado a que nuevas estrategias de fertilización sean desarrolladas para reemplazar de forma parcial o total a los insumos químicos, entre las diversas alternativas se encuentra la utilización de materia orgánica en la forma de composta, especies vegetales fijadoras de nitrógeno atmosférico, biofertilizantes conocidos como supermagro y nuevos fertilizantes que aportan bases catiónicas y (K, Ca, Mg) y azufre (Liu y Liu, 2012; Silva *et al.*, 2016). Estas fuentes nutrimentales pueden ser potencializadas por el uso hongos micorrizas arbusculares y microorganismos benéficos, que pueden participar en la absorción de nutrientes o en acelerar el proceso de mineralización de los nutrientes que son aplicados en forma orgánica (Santos *et al.*, 2011).

Las expectativas positivas por el uso de las alternativas de fertilización antes mencionadas y su combinación con el empleo de acolchado plástico y altas densidades de plantación, debe ser demostrado y corroborado en experimentos de campo antes de ser recomendado a nivel comercial. Aunque se han realizado estudios previos con el uso de materia orgánica en la principal región productora de México, la aplicación ha sido para sustituir parcialmente a la fertilización mineral, las dosis no exceden las 10 t/ha y no se detectó diferencias entre tratamientos (Uriza *et al.*, 2018). Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo, determinar la respuesta del rendimiento y características del fruto de piña MD-2 en función del tratamiento de fertilización, densidades de plantación y la utilización de cubierta plástica.



## Materiales y métodos

### Densidades de plantación

Vástagos de piña MD-2 de 800 g fueron sembrados en el rancho El Quilate (20/12/2017), municipio de Isla, Veracruz en tres densidades de plantación (30,000, 50,000 y 70,000 plantas/ha), cada densidad se estableció con o sin el uso de cubierta plástica (CP) en el suelo. Los suelos son predominantes del tipo cambisol dístico (Zetina *et al.*, 2002; Campos, 2011) y el clima está clasificado como cálido Subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación y temperatura media anual de 1200 a 1600 mm y 24 a 26°C, respectivamente (Soto y Giddings, 2011).

### Tratamientos y diseño experimental

Las plantas fueron manejadas con seis tratamientos de fertilización: (1) Testigo sin fertilización; (2) Fertilización convencional, de acuerdo con Rebolledo *et al.* (2011); (3) incluyó la utilización 20 t/ha del abono verde (*Crotalaria juncea*), 15 t/ha de lombricomposta base seca, 2 t/ha de cal dolomítica, 4 kg/ha de micorriza, cinco aplicaciones de microorganismos locales líquidos al 20% a 50 mL por planta, dos aplicaciones de supermagro al 15%, y polisulfato (Coctel INIFAP 1); (4) Coctel INIFAP 1, sin incluir la *Crotalaria juncea* (Coctel INIFAP 2); (5) Orgánico comercial, que consistió en 15 t/ha de lombricomposta y 4 kg/ha de micorriza y; (6) 50% fertilización mineral + 50% fertilización orgánica comercial. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con tres bloques, el arreglo de tratamientos fue en parcelas divididas, la densidad de plantación constituyó la parcela grande, la cubierta plástica constituyó la parcela mediana y los tratamientos de fertilización constituyeron la parcela chica.

### Rendimiento y características del fruto

El rendimiento fue estimado al multiplicar el peso promedio de 10 frutos representativos obtenidos de plantas con competencia completa en cada unidad experimental, por el número de plantas de establecidos en una hectárea (30,000, 50,000 o 70,000). A tres frutos de cada unidad experimental se les midió las



siguientes variables: longitud, diámetros (superior, medio e inferior) y contenido de sólidos solubles (°Brix).

### **Análisis de datos**

Fue realizado el desdoblamiento de las interacciones densidad de plantación/cubierta plástica/tratamientos de fertilización. Se utilizó media aritmética y desviación estándar para presentar las diferencias entre los tratamientos de fertilización.

### **Resultados y discusión**

#### **Rendimiento**

Se observó el efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento, el cual disminuyó, al reducir la densidad de plantación. Los rendimientos fueron de 64-122, 61-105 y 37 y 61 t/ha para las densidades de 70,000, 50,000 y 30,000 plantas/ha, respectivamente (Figura 1).

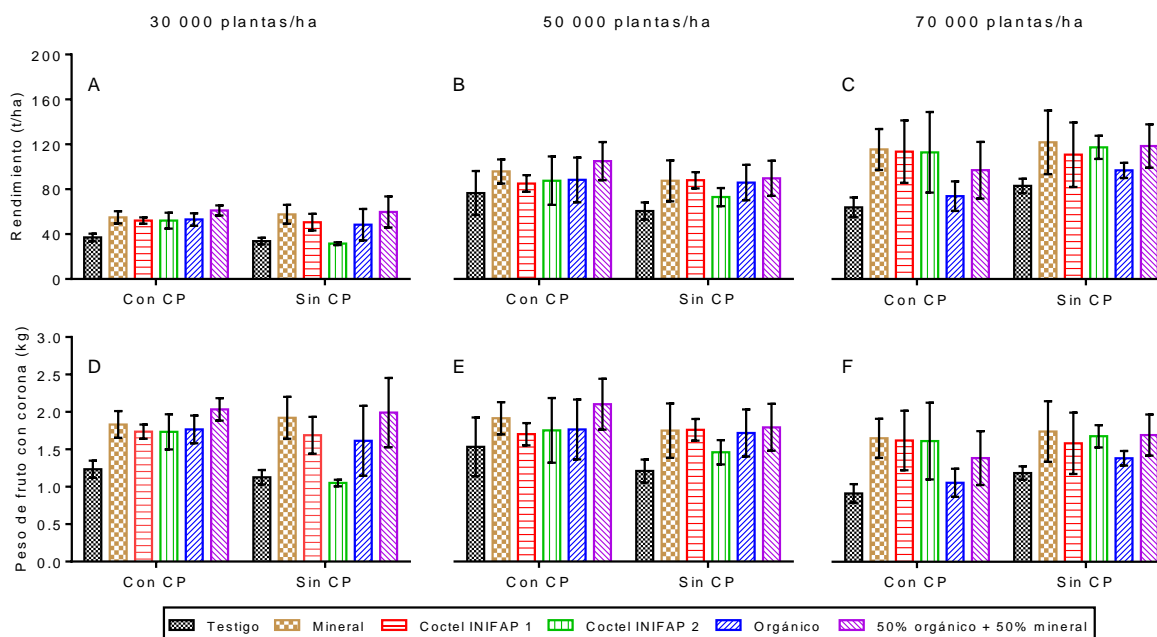
El efecto de la cubierta plástica (CP) se observó en las densidades de 30,000 y 70,000 plantas/ha. En la densidad de 30,000 plantas/ha, producidas con el Coctel INIFAP 2, se obtuvo un rendimiento de 52 t/ha con CP, que fue mayor el obtenido con el mismo tratamiento sin CP (Figura 1A). Por el contrario, en la densidad de 70,000 plantas/ha, las plantas con el tratamiento orgánico comercial y manejadas con CP, presentaron rendimientos de 64 y 74 t/ha, respectivamente, valores inferiores a los 83 y 97 t/ha, obtenidos con los mismos tratamientos solo que sin CP, respectivamente (Figura 1C).

El efecto de los tratamientos de fertilización fue detectado en la densidad de 30,000 plantas/ha, con o sin CP, el rendimiento obtenido con testigo fue menor en comparación con los obtenidos en los tratamientos mineral, Coctel INIFAP 1 y 50% orgánico + 50% mineral (Figura 1 A). En la densidad de 50,000 plantas/ha, sin cubierta plástica, también se observó el efecto de los tratamientos de fertilización, las 61 t/ha obtenido en el testigo fue menor a los 88 t/ha obtenido con la fertilización





mineral. De igual forma se detectó en el efecto de la fertilización en la densidad de 70,000 plantas/ha, el rendimiento del testigo fue inferior de los tratamientos mineral (con o sin CP), Coctel INIFAP 1 (con CP), Coctel INIFAP 2 (sin CP) y 50% orgánico + 50% mineral con CP (Figura 1 A, B, C).



**Figura 1. Rendimiento y peso del fruto con corona de piña MD-2 establecido en tres densidades de plantación, con o sin el uso de cubierta plástica y manejado con diferentes tratamientos de fertilización, en la región de Isla, Ver.**

El incremento del rendimiento de frutos al aumentar la densidad de plantación ya ha sido observado en otros estudios (Souza *et al.*, 2009; Généfol *et al.*, 2017), lo cual se atribuye al mayor número de frutos obtenidos por hectárea. Aunque un estudio previo se reportó que la CP promueve mayor rendimiento de fruto (Markos, 2014), en este estudio ese efecto fue observado de forma parcial, ya que, en la menor densidad de plantación si se observó el efecto positivo de la CP, pero, en la densidad intermedia el efecto fue nulo, mientras que, con la mayor densidad de plantación el efecto de la CP fue negativo. Lo anterior indica que además de la CP, existieron otros factores bióticos u abióticos que influyeron en el rendimiento del fruto. Por otra parte, se corroboró el efecto benéfico de la fertilización mineral ya que fue el único tratamiento que promovió mayor rendimiento en comparación con él testigo, en



las tres densidades de plantación; también se demostró los efectos positivos de la fertilización orgánica capaz de substituir total o parcialmente a la fertilización mineral, ya que el Coctel INIFAP 1 y el tratamiento 50% orgánico + 50% mineral, superaron al testigo en dos de las tres densidades de plantación evaluadas.

### **Características del fruto**

El efecto de la densidad de plantación en el peso de fruto con corona se observó en el tratamiento testigo y orgánico manejados con CP, donde, una menor densidad (30,000 plantas/ha) favoreció la ganancia de peso en comparación con las establecidas a la mayor densidad (70,000 plantas/ha) (Figura 1 D, F). El efecto de la densidad fue opuesto en las plantas fertilizadas con Coctel INIFAP 2 y sin CP, ya que los frutos obtenidos de la densidad de 30,000 plantas/ha fue menor en comparación a los obtenidos en las densidades de 50,000 y 70,000 plantas/ha (Figura 1 D, E, F). El efecto de la CP se observó en la densidad de 30,000 plantas/ha, con el tratamiento Coctel INIFAP 1, el peso de fruto proveniente de plantas manejadas con CP fue mayor al de las plantas manejadas sin CP (Figura 1 D). Situación contraria ocurrió en la densidad de 70,000 plantas/ha, donde los tratamientos testigo y orgánico manejado con CP estimularon plantas con menor peso en comparación con las producidas sin CP (Figura 1 F).

El efecto de la densidad de plantación en el peso de corona se observó principalmente en las plantas que fueron fertilizadas con el tratamiento mineral, ya que, tanto con o sin el uso de CP, la corona de los frutos obtenidos de la densidad de 30,000 plantas/ha fue mayor al de frutos obtenidos de plantas establecidas a 70,000 plantas/ha (Figura 2 A, D). El efecto de la CP se observó principalmente en las plantas no fertilizadas, ya que, en las tres densidades de plantación, las plantas manejadas con CP estimularon coronas con pesos superiores al de los obtenidos de plantas manejadas sin CP (Figura 1 A, B, C). El efecto de los tratamientos de fertilización se observó en las diferentes densidades de plantación, con o sin el uso de CP. Fue el Coctel INIFAP 1 quien presentó efectos consistentes, en la densidad de 30,000 y 50,000 plantas/ha, sin el uso de CP, este tratamiento promovió mayor peso de corona en comparación con el testigo (Figura 2 A, B). De igual forma, en la

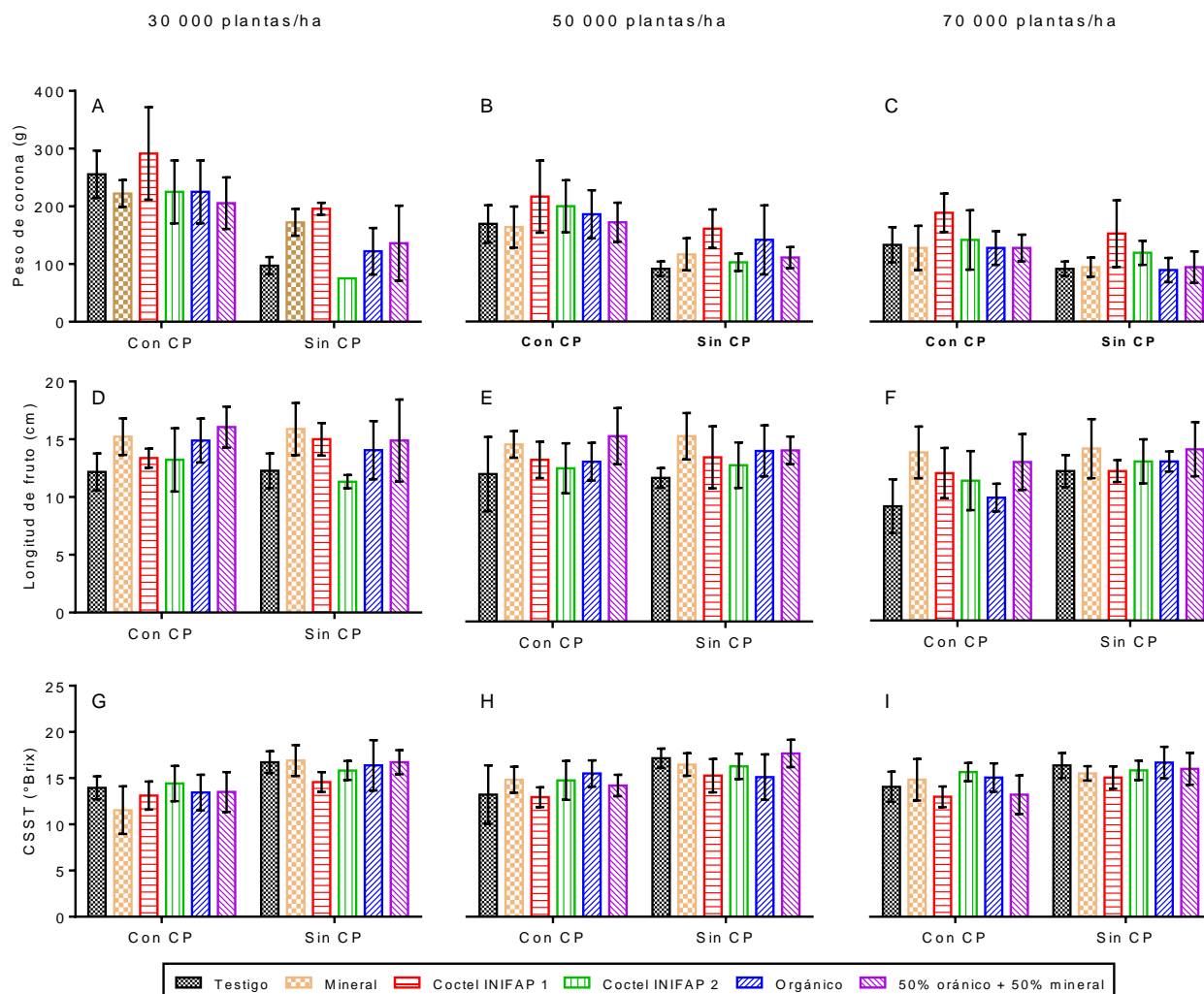


densidad de 70 000 plantas/ha, con el uso de CP, las plantas fertilizadas con el Coctel INIFAP 1 mostraron mayor peso de corona en comparación con las fertilizadas con 50% orgánico + 50% mineral (Figura 2 C).

Se detectó efecto de la densidad de plantación en la longitud del fruto en los tratamientos Coctel INIFAP 1 (sin CP) y Orgánico (con CP), en ambos casos, las plantas establecidas a 30,000 plantas/ha promovieron frutos con mayor longitud en comparación con las plantas establecidas a 70,000 plantas/ha (Figura 2 D, F). El efecto de la CP únicamente se detectó en la densidad de 70,000 plantas/ha, ya que, plantas fertilizadas con el tratamiento Orgánico y manejados con CP produjeron frutos con mayor longitud en comparación a los manejados sin CP (Figura 2 F).

El efecto de los tratamientos de fertilización fue detectado, en la densidad de 30,000 plantas/ha con CP y 50,000 plantas/ha sin CP, el testigo promovió frutos con menor longitud en comparación con el tratamiento 50% orgánico + 50% mineral (Figura 2 D, E). En la densidad de 50,000 y 70,000 plantas/ha manejadas sin CP, la longitud del fruto obtenido del testigo fue inferior al de plantas manejadas con fertilización mineral (Figura 2 E, F).

El contenido de sólidos solubles no fue afectado por la densidad de plantación. El efecto de la CP se observó en la densidad de 30,000 plantas/ha, con los tratamientos testigo y mineral, en ambos casos, menor °Brix se observó en frutos obtenidos de plantas manejadas con CP en comparación con las manejadas sin CP. En la densidad de 50,000 plantas, con el tratamiento 50% orgánico + 50% mineral se observó una situación similar, al presentar menor concentración de °Brix en frutos provenientes de plantas manejadas con CP (Figura 2 G, I). El efecto de tratamientos en el contenido de sólidos solubles totales, únicamente se detectó en la densidad de 70,000 plantas/ha, establecidas sin CP, donde, el °Brix de frutos obtenidos en plantas fertilizadas con el Coctel INIFAP 1 fue menor en comparación con los fertilizados con el Coctel INIFAP 2 (Figura 2 I).



**Figura 2. Peso de la corona, longitud del fruto y contenido de sólidos solubles totales (SCCT) de la pulpa de piña MD-2 establecido en tres densidades de plantación, con o sin el uso de cubierta plástica y manejo con diferentes tratamientos de fertilización, en la región de Isla, Ver.**

Reducción del tamaño del fruto con el incremento de la densidad de plantación ha sido reportado en un estudio previo desarrollado en la región de Isla, Veracruz, en los cultivares 'Champaka', 'MD-2' y 'Cayena Lisa', con diferencias principalmente entre las densidades de 30,000 y 60,000 plantas/ha (Rebolledo *et al.*, 2006), la cual se atribuye al incremento de la competencia por los recursos agua, nutrientes y luz solar. No obstante, en este estudio, esa condición se cumplió parcialmente, pues se observaron efectos contrastantes, por una parte, las plantas no fertilizadas y establecidas a 30,000 plantas/ha presentaron mayor peso en comparación con las





plantas establecidas a 70,000 plantas/ha, sin embargo, eso cambió en las plantas fertilizadas con el Coctel INIFAP 1, donde las plantas establecidas a 30,000 plantas/ha produjeron frutos con pesos menores al obtenido de plantas establecidas a 50,000 y 70,000 plantas/ha, indicando que para esta variable en particular otros factores influyeron en el desarrollo del fruto. En este estudio también fue demostrado que el peso de la corona y la longitud del fruto, disminuyen a medida que se incrementa la densidad de plantación. El efecto de la cubierta plástica sobre el peso, dimensión y contenido de sólidos solubles totales del fruto de piña ya ha sido reportado por otros autores (Amorim *et al.*, 2013) y en este estudio su efecto fue diferente en función de la variable estudiada. En el peso de fruto con corona la cubierta plástica fue positiva en plantas fertilizadas con el Coctel INIFAP 1 y establecidas en la densidad de 30,000 plantas/ha, pero fue negativa en plantas testigo o fertilizadas con el tratamiento orgánico y establecido en la densidad de 70,000 plantas/ha. Por otra parte, el mayor peso de corona obtenido de las plantas manejadas con cubierta plástica, indica que la protección del suelo estimuló una mayor retranslocación de fotoasimilados hacia la corona, lo cual favoreció su crecimiento. Tanto la longitud del fruto como el contenido de sólidos solubles fueron afectados negativamente por el uso de la cubierta plástica, ya que, menor longitud y menor °Brix se obtuvieron en los frutos provenientes de plantas manejadas con acolchado plástico, se deduce que esta respuesta fue consecuencia del mayor crecimiento de las coronas y corrobora que hubo retranslocación de fotoasimilados del fruto hacia la corona. El efecto de la fertilización en las características del fruto ya ha sido reportado por diversos autores, tanto aplicados con fertilización mineral (Spironello *et al.*, 2004; Hartinee *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2015) como aplicados con fertilización orgánica (Mahmud *et al.*, 2018). En este estudio la fertilización mineral fue quien presentó mayor efecto en las características del fruto, promovió mayor peso de fruto con corona, peso de corona y longitud del fruto en comparación con las plantas no fertilizadas, sin embargo, provocó disminución en el contenido de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto. La mezcla de fertilizantes 50% orgánico + 50% mineral afectó positivamente el peso de fruto con corona, el peso de corona y la longitud del fruto, sin embargo, no



presentó ningún efecto en el contenido de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto. El Coctel INIFAP 1 se presenta como una alternativa de fertilización ya que además de afectar el rendimiento, estimula mayor peso de fruto con corona, mayor peso de corona y longitud del fruto, aunque, también reduce el contenido de sólidos solubles totales en el fruto.

## Conclusiones

1. Tanto el rendimiento como el peso y dimensión de fruto fueron afectados por la densidad de plantación utilizada, por lo tanto, este factor debe ser considerado en la planeación de las nuevas plantaciones de piña.
2. La cubierta plástica promovió frutos con mayor peso de corona y redujo el contenido de sólidos solubles, por lo que, en otros estudios enfocados en la calidad de la fruta debe ser considerado este factor. Se corroboró la eficacia de la fertilización mineral.
3. Se demostró que la fertilización orgánica y el Coctel INIFAP 1 son alternativas para reemplazar parcial o totalmente a la fertilización mineral, in embargo, antes de ser recomendados a nivel comercial se debe considerar la factibilidad de su utilización.

## Agradecimientos y/o fuente financiadora

La investigación fue financiada por INIFAP, a través del proyecto: Generación de tecnología para la producción de piña orgánica hacia un agroecosistema amigable con el ambiente. N° de proyecto SIGI: 9574034272.



## Literatura citada

- Amorim, A. V., D. D. S. Garruti, C. F. de Lacerda, C. F. H. Moura and E. Gomes F. 2013. Postharvest and sensory quality of pineapples grown under micronutrients doses and two types of mulching. *African Journal of Agricultural Research* 8(19):2240-2248.
- Campos, C. A. 2011. Caracterización y distribución del suelo. *In*: Soto, E. M. H. Rodríguez H., E Boege S., E. E. de J Sedas L., W. Márquez R., M. E. Primo C., et al.(eds.). *La biodiversidad en Veracruz, estudio de estado*. 1:69-84.
- Genefol, O., C. Brahim, B. E. Lezin, C. Mamadou, S. Fatogoma, D. A. Emmanuel and Y. Eugene. 2017. Effects of planting bed and density on the yield of pineapple (*Ananas comosus* L. var., MD2) grown in short rainy season in Southern Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Agricultural Research* 11(1):18-25.
- Hartinee, A., M. Zabedah and M. Malip. 2011. Effects of N and K on plant biomass, yield and quality of 'Maspine' pineapple fruit grown on Rasau soil. *Acta Horticulturae* 902:269-274.
- Liu, C. H. and Y. Liu, 2012. Influences of organic manure addition on the maturity and quality of pineapple fruits ripened in winter. *Journal of soil science and plant nutrition* 12(2):211-220.
- Mahmud, M., R. Abdullah and J. Yaacob. 2018. Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy* 8(9):183.
- Markos, D. 2014. Effect of Mulch Type, Ground Cover Percentage and Sucker Management on Growth and Yield of Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merrill) under Growing Conditions of Sidama Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 4(6):27-32.
- Oliveira, A. M. G., M. E. C. Pereira, W. Natale, W. S. Nunes and C. D. S. Ledo. 2015. Qualidade do Abacaxizeiro'BRS Imperial'em função de doses de NK. *Revista Brasileira de Fruticultura* 37(2):497-506.



- Rebolledo M. A., D. Uriza A., L. Rebolledo M. y R. Zetina L. 2011. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. Libro Técnico Núm. 7. SAGARPA, INIFAP, FUNPROVER. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. 304 p.
- Rebolledo M. A., del Ángel P. A. L., Rebolledo M. L., Becerril R. A. E. y Uriza-Ávila D. 2006. Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(1):55-62.
- Santos, P. D., Freitas, M. S. M., Freitas, S. D. J., Silva, M. D. e Berilli, S. D. S. 2011. Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33(1):658-665.
- Selamat, M. B. M. and R. Masaud. 2002. Growth, yield and quality of pineapple cv. Josapine as affected by density and fertilizer rate grown on sandy soil in Malaysia. *Acta Horticulturae* 666:193-201.
- Silva, D. F., R. F. Pegoraro, Medeiros, A. C., Lopes, P. A. P., Cardoso, M. M. e Maia, V. M. 2015. Nitrogênio e densidade de plantio na avaliação econômica e qualidade de frutos de abacaxizeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45(1):39-45.
- Silva, R. P., Favreto, R., Santin, A., Bertoldo, J. G., Tonietto, A. e Abichequer, A. D. 2016. Calcário e biofertilizante na qualidade e rendimento de frutos de abacaxizeiro 'Pérola'. *Pesquisa Agropecuaria Gaúcha* 2(1/2):25-38.
- Soto, E M. y L. E. Giddings B. 2011. Clima. *In*: Soto, E. M. H. Rodríguez H., E Boege S., E. E. de J Sedas L., W. Márquez R., M. E. Primo C., *et al.*(eds.). La biodiversidad en Veracruz, estudio de estado (I):35-52.
- Souza, O. P., R. E. F. Teodoro, B. Melo e J. L. R. Torres. 2009 Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(5):471-477.
- Spironello, A., J. A. Quaggio, L. A. J. Teixeira, P. R. Furlani and J. M. M. Sigrist. 2004. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista brasileira de fruticultura* 26(1):155-159.
- Uriza A. D. E., A. Torres-Ávila, J. Aguilar-Ávila, V. H. Santoyo-Cortés, R. Zetina-Lezama y A. Rebolledo-Martínez. 2018. La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México 484 p.





Vélez-Ramos A., P. Márquez and C. Chao de Báez. 1991. Effect of N and K levels and planting density on pineapple fruit yield and quality. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 75(4):319-328.

Zetina L. R. L., A. J. Pastrana., M. Romero y J. A. Jiménez Ch. 2002. Manejo de los suelos ácidos para la región húmeda tropical de México. INIFAP-CIRGOC. Campos experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Libro técnico No. 10. México. 170 p.



## EFFECTO DEL PORTAINJERTO EN LA PRODUCCIÓN Y CAÍDA DE FRUTOS DE MANGO “MANILA”

Nain Peralta Antonio<sup>57\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>57</sup>, Yokebeth Atlamaic Toxtle<sup>58</sup>, Cynthia Cervantes Martínez<sup>57</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>57</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>57</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>57</sup> y María Enriqueta López Vázquez<sup>57</sup>

### Resumen

La caída de frutos de mango se puede intensificar por efecto de la alta velocidad del viento, un ejemplo son las plantaciones ubicadas en el litoral del Golfo de México. Una de las estrategias para reducir el efecto negativo del viento es disminuir el tamaño del árbol, siendo el uso de portainjertos una alternativa. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los portainjertos ‘Thomas’, ‘Julie’, ‘Esmeralda’, ‘Irwin Morado’, ‘Gomera 1’, ‘Chausa’ y ‘Criollo’ sobre la producción y caída de frutos de mango ‘Manila’ a los 11 años posterior a la plantación de los árboles. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones. No se observó el efecto del portainjerto en el número de frutos producidos, frutos cosechados, número y porcentaje de frutos derribados por el viento. De los 84 frutos producidos en promedio por árbol, 40 frutos fueron derribados por efecto del viento, lo que representó en promedio una pérdida de rendimiento del 63%. Se concluye que la caída y producción de frutos no fue afectada por el portainjerto. La caída de frutos se presentó con viento de velocidades mínimas de 46 km/h y se intensificó cuando alcanzó 77 km/h. Al final del ciclo de producción el efecto del viento puede ocasionar pérdida del 66% del total de frutos producidos.

**Palabras clave:** *Mangifera indica*, Portainjertos, cv. Manila, cv. Thomas

<sup>57</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver. Méx. C.P. 91700, México. \*Autor por correspondencia: [peralta.nain@inifap.gob.mx](mailto:peralta.nain@inifap.gob.mx); [peraltanain@gmail.com](mailto:peraltanain@gmail.com)

<sup>58</sup>Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Av. Universidad Tecnológica 1, Col. Barrio La Villita, Tecamachalco, Pue. CP 75483.



## Introducción

La caída de frutos en el cultivo de mango es una característica natural de la planta para ajustar su capacidad productiva en función de su vigor (Galan, 1999); sin embargo, en regiones productoras donde es común la presencia de viento, la caída de fruto se puede intensificar ante la presencia de fuertes vientos. En México, en las regiones productoras ubicadas en el Golfo de México, la caída de frutos de mango 'Manila' ha sido reportada por varios autores (Mata y Mosqueda, 1995; Mosqueda *et al.*, 1996) y a pesar de que se conoce el efecto negativo del viento en el rendimiento del fruto, la magnitud del daño ha sido poco estudiado (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2019).

En frutales, se emplean varias estrategias para reducir el efecto negativo del viento, entre ellas se encuentran el uso de barreras rompe vientos con plantas o con malla y el uso de la poda para reducir el tamaño del árbol (Cataldo *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2014). Otra estrategia que se puede utilizar para reducir el tamaño es el uso de portainjertos, y se espera que el menor tamaño del árbol influya indirectamente para disminuir el efecto negativo del viento, al reducir el porcentaje de exposición del árbol.

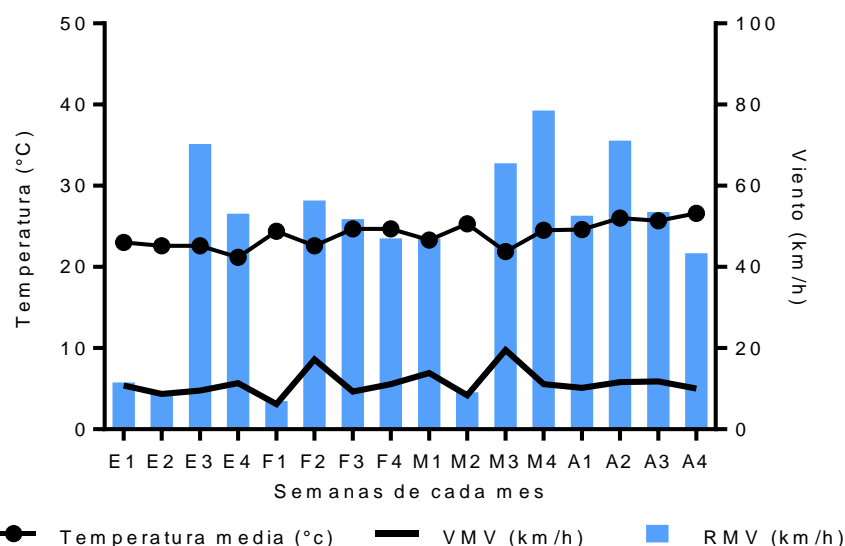
En la región central de Veracruz, a nivel experimental se observó que árboles de mango 'Manila' presentaron diferentes tamaños al octavo año de edad, en función del tipo de portainjerto utilizado. En el sexto año posterior al trasplante, se observó que el viento ocasionó una pérdida del rendimiento que fluctuó entre el 82% y 87% del peso de fruto producido por el árbol (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2019), sin observarse el efecto del portainjerto en la caída del fruto. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del portainjerto en la producción y caída de frutos en árboles de mango de 'Manila' de 11 años de edad.



## Materiales y métodos

### Portainjertos

En septiembre del 2006 se sembraron semillas en bolsas plásticas de los cultivares de mango de bajo porte ('Thomas' y 'Julie'), porte medio ('Esmeralda', 'Irwin Morado', 'Gomera 1' y 'Chausa') y una variedad criolla poliembriónica de porte alto ('Criollo'), que se obtuvieron del banco de germoplasma de mango, del Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP – Medellín, Veracruz, México (18° 56' 13" N; 96° 11' 38" W), para ser utilizados como porta-injertos. El mango cultivar Manila Cotaxtla 1 (en adelante denominado 'Manila') obtenido también del Campo Experimental Cotaxtla, fue injertado en todos los porta-injertos con el método de enchapado lateral, un año posterior a la germinación. Los árboles injertados fueron mantenidos en vivero hasta el trasplante. Estos árboles fueron trasplantados en febrero de 2008, en espaciamiento de 5 x 5 m (400 árboles/ha) dentro del Campo Experimental Cotaxtla. Los datos de temperatura media, velocidad media del viento y las rachas máximas de viento de la región central de Veracruz durante los meses enero – abril 2019, fueron obtenidos de Meteored (2019) (Figura 1).



**Figura 1. Temperatura media, velocidad media del viento (VMV) y rachas máximas de viento (RMV), presentados en la región central de Veracruz. Semanas del mes de enero (E1, E2, E3, E4), febrero (F1, F2, F3 y F4), marzo (M1, M2, M3 y M4) y abril (A1, A2, A3 y A4) de 2019. Fuente: Meteored (2019).**





### **Tratamientos y diseño experimental**

El diseño experimental fue en bloques al azar donde los porta-injertos representaron los tratamientos. Un árbol representaba una unidad experimental y cuatro repeticiones fueron utilizadas por tratamiento.

### **Caída de frutos**

Posterior al amarre de frutos y hasta la cosecha, en cada unidad experimental se contabilizó el número de frutos de frutos caídos, el registro únicamente se realizó inmediatamente posterior a cada evento de viento. Al momento de la cosecha (14/05/2019) se contabilizó el número total de frutos en cada unidad experimental. Con los datos de frutos caídos y frutos cosechados se estimó la cantidad de total de frutos producidos por el árbol, la cantidad total y el porcentaje de frutos derribados por efecto del viento.

### **Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza y comparaciones de media de Tukey ( $p < 0.05$ ) para comparar el efecto del portainjerto en la producción y caída de frutos, usando el paquete estadístico SAS 9.0 (Figura 2 y 3). Se realizó la transformación de datos a través de  $\sqrt{x+1}$  para la variable % de caída de frutos. Se utilizaron la media aritmética y desviación estándar para presentar el efecto del viento en la caída de frutos, considerando en conjunto todas las unidades experimentales (Figura 4).

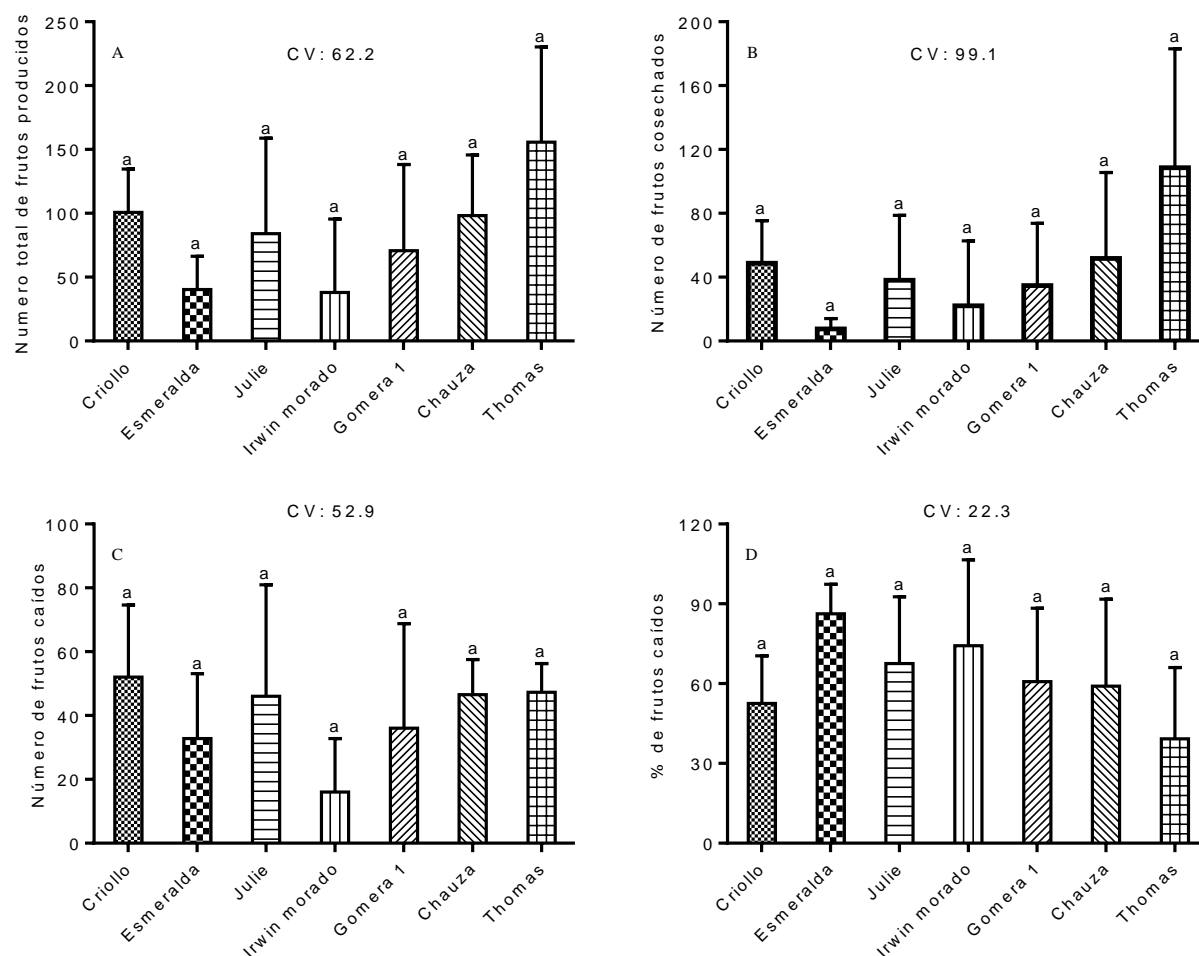
### **Resultados y discusión**

El efecto del portainjerto no se detectó en el número de frutos producidos, frutos cosechados, número y porcentaje de frutos derribados por el viento (Figura 2).

Inicialmente se esperaba el efecto del portainjerto en la producción de frutos, desde que, su efecto ha sido observado en el número de frutos cosechados y en el número total de frutos producidos en años anteriores (Rebolledo *et al.*, 2019). La ausencia de diferencia estadística entre portainjertos en las variables de producción y caída de



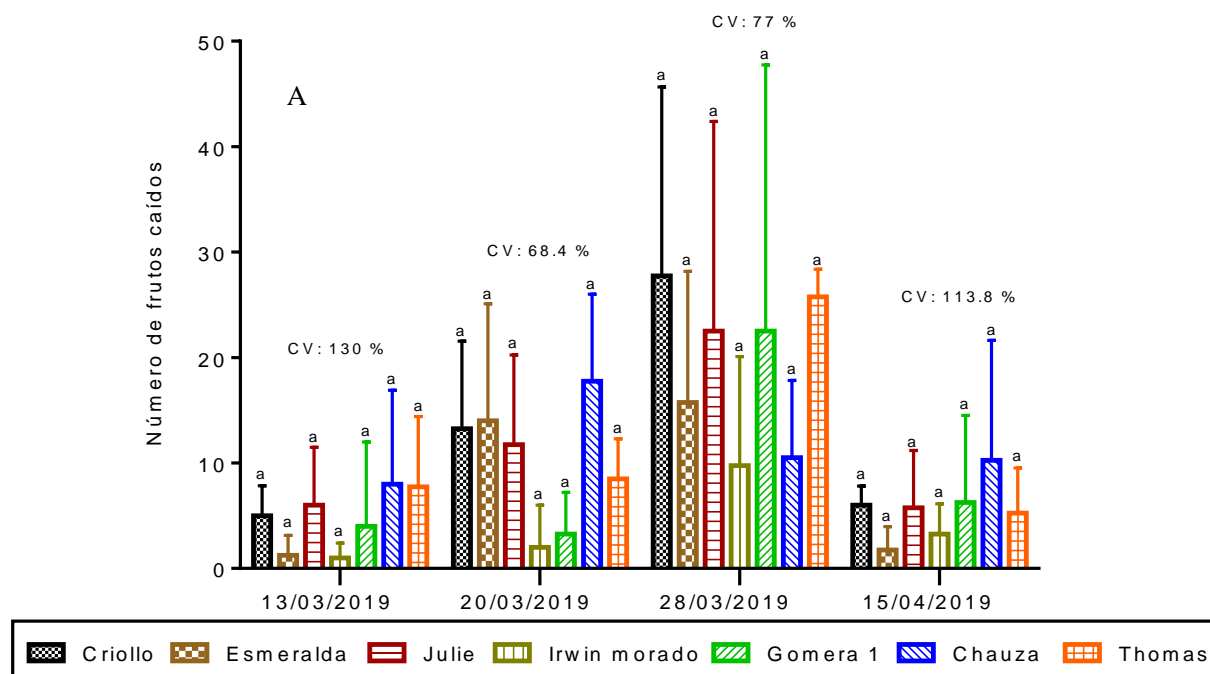
frutos, fue influenciada por la gran variación en los datos, lo cual se puede corroborar por los coeficientes de variación que fluctuaron entre 42% y 130% (Figura 2 y 3), entre los factores que pudieron influir en la variación de los datos están: la cantidad de flores producidas por árbol, posición de los árboles dentro de la plantación, exposición de los frutos al viento, alternancia del árbol y las características climáticas.



**Figura 2. Número total de frutos de mango 'Manila' producidos (A), cosechados (B), derribados por efecto de viento (C) y % total de frutos derribados por efecto del viento (D) en árboles injertados sobre diferentes especies de portainjertos. Datos de % de frutos caídos fueron transformados a través de  $\sqrt{x+1}$ . Barras representan la desviación estándar. CV = coeficiente de variación.**



No se observó el efecto del portainjerto en la caída de frutos (Figura 3). La mayor cantidad de frutos derribados por efecto del viento ocurrió a finales de marzo (en promedio 19 frutos por árbol) (Figura 4 A).

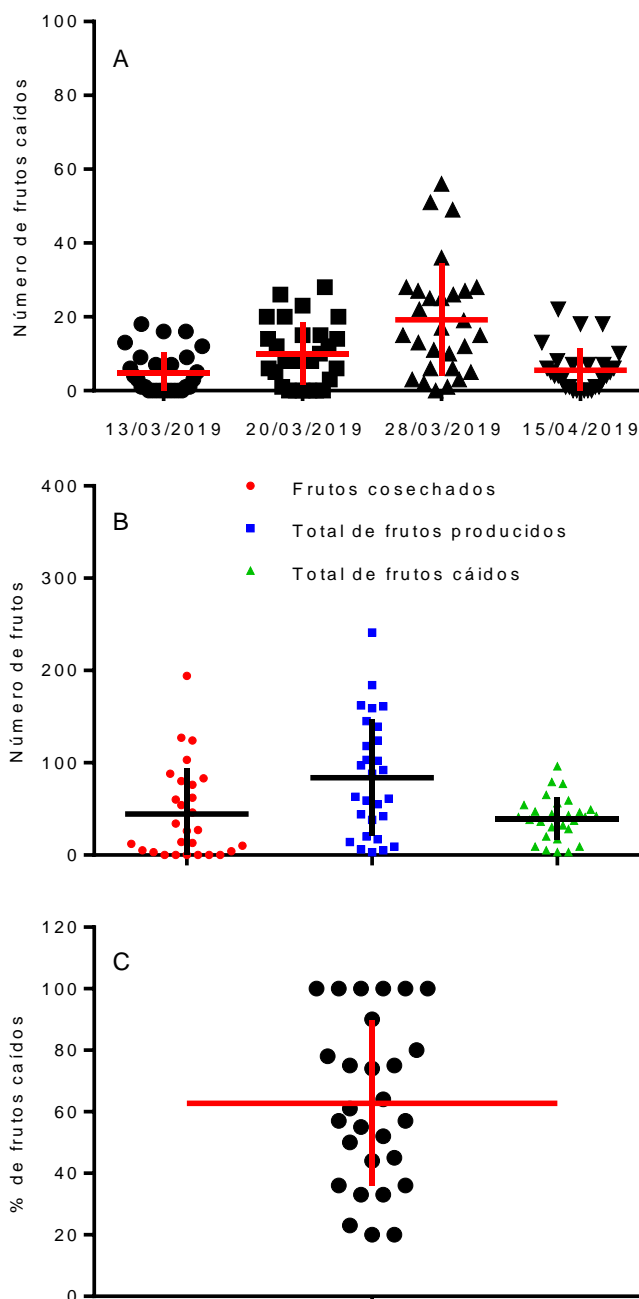


**Figura 3. Frutos de mango ‘Manila’ caídos por efecto del viento en diferentes fechas y en árboles injertados sobre diferentes especies de portainjertos. Barras representan la desviación estándar. CV = coeficiente de variación.**

El efecto del viento en la caída de frutos de mango ‘Manila’ ya ha sido reportado por otros autores (Mata y Mosqueda, 1995; Mosqueda *et al.*, 1996); sin embargo, no se mencionan la magnitud del efecto del viento en la caída del fruto. Inicialmente se esperaba efecto de los portainjertos en la caída de frutos, dado que los árboles presentan diferentes tamaños, menor frutos derribados se esperaba en árboles más compactos donde se utilizó ‘Esmeralda’ y ‘Thomas’ (en promedio 3.7 m de altura y 19 m<sup>2</sup> de diámetro de copa) en comparación con árboles de mayor tamaño donde se utilizó ‘Criollo’ y ‘Gomera’ (4.5 m y 27 m<sup>2</sup> de altura y diámetro de copa, respectivamente). La ausencia del efecto del portainjerto sobre la caída de frutos indica que la diferencia en el tamaño del árbol fue insuficiente para influir en la protección de los frutos. De los 84 frutos producidos en promedio por árbol, 40



frutos fueron derribados por efecto del viento, lo que representó en promedio una pérdida de rendimiento del 63% (Figura 4 B, C).



**Figura 4. Promedio de número de frutos de mango ‘Manila’ caídos por efecto del viento en diferentes fechas (A), total de frutos producidos, cosechados y derribados por efecto de viento (B) y % total de frutos derribados por efecto del viento (C). Línea horizontal representa media aritmética y línea vertical representa la desviación estándar.**





Durante el periodo de desarrollo del fruto las rachas máximas de viento alcanzaron velocidades entre 43 y 78 km/h, solo que, el mayor efecto del viento en la caída de frutos se observó a finales del mes de marzo y se atribuye a que en la última semana de este mes, se presentó la mayor velocidad de viento km/h (Figura 1). En estudios previos se observó que la caída de fruta puede ocurrir con velocidad del viento arriba de 65 km/h (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2019), y en este estudio se detectó que con velocidades de 46 km/h ya puede ocurrir caída de frutos. El efecto del viento en el rendimiento del fruto depende de la cantidad de frutos producidos en el árbol, en este estudio, en árboles que produjeron menos 50 frutos/árbol, la pérdida del rendimiento fue del 100%, mientras que en árboles que produjeron entre 100 y 240 frutos/árbol, la pérdida de rendimiento fluctuó entre 20% y 30%, estos valores se encuentran en el rango de valores observado en años anteriores en los mismos árboles (Rebolledo *et al.*, 2019).

## Conclusiones

1. Este estudio demostró que la producción de frutos no fue influenciada por el portainjerto, por lo que se deduce que la interacción de otros factores bióticos y fisiológicos del árbol influenciaron también en esta variable.
2. Se presentó caída de frutos con velocidad del viento mínimo de 46 km/h y se intensificó cuando alcanzó 77 km/h. Aunque se detectó que al final del ciclo de producción el viento puede ocasionar pérdida del 66% del total de frutos producidos, nuevos registros deben realizarse en el futuro para corroborar estos resultados y descartar efectos de alternancia, posición del fruto dentro del árbol y posición del árbol dentro de la plantación.

## Literatura Citada

Cataldo J., V. Durañona, R. Pienika y A. Gravina. 2011. Dinámicas del viento en quintas de cítricos y daño en los frutos. *Agrociencia Uruguay* 15(2):29-39.



- Galan, S. V. 1999. El cultivo del mango. Edic. Mundi-Prensa, Madrid, España. 298 p.
- Mata, B. I. y R. Mosqueda V. 1995. La producción del mango en México. Editorial Limusa S. A. de C. V. México D. F. 159 p.
- Meteored. 2019. Histórico del clima en Veracruz. Aeropuerto General Heriberto Jara Intl (MMVR). <https://www.meteored.mx/veracruz/historico>. [consultado el 01 de mayo de 2019].
- Mosqueda, V. R., F. de los Santos de la R., E. N. Becerra L., H. Cabrera M., D. A. Ortega Z. y A. L. del Angel P. 1996. Manual para cultivar mango en la planicie costera del Golfo de México. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP-CIRGOC. Folleto Técnico No. 15. Veracruz, México. 130 p.
- Rebolledo-Martínez, A., N. Peralta-Antonio, L. Rebolledo-Martínez, E. A. Becerril-Román and R. L. Rebolledo-García. 2019. Effect of rootstock in tree growth, dry matter, flowering, yield and quality of 'Manila' mango. *Scientia Horticulturae* 251:155-161.
- Rodríguez A., E. Thomas, H. Cancio y F. Menni. 2014. Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de río negro, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 40(2):208-212.



## FUNGICIDAS ORGÁNICOS COMO ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN DE COGOLLO Y RAÍZ EN PIÑA MD-2

María Enriqueta López Vázquez<sup>59\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>59</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>59</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>59</sup>, Nain Peralta Antonio<sup>59</sup>, Luis Pérez Aguilar, Daniel Emigdio Uriza Ávila<sup>59</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>59</sup>, Carlos Alberto Tinoco Alfaro<sup>59</sup> y Rigoberto Zetina Lezama<sup>59</sup>

### Resumen

La pudrición del cogollo y la raíz ocasionada por el hongo *Phytophthora* sp., es una enfermedad de importancia en el cultivo de la piña, principalmente en el híbrido MD-2. Su control se restringe exclusivamente a fungicidas de origen sintético, por lo que, otras alternativas deben generarse para disponer de métodos de control en sistemas de producción no agresivos al medio ambiente. El objetivo del estudio fue identificar productos orgánicos para el control de la pudrición del cogollo y raíz en plantas de piña. Los tratamientos fueron: 1. Testigo sin control; 2. Fosetyl-aluminio en dosis 4 kg/ha (convencional); 3. Producto comercial formulado con base en *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp., extractos vegetales y silicio (biológico) en dosis de 4 kg/ha; 4. Biológico + 10 t/ha de materia orgánica (biológico+MO); 5. Producto comercial elaborado con base en extractos vegetales y cobre (EV+Cu) en dosis de 5 L/ha; 6. Producto comercial elaborado con base en extracto de *Larrea tridentata* (gobernadora) a 6 L/ha; 7. Caldo sulfocalcio (sulfocalcio) en dosis de 6 L/ha.; 8. Caldo sílice sulfocúprico (Si sulfocacio) en dosis de 20 L/ha; 9. Caldo bordelés a razón de 14 L/ha; 10. Fosfito de potasio (fosfito) a 4 L/ha, y 11. Producto comercial elaborado con base en aceite de *Malaleuca alertrifolia* (árbol del té) a razón de 5 L/ha. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones; cinco macetas constituyeron la unidad experimental. Se detectaron diferencias estadísticas en el porcentaje de incidencia de la enfermedad entre los

<sup>59</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Centro de Investigación Golfo Centro del INIFAP. Km.34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. Mpio. Medellín de Bravo, Ver. C.P. 94270. Veracruz, Ver. \*lopez.enriqueta@inifap.gob.mx.



productos de control y el testigo a los 30, 65 y 95 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT). La velocidad de infección de las plantas varió en función del tiempo para cada tratamiento; el menor porcentaje de plantas enfermas se detectó en los primeros 15 DDAT. Se identificaron cinco productos de origen orgánico con potencial para el control de la pudrición del cogollo y raíz en piña MD-2. Se sugieren nuevos estudios que consideren otras dosis de aplicación y número de aplicaciones.

**Palabras clave:** enfermedad, raíz, cogollo, *Ananas comosus*; *Phytophthora nicotianae*

## Introducción

El cultivo de piña es susceptible al ataque de hongos fitopatógenos en diferentes fases del cultivo, tanto en plantas en desarrollo como en fructificación y cosecha. Entre las enfermedades fúngicas más importantes en este cultivo se encuentran las pudriciones de raíz y cogollo, causadas por *Phytophthora* spp. (Bartholomew *et al.*, 2003). La especie *P. nicotianae* se asocia como agente causal, tanto de pudrición de raíz, como del cogollo en el cultivo de piña (Bartholomew *et al.*, 2003; Espinosa-Rodríguez *et al.*, 2014; Rebolledo *et al.*, 2016).

En la región productora de Veracruz, el cultivar MD-2 va en expansión por su demanda en los mercados de exportación, sin embargo, este genotipo presenta mayor susceptibilidad a la pudrición del cogollo en comparación con otros cultivares comerciales (Espinosa-Rodríguez *et al.*, 2014; Rebolledo *et al.*, 2016). La pudrición de la raíz puede presentarse pocas semanas después de la siembra, que es el periodo de mayor susceptibilidad, con pérdidas del cultivo que pueden fluctuar entre el 80 y 100%. La *Phytophthora* prolifera principalmente en plantaciones establecidas en terrenos con mal drenaje, debido a la elevada humedad, provocada por la presencia de lluvia o riegos pesados. Otras condiciones que propician el desarrollo de estas enfermedades son las plantaciones que se encuentran infestadas por plagas del suelo como nematodos, sinfílidos y comején, o bien, las





que provocan daños o heridas a los tejidos de sus hojas de las que se pueden mencionar los ácaros y el picudo negro. La severidad también se incrementa a medida que el suelo es menos ácido ( $\text{pH} > 5$ ) (Rebolledo *et al.*, 2016).

Los síntomas generales de la pudrición del cogollo son la pérdida de crecimiento, cambio de coloración de las hojas del cogollo de verde claro a café rojizo, que en pocos días se marchitan, enrollan las puntas y mueren. La pudrición solo afecta la parte inferior y blanca de las hojas, formando una masa acuosa de olor fétido. Las plantas dañadas por pudrición de raíz causadas por *P. cinnamomi* muestran síntomas en las hojas parecidos a los que causa la pudrición del cogollo, con la diferencia de que el daño se generaliza en toda la hoja con pérdida regresiva de sus tejidos. Las plantas son afectadas gravemente en el sistema radical, al grado de que la planta pierde el soporte y puede arrancarse fácilmente (Rebolledo *et al.*, 2016).

El método de control para esta enfermedad incluye exclusivamente fungicidas químicos que actúan de manera sistémica y afectan directamente los conductos germinativos de los patógenos; uno de los fungicidas de uso generalizado es el fosetyl aluminio, que es un producto sistémico ascendente y descendente, de acción preventiva y curativa (Cohen y Coffey, 1986; Yañez *et al.*, 2012). A pesar de que los productos químicos son eficaces, en la mayoría de los casos, su uso continuo e indiscriminado, genera resistencia de los patógenos, además de que causan daños graves al ambiente, al suelo y a los seres humanos. Por lo que, en los últimos años han estado surgiendo alternativas menos agresivas con el ambiente y la salud humana, basados en extractos vegetales, microorganismos y sales minerales cacao (Adejumo, 2005; Ruiz *et al.*, 2010).

Diferentes extractos vegetales muestran una acción fúngica, debido a un grupo de metabolitos secundarios presentes en diferentes órganos de las plantas. Algunas especies con potencial para ser usadas como fungicidas biológicos son la *Larrea tridentata*, comúnmente conocida como gobernadora, que contiene fenoles, lignanos y flavonoides, capaces de repeler el ataque de animales herbívoros, hongos y otros microorganismos (Brinker, 1993; Lira-Saldivar, 2003). Entre los microorganismos con potencial de control se encuentran las bacterias de los géneros *Fusarium*, *Pseudomonas* y *Bacillus*, y hongos de los géneros *Gliocladium*



y *Trichoderma*. Estos agentes biológicos tienen mecanismos de acción mediante la competencia por espacio o nutrientes, mico-parasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno y resistencia inducida. (Fernández-Larrea, 2001; Danay et al., 2009). Las sales inorgánicas y otros compuestos de origen natural tienen la ventaja de que tiene bajo costo y baja toxicidad para mamíferos (Deliopoulos et al., 2010). Entre los ingredientes activos utilizados en la agricultura ecológica se encuentran el fósforo, cobre, azufre, calcio y silicio, que se aplican como tratamientos; entre los productos utilizados sobresalen el sulfato de cobre pentahidratado con acción preventiva y no curativa con alto espectro de acción, el caldo bordelés o sulfato cuprocalcio (Hislop, 1963; Cruz, 2004) y el caldo sulfocalcio que es el polifosfuro de calcio obtenido por la ebullición de una mezcla de lechada de cal y azufre (Guillen, 2008). Otras sales son las del ácido fosforoso con un ión metálico conocido como Fosfitos, los cuales tienen la capacidad de estimular los mecanismos de defensa natural de las plantas, mediante una respuesta sistémica inducida, y se han utilizado para el control de ciertos tipos de patógenos, principalmente Oomycetes. La acción anti-fúngica directa es mediante la inhibición de la esporulación, o de manera indirecta, estimulan a las plantas a generar autodefensas naturales conocidas con el nombre de fitoalexinas. En general, existen pocos ensayos de campo publicados que comparen el efecto del fosfito con los fungicidas convencionales (Daniel y Guest, 2005; Deliopoulos et al., 2010). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue identificar productos alternativos con potencial para el control de la pudrición de raíz de piña MD-2.

## **Materiales y métodos**

### **Siembra de hijuelos**

Para la obtención de suelo infestado, se identificó una plantación comercial de piña MD-2 con antecedente de daños por pudrición en la región productora de Los Robles, Medellín, Ver. (18° 58' 13.0" LN 96° 07' 03.0" LO). La presencia de plantas con síntomas de la enfermedad, exceso de humedad y presencia de esporas del hongo



en suelo, se utilizaron como criterios para definir la ubicación de la parcela donde se colectó el suelo que se utilizó en el experimento. Se aplicó cal dolomítica en dosis recomendada por Rebolledo *et al.* (2016) (con excepción de un tratamiento) para incrementar el pH del suelo recolectado de 4.9 a 6.00, con el propósito de favorecer la proliferación del patógeno.

En diciembre de 2018, en el Campo Experimental Cotaxtla, ubicado en Medellín, Ver. (18° 56' 13" LN; 96° 11' 38" LO), se sembraron hijuelos de piña MD-2 tipo corona de 170 g de peso promedio en macetas de plástico de 3.5 L, con suelo infestado de esporas de *P. cinnamomi*. Las macetas se mantuvieron bajo condiciones semi-controladas, en una estructura de casa sombra. Los estantes se construyeron (2.11 m x 1.30 m.) con postes de concreto para mantener a las macetas a una altura 60 cm.

### Tratamientos y diseño experimental

Se aplicaron 11 tratamientos que incluyeron productos a base de microorganismos, extractos vegetales y caldos minerales (Cuadro 1). Los caldos minerales se elaboraron de acuerdo con lo indicado por Restrepo y Jensei (2007) y Rebolledo *et al.* (2012).

**Cuadro 1. Tratamientos aplicados para el control de la pudrición de cogollo y raíz en el cultivo de piña MD-2.**

No.	Componente	Dosis
T1	Testigo sin control	
T2	Fosetyl-aluminio	4 kg/ha
T3	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Streptomyces</i> sp., extractos vegetales y silicio	4 kg/ha
T4	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Streptomyces</i> sp., extractos vegetales y silicio con materia orgánica	4 kg/ha + 10 /ha
T5	Extractos vegetales más cobre	5 L/ha
T6	Extracto de <i>Larrea tridentata</i>	6 L/ha
T7	Caldo sulfocalcio	20 L/ha
T8	Caldo sílice sulfocúprico	20 L/ha
T9	Caldo bordelés	14 L/ha
T10	Fosfito de potasio	4 L/ha
T11	Aceite de <i>Malaleuca alertrnifolia</i>	5 L/ha

En todas las unidades experimentales se realizó una aplicación de los tratamientos en la misma fecha. El mismo método de aplicación se utilizó para todos los



tratamientos, el cual consistió en aplicar la dosis de cada producto en la base de las plantas, con la ayuda de una jeringa de 50 mL. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas experimentales conformadas cada una por cinco macetas.

### **Incidencia de la pudrición de raíz**

A partir de los 10 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT), se inició el registro del número de plantas enfermas, que durante el primer mes se realizó diario y después dos veces por semana. Para determinar la presencia de la enfermedad se identificaron síntomas característicos en las plantas de acuerdo a lo reportado por Rebolledo *et al.* (2016). Los principales síntomas de la enfermedad que se tomaron en cuenta fueron: el desprendimiento de las hojas más jóvenes y la presencia de masa acuosa de olor desagradable en la base de las hojas. La toma de datos concluyó a los 95 días después de la aplicación de los tratamientos.

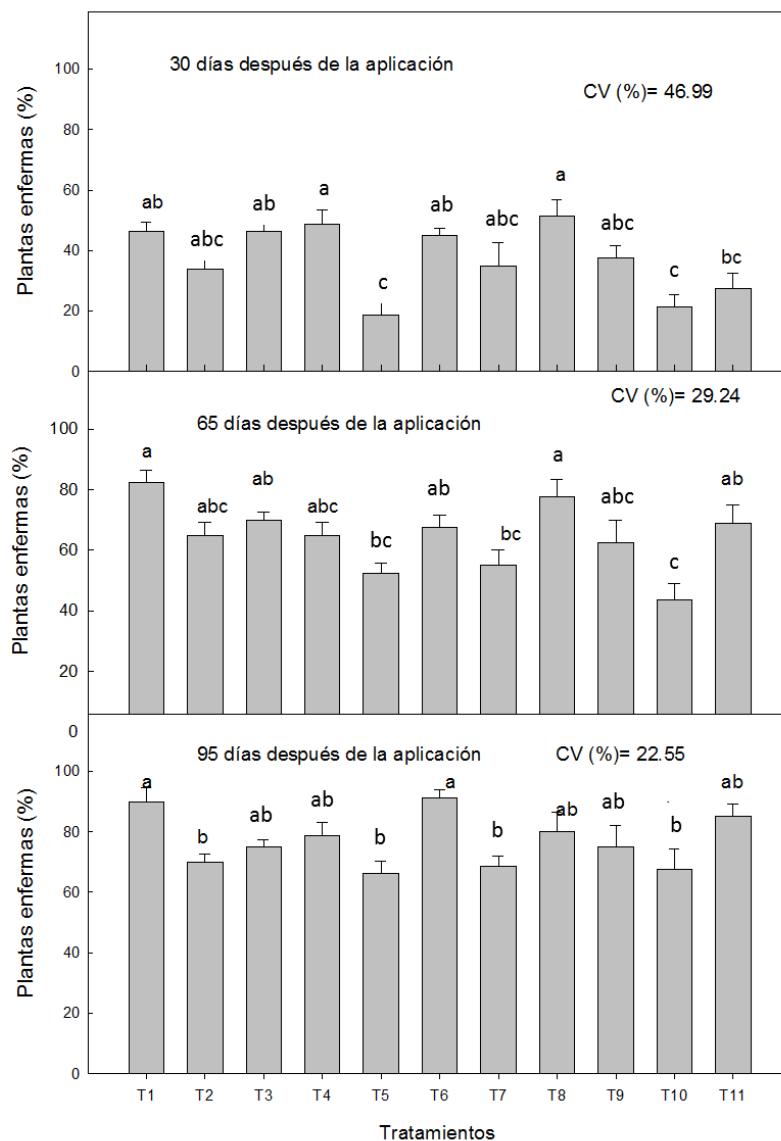
### **Análisis de datos**

Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para comparar el efecto de los tratamientos en la incidencia de la pudrición de la raíz a los 30, 65 y 95 días posteriores a la aplicación de los tratamientos. Se utilizaron las medias aritméticas con el error estándar, para mostrar la incidencia de la enfermedad, a través del tiempo. Los datos porcentuales no se transformaron, ya que se presentaron en un intervalo del 30 al 70% (Gomez y Gomez, 1984).

### **Resultados y discusión**

Se detectaron diferencias estadísticas en el porcentaje de incidencia de la enfermedad entre los productos de control y el testigo a los 30, 65 y 95 DDAT (Figura 1).





**Figura 1. Incidencia de la pudrición de la raíz en plantas de piña MD-2 a los 30, 65 y 95 después de la aplicación de los tratamientos de control: T1= Testigo sin aplicación; T2 = Fosetyl-aluminio; T3 = *Trichoderma* sp.+*Bacillus* sp.+*Streptomyces* sp.+Si; T4 = *Trichoderma* sp.+*Bacillus* sp.+*Streptomyces* sp.+Si+Materia orgánica; T5 = Extractos vegetales + cobre; T6 = Extracto de gobernadora; T7 = Caldo sulfocalcio; T8 = Caldo sílice sulfocúprico; T9 = Caldo bordelés; T10 = Fosfito de potasio; F11 = Aceite de árbol de té. Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

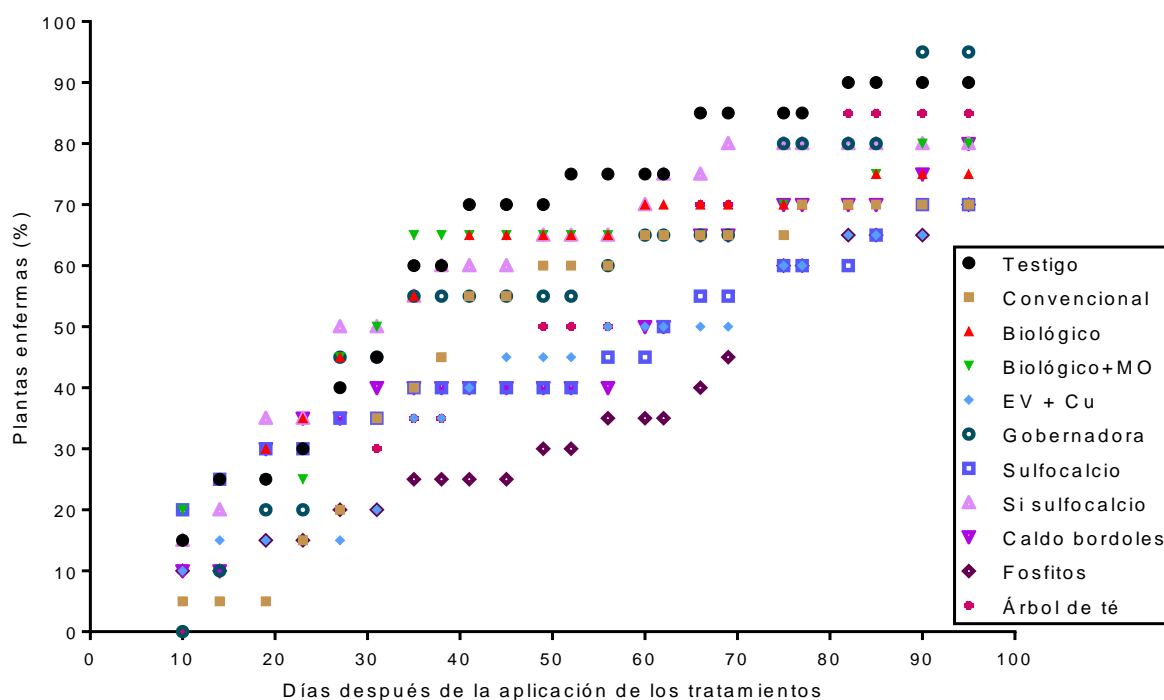
Se observó un efecto diferenciado ( $p > 0.05$ ) en el control de la enfermedad desde el inicio del experimento entre los diferentes tratamientos de control y el testigo sin



control, principalmente en los primeros 30 DDAT; sobresalen los tratamientos: fosetil aluminio, extractos de vegetales más cobre, sulfocalcio, caldo bordelés, fosfito de potasio y aceite del árbol de té, los cuales muestran más del 75% de control (Figuras 1 y 2).

El bajo porcentaje de plantas sanas en los tratamientos después de un mes de su aplicación, puede ser indicativo de que la dosis utilizada o que una sola aplicación de los fungicidas no fue suficiente para proteger a las plantas de los patógenos, principalmente aquellos que presentan acción de contacto como es el caso de los caldos minerales y el extracto de vegetales más cobre, en comparación a los fungicidas que tienen acción sistémica. Se deduce que los ingredientes activos al entrar en contacto con el suelo y microorganismos edáficos sufrieron una rápida degradación, principalmente aquellos de origen biológico elaborados con base en extractos de plantas. Por otra parte, los microorganismos *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp. y *Streptomyces* sp., incorporados al suelo con el tratamiento biológico, posiblemente se aplicaron en dosis insuficientes, o bien, la condición del microambiente no fue propicio para el desarrollo de estas especies, ya que, durante todo el experimento, el suelo se mantuvo en condiciones de humedad superior a la capacidad de campo, lo que redujo la disponibilidad de oxígeno.

La velocidad de infección de las plantas varió en función del tiempo para cada tratamiento, el menor porcentaje de plantas enfermas se detectó en los primeros 15 DDAT, momento en el que se detectó un porcentaje de incidencia inferior al 10% en plantas que fueron manejadas con el tratamiento convencional y menos del 25% en las plantas manejadas con gobernadora, fosfitos y extractos vegetales más cobre a los 30 DDAT, 50% de las plantas manejadas con sílice sulfocalcio y biológico + MO, ya presentaban síntomas de la enfermedad. Por otra parte, el tratamiento con mayor efecto en el tiempo fue fosfito de potasio, ya que la incidencia de plantas enfermas fue menor de 50% hasta los 70 DDAT (Figura 2).



**Figura 2. Evolución de la pudrición de la piña MD-2 durante 90 días, a partir de la aplicación de tratamientos de origen de control: T1 = Testigo sin aplicación; T2 = Fosetyl-aluminio (convencional); T3 = *Trichoderma* sp. + *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp. + Si (biológico); T4 *Trichoderma* sp. + *Bacillus* sp. + *Streptomyces* sp. + Si + materia orgánica (biológico + MO); T5 = Extractos vegetales + cobre (EV + Cu); T6 = Extracto de gobernadora (gobernadora); T7 = Caldo sulfocalcio (sulfocalcio); T8 = Caldo sílice sulfocúprico (Si sulfocalcio); T9 = Caldo bordelés; T10 = Fosfito de potasio (fosfito); T11 = Aceite de árbol de té (árbol de té).**

Aunque existan reportes de que los extractos vegetales controlan agentes patógenos que actúan como activadores o inductores exógenos de resistencia, mediante la producción de fitoalexinas (Riveros, 2001), o por efectos anti-fúngicos mediante la acción de fenoles, lignanos y flavonoides (Brinker, 1993; Lira-Saldivar, 2003), en este estudio, el tratamiento de extractos de vegetales más cobre fue el que mostró una mejor tendencia de control en los primeros 25 DDAT, periodo con el que se logró mantener 80% de las plantas sanas, y posteriormente ese valor disminuyó, al punto de que a los 35 y 95 DDAT se observó 45 y 5% de plantas sanas, respectivamente. *Baccillus subtilis*, reportado como un agente biológico para controlar *Fusarium oxysporium*, *Pythium ultimum* y *Phytophthora nicotianae*



(Fernández-Larrea, 2001), al igual que *Trichoderma* sp., el cual inhibe el crecimiento de *Phytophthora* sp. (Pérez, 2016), presentaron mejor tendencia de control cuando se aplicaron en conjunto con materia orgánica (biológico+MO) y específicamente durante los 25 DDTA. El mejor efecto de control de los caldos minerales se observó en los primeros 15 DDTA, donde lograron mantener entre 75 y 80% de plantas sanas. De los dos caldos minerales el que presenta una mejor tendencia de control de la pudrición es el sulfocalcio, con el que se consiguió mantener 60% de plantas sanas hasta los 60 DDTA. Por otra parte, el fosfito ya ha sido reportado con potencial para el control de hongos patógenos (Ruiz *et al.*, 2010; Gomez y Reis, 2011; Yañez *et al.*, 2012;), debido a que tienen la capacidad de afectar la síntesis de diferentes compuestos que contienen fósforo, que son esenciales para el crecimiento de *Phytophthora*, como el nicotinamida adenina dinucleótido (NAD), adenosín trifosfato (ATP) y nucleótidos (Peruch y Bruna, 2008), y ese potencial de control fue corroborado en este estudio, ya que, el fosfito fue el tratamiento que presentó el menor porcentaje de plantas enfermas hasta los 70 DDTA.

## Conclusiones

Se identificaron cinco productos de origen orgánico con potencial para el control de la pudrición del cogollo y raíz en piña MD-2. Se sugieren continuar con estudios que consideren otras dosis de aplicación y número de aplicaciones, así como su validación en campo.

## Literatura citada

- Adejumo, T. O. 2005. Crop protection strategies for major diseases of cocoa, coffee and cashew in Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 4(2):143-150.
- Bartholomew, D. P., R. E. Paull and K. G. Rohrbach. 2003. *The Pineapple. Botany, production and uses.* University of Hawaii, Honolulu. CABI Publishing. USA. 328 p.





- Brinker, F. 1993. *Larrea tridentata* (DC) Coville (chaparral or creosote bush). *British Journal of Phytotherapy* 3:10-31.
- Cohen, Y. y M. D. Coffey. 1986. Fungicidas sistemáticos y control de oomicetos. *Revisión Anual de Fitopatología* 24:311-338.
- Cruz, A. M. 2004. El caldo bordelés, preparación y usos. INIA.
- Daniel, R. and D. Guest. 2005. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. *Physiol. Mol. Plant Pathology* 67(3-5):194-201.
- Deliopoulos, T., P. S. Kettlewell and M. C. Hare. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Protection* 29(10):1059-1075.
- Espinosa-Rodríguez, C. J., D. Nieto-Ángel, C. De León-García A., A. Villegas-Monter, L. A. Aguilar-Pérez y V. Ayala-Escobar. 2014. Etiología de la pudrición del cogollo de la piña (*Ananas comosus* L. Merrill) cultivar MD-2 en Isla, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33(1):104-115.
- Fernández-Larrea, V. O. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 62:96-100.
- Gómez, D. E. y E. M. Reis. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Química Viva* 10(1):6-17.
- Gomez, K. A and A. A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. J. Wiley & Sons. New York, USA. 680 p.
- Guillen, A. 2008. Azufres de uso agrícola (fungicidas). *Monografías.com*. <http://www.monografías.com/trabajos11/azufragr/azufragr.shtml> [consultado el 11 de julio de 2019].
- Hernández, M. A., L. Muiño B., C. Rosón y C. Cazola. 2011. Hongos y oomicetes fitopatógenos en viveros de piña *Ananas comosus* (L.) Merrill en Ciego de Ávila, Cuba. *Fitosanidad* 15(3):137-142.
- Danay, I., B. Martínez, N. González e Y. Reyes. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal* 24(1):14-21.
- Hislop, E. C. 1963. Studies on the chemical control of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. On *Theobroma cacao* L. in Nigeria. *Annals of Applied Biology* 52(3):465-480.



- Lira-Saldívar, R. H. 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C.) Coville]. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(2):214-222.
- Pérez, A. L. A. 2016. Etiología y control de la pudrición del cogollo de la piña. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 102 p.
- Peruch, L. A. M. y E. D. Bruna 2008. Relação entre doses de calda bordalesa e de fosfito potássico na intensidade do míldio e na produtividade da videira cv. 'Goethe. *Ciência Rural* 38(9):2413-2418.
- Rebolledo, M. A., D. E. Uriza A., A. Del Ángel P., L. Rebolledo M. y R. Zetina L. 2016. La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD-2. Libro Técnico No. 38. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 324 p.
- Rebolledo, M. L., J. Nataren V., A. Rebolledo M. y A. Del Ángel P. 2012. Elaboración de productos orgánicos, bocashi, microorganismos locales, bioestimulantes, humo líquido y sulfocalcio. Folleto para Productores No. 17. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 33 p.
- Restrepo, R. J. y J. Hansel. 2007. El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. Manual Práctico. Santiago de Cali, Colombia. 258 p.
- Riveros, A. A. S. 2001. Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible. *Revista Manejo Integrado de Plagas* 6:4-11.
- Ruiz, N., L. Quiroga y M. D. Lozano-Tovar. 2010. Aislamiento del agente causal de la pudrición radicular del maracuyá y evaluación de alternativas para su control en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 34(2):1-4.
- Yáñez, J. M. G., J. F. León de la Rocha, T. P. Godoy A., R. Gastélum L., M. López M., J. E. Cruz O. y L. Cervantes D. 2012. Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *REMEXCA* 3(2):259-270.



## PIMIENTA GORDA *Pimenta dioica* EN CAFETALES DEL NORORIENTE DE PUEBLA Y CENTRO-NORTE DE VERACRUZ

Rosalío López Morgado<sup>60\*</sup>, Rafael Alberto Guajardo Panes<sup>60</sup> y Luis Eduardo García Mayoral<sup>60</sup>

### Resumen

En México el café se produce casi totalmente bajo sistemas sombreados generándose un agroecosistema que conserva en gran parte la estructura y funcionamiento de los ecosistemas boscosos que reemplazó, por lo que preservar el agroecosistema café en las regiones productoras de este aromático en el país, ecológicamente; es una prioridad. Sin embargo, la cafecultura mexicana ha experimentado una fuerte caída en sus volúmenes de producción, lo cual se atribuye principalmente a la vulnerabilidad del sector hacia la volatilidad del precio internacional y a la severidad de la roya del cafeto a partir del ciclo de cultivo 2012-2013. La estrategia más viable socialmente es la que contempla adoptar la característica común de un cafetal tradicional; la presencia de un estrato arbóreo y a partir de éste, propiciar una diversificación productiva de los cafetales en su componente “árboles de sombra”. Una oportunidad de investigación en este sentido lo ofrecen los árboles de pimienta gorda *Pimenta dioica* que crecen dentro de cafetales. Actualmente, la cosecha de frutos de pimienta se obtiene de árboles adultos, sin que éstos se hayan plantado con fines productivos y reciban algún manejo agronómico; no obstante, la pimienta gorda es una especia que va a la alza, tanto en precio como demanda en el mercado internacional. En el presente documento se sistematiza una investigación diagnóstica de la producción de pimienta gorda en la Sierra Nororiente de Puebla y la Sierra Mizantla-Atzalan, así como el Totonacapan, en el estado de Veracruz, donde se describen componentes tecnológicos del sistema café-pimienta, mismos que contribuyen a su caracterización y a la vez fundamentan la diversificación productiva de cafetales a

<sup>60</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*lopez.rosalio@inifap.gob.mx



base del agroecosistema café-pimienta gorda. El tamaño de muestra se definió considerándose el número de unidades de producción registrados en los municipios contemplados en el espacio geográfico de intervención, aplicándose un total de 140 cuestionarios estructurados; 57 en el estado de Puebla y 83 en el estado de Veracruz.

**Palabras clave:** forestales no maderables, estrato de sombreado, diversificación, encuesta

## Introducción

Uno de los factores críticos que han afectado a la cafecultura en México en estas dos últimas décadas, es la fluctuación de precios en el mercado internacional, y la severidad de la roya a partir del ciclo de producción 2012-2013 (López, 2017), lo cual ha ocasionado que las fincas tengan serios problemas de rentabilidad. Sin embargo, Moguel y Toledo (2004) estiman que, en el país, dos terceras partes del café se produce en los llamados sistemas tradicionales de policultivo y/o en la modalidad de rusticano.

En función a estas formas de producir café en México, Cartay (1999) menciona que existen casos de pequeñas fincas cafetaleras tradicionales, con producción diversificada o bajo sistemas de policultivo, donde el pequeño agricultor basa sus procesos de producción en la mano de obra familiar, adquiere y usa pocos insumos químicos y obtiene de la finca algunos alimentos e ingresos para complementar la dieta familiar; esta estrategia le permite sobrevivir, con su pequeña unidad de producción, al vaivén del mercado. En este marco de estrategia campesina, se ubica el caso de la pimienta gorda *P. dioica* que crece dentro de los cafetales en la región de Cuetzalan, Pue., registrándose en los últimos 15 años un aumento de árboles de pimienta en las fincas de café, debido a que la demanda de la especia en el mercado internacional está al alza (Martínez *et al.*, 2004). También en Veracruz hay regiones





donde la pimienta gorda es un recurso forestal que provee ingresos a las familias productoras de café (López, 2013).

La pimienta gorda *P. dioica* es un árbol de tamaño medio, con una altura entre 7 y 10 m, llegando a alcanzar los 20 m. Su corteza es lisa de color grisácea o marrón que se desprende en capas (Beer *et al.*, 2003). Las hojas son simples, opuestas, coriáceas, aromáticas, con peciolos de 1 a 1.5 cm de longitud, en forma de lámina elíptica a elíptica oblonga, de color verde oscuro en el haz y más clara en el envés (Purseglove *et al.*, 1981; Pennington y Sarukhán, 1998; Cordero *et al.*, 2003). Los árboles son monoicos, sin embargo, existen casos que justifican el nombre de *Pimenta dioica*, pues hay árboles que tienen flores con pocos estambres y cuyo polen no germina; éstos son llamados femeninos y producen frutos; en cambio hay árboles masculinos, o sea con óvulos estériles o casi estériles que no fructifican (Pennington y Sarukhán, 1998). Las inflorescencias son corimbos de 5 a 15 cm de longitud, que surgen de las axilas de las hojas, cada flor tiene un ovario inferior conformado por dos carpelos y los frutos son drupas de 4 a 8 mm de diámetro, con superficie verde brillante, morado oscuro a negro cuando madura, mesocarpio delgado, mucilaginoso, dulce y picante. La superficie de los frutos secos es áspera porque posee glándulas aceitosas las cuales contienen eugenoles y vanillina (Macía, 1998; Cordero *et al.*, 2003).

El principal uso que se le ha dado a esta especie es el consumo de su fruto, que una vez seco se vende como especia para condimentar alimentos. El aceite contenido en frutos y hojas es empleado en tónicos para el cabello y como perfume de jabón y otros aromatizantes, de igual manera en la conservación de encurtidos, salsas, bebidas e infusiones, también, debido a su dureza; su madera es utilizada localmente en la construcción y para fabricar mangos para herramientas (Pennington y Sarukhán, 1998; Macías, 1998; ASERCA, 2001).

México ocupa el segundo lugar en producción y exportación de pimienta gorda a escala mundial, después de Jamaica, país que cubre el 70% del mercado mundial de la especia (ASERCA, 2001). Europa y los Estados Unidos de América constituyen el principal destino de las exportaciones de *P. dioica* mexicana, actualmente con precios atractivos. La pimienta mexicana, contiende por consolidarse en el mercado



estadounidense; aunque desafortunadamente los precios de venta siguen estando ligeramente por debajo de la pimienta procedente de Guatemala y Honduras y más aún de la de Jamaica, debido a que estos países ofrecen mejor estándar de calidad (Rosales, 2007). Sin embargo, la pimienta gorda se produce en México a nivel de traspatio, comúnmente suele encontrarse en los linderos de los terrenos, como cultivo circunstancial. En un estudio realizado por la Universidad Veracruzana, a través del Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), se indica que en los municipios de Atzalan y Zozocolco de Hidalgo, durante el periodo de precios bajos del café, la pimienta gorda se convirtió en el cultivo principal aun cuando en los predios se encontraron árboles dispersos, sin manejo, con problemas fitosanitarios y con labores de alto riesgo en la cosecha de frutos; a pesar de esto, la especia, tanto en fruto verde como en fruto seco, ha representado un ingreso adicional para las familias por su nivel de rentabilidad basado éste en los bajos costos de producción y en el empleo de mano de obra familiar en el proceso de producción (Marcos, 2006). Martínez *et al.* (2004.), mencionan que en la Sierra Norte de Puebla la Pimienta gorda presenta un nivel bajo de daño por plagas y enfermedades, costos de producción mínimos, un periodo preproductivo relativamente corto (de 3 a 4 años) y un periodo de vida productiva que puede prolongarse hasta por 30 años, asimismo, dentro de las prácticas más comunes está el aprovechamiento de plántulas producto de la regeneración natural de poblaciones, protección de estas plantas *in situ* o bien su trasplante a sitios de mayores cuidados o mejor ubicación, dentro del mismo cafetal. Otras prácticas son el manejo de sombra, cosecha manual simple, “despique” de “ramajos” de frutos, secado al sol de éstos o en secadoras rotativas usadas en café, y “sudado” de la pimienta (se cubren los frutos con plásticos) que permita mayor concentración de aroma.

Algunos estudios para impulsar el cultivo y producción de pimienta gorda tienen que ver con la búsqueda de procedencias con cualidades agronómicas altas e inicio de un programa de mejoramiento genético, generación de técnicas de propagación vegetativa y desarrollo de procesos de industrialización a escala familiar, donde su importancia resalta debido a que el cultivo sirve como estrategia socioeconómica de diversificación productiva de cafetales y el arraigo local de los



productores (Martínez *et al.*, 2004). Dentro de los principales problemas que afectan la productividad de la pimienta se encuentra la comercialización, misma que se ve afectada por la calidad del producto cosechado, asimismo, el ataque de hongos causa la mitad de las pérdidas; la otra mitad posiblemente sea debido a la falta de podas o prácticas deficientes de ésta en los árboles en producción, también, al bajo nivel tecnológico aplicado para llevar a cabo la cosecha y el manejo postcosecha de los frutos (Marcos, 2006).

En este sentido, el presente trabajo se centró en acciones de investigación diagnóstica que fundamente la diversificación productiva de las fincas de café, intercalando pimienta gorda, e implementando innovaciones tecnológicas en este agroecosistema. Así, la entrevista estructurada contempló las circunstancias y situaciones en que operan los productores de pimienta gorda en el agroecosistema café como en otros sistemas de producción en los municipios productores del centro-norte de Veracruz y Sierra Nororiental de Puebla, a fin de registrar saberes y conocimiento local (Campilan y Prain, 2003) sobre los procesos productivos de la pimienta gorda.

## **Materiales y métodos**

Los trabajos de investigación diagnóstica se realizaron en el espacio geográfico conformado por la región Sierra Nororiental de Puebla y región centro-norte (área del Totonacapan), en el estado de Veracruz. Esta región está conformada por 18 municipios de los cuales 10 pertenecen al Estado de Veracruz y ocho al estado de Puebla; donde sobresalen por su producción de pimienta gorda en Coxquihui, Coyutla, Mecatlan, Papantla y Zozocolco de Hidalgo, en el estado de Veracruz y Acateno, Hueytamalco y Tenampulco, en el estado de Puebla. En esta zona interestatal operan los DDR 003-Teziutlán, en Puebla, y DDR 003-Martínez de la Torre en Veracruz, en la cual hay aproximadamente 34,444 cafeticultores con una superficie de 42,712 ha de cafetales. Los cafeticultores representaron la población objetivo, trabajando inicialmente con quienes ya producen pimienta en cultivo



asociado al cafetal; como grupo meta. Este grupo meta fue el primer factor a definir en la etapa de investigación diagnóstica.

La elaboración de la entrevista estructurada contempló como factores a los productores, los cafetales y a la unidad de producción, con sus respectivas variables e indicadores. La aplicación de la encuesta se basó en un muestreo donde el número de entrevistas y su distribución fue con base en la función siguiente:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2}$$

Donde:

$z_{\alpha/2}^2$  corresponde al nivel de confianza elegido (95%)

$\sigma^2$  es el valor de la varianza poblacional y  $e$  es el error máximo permisible (5%).

En el cálculo del tamaño de muestra se consideró el número de unidades de producción registrados en los municipios contemplados en este trabajo, tomando como fuente lo reportado por INEGI (2007). Así, en el estado de Puebla se aplicaron 57 entrevistas distribuidas de acuerdo al número de unidades de producción de café cereza registradas en cada municipio, en tanto que para el estado de Veracruz fue de 83 entrevistas.

Para la sistematización de los datos registrados y su análisis estadístico, se diseñó una base de datos en Excel en la cual se hizo la captura de los datos obtenidos de las 140 entrevistas. Donde a cada una de las preguntas realizadas se les asignó una clave con el fin de poder organizar toda la información colectada y así tenerla más estructurada. En Excel se ingresó cada una de las respuestas a fin de obtener resultados proporcionales de las variables de mayor interés de las regiones. Asimismo, en el programa MINITAB 15 (2007), se realizaron los análisis exploratorios y multivariado considerándose para ello variables relacionadas con las características de los productores, unidad de producción, componentes productivos del café y la pimienta gorda. De esta manera, con las variables e indicadores pertinentes, mediante un análisis multivariado de la información, a través de correlación canónica, se identificaron qué variables se asocian al cafetal bajo sombra y qué tipo de productores se identifican con tales variables.





## Resultados y discusión

Se realizó un análisis exploratorio para tener una visión general sobre productores, unidades de producción, y diversidad del ingreso. Donde se dejó ver que los productores son personas mayores a 50 años, con escolaridad baja, incipiente organización para producir, desconocimiento de los programas gubernamentales de fomento agrícola y cuya fuente de conocimiento tecnológico aplicado en sus procesos de producción, proviene principalmente del entorno familiar y comunitario (Cuadro 1).

La responsabilidad de las actividades productivas recae sólo en un 10% en las mujeres, y en cuanto a su origen, los productores(as) han nacido y crecido dentro del entorno regional. Se observa que las expresiones proporcionales de las variables entre regiones, prácticamente no difieren.

Respecto a la unidad de producción y su problemática (Cuadro 2) destaca la predominancia del minifundio y la diversidad productiva. Donde la pimienta gorda se cosecha en árboles dispersos en distintos sistemas de producción, donde la asociación con café es sólo una quinta parte, predominando el sistema en la región del Totonacapan.

La problemática de la producción se acentúa en los factores ambientales relacionados con el clima y su patrón de comportamiento. Mientras que, dentro de los factores económicos, se resalta en casi una misma proporción lo relacionado con precios, costos de producción y la comercialización. En cuanto al nivel de tecnificación de las fincas, en casi un 50% sólo se limitan al manejo de las arvenses. Respecto a los factores de productividad en el cafetal, las variedades con mayor proporción en los cafetales son Caturra, Mundo Novo y Typica. La venta del café se hace sin ningún valor agregado, al comercializar el 81% de la cosecha como café cereza, contrario a lo que se observó con la pimienta gorda la cual se vende seca en más de un 80% (Cuadro 3.)



**Cuadro1. Principales descriptores y su proporción respecto a los productores entrevistados.**

FAC- TOR	VARIABLES E INDICADORES		SIERRA DEL NORORIENTE DE PUEBLA	SIERRA DE ATZALAN- MISANTLA	ZONA SERRANA DEL TOTONACAPAN	INTER- ESTATAL	
DATOS DEL PRODUCTOR	Edad promedio (años)		58.0	53.0	50.0	55.0	
	Antigüedad como productor (años)	de café	21.0	18.0	19.0	19.5	
		de pimienta gorda	13.0	6.0	13.0	9.1	
	Género (%)	Masculino	93.0	88.0	90.0	90.0	
		Femenino	7.0	12.0	10.0	10.0	
	Lugar de origen (%)	Local	95.0	87.0	90.0	90.0	
		Otro lugar	5.0	13.0	10.0	10.0	
	Sabe leer y escribir (%)	Si	93.0	87.0	80.0	82.9	
		No	7.0	13.0	20.0	17.1	
	Grado de escolaridad (%)	Sin escolaridad		18.0	20.3	20.0	19.3
		Primaria		34.5	23.0	0.0	26.4
		Primaria incompleta		34.5	29.7	40.0	32.9
		Secundaria		4.0	12.2	30.0	10.0
		Secundaria incompleta		2.0	2.7	0.0	2.2
		Preparatoria		5.0	8.1	10.0	7.1
		Preparatoria incompleta		0.0	1.4	0.0	0.0
		Superior		2.0	1.4	0.0	1.4
	Superior incompleta		0.0	1.4	0.0	0.7	
	Pertenece a alguna organización (%)	Si		16.0	45.3	20.0	30.7
		No		84.0	54.7	80.0	69.3
	Tipo de organización (%)	Política (partido político, asociación política)		0.00	3.0	0.0	2.3
		Gremial (sindicato, unión de sindicatos)		23.00	9.0	0.0	11.4
		Político-gremial (CNC, comité regional campesino, unión de productores)		0.00	9.0	0.0	6.8
De producción (SSS, SPR, unión de ejidos, unión de sociedades, integradoras, etc.)		33.00	27.0	50.0	29.5		
Otras		44.00	52.0	50.0	50.0		
Conocimiento de programas o proyectos de organizaciones relacionada a su actividad productiva	Si		4.0	17.0	0.0	10.7	
	No		96.0	83.0	100.0	89.3	
Obtención de información relacionada al sistema café - pimienta gorda (%)	Conocimiento familiar (padres a hijos)		52.4	37.5	70.0	42.6	
	Con los vecinos y/o amigos		22.0	20.8	10.0	19.3	
	Conociendo alguna experiencia externa		8.5	9.4	5.0	7.4	
	En capacitación con organizaciones		7.3	13.5	0.0	19.8	
	Capacitación por un técnico		2.4	17.7	5.0	9.4	
Otra forma		7.3	1.0	0.0	1.4		



**Cuadro 2. Proporción de variables referidas a las unidades de producción y su problemática.**

FAC- TOR	VARIABLES E INDICADORES		SIERRA DEL NORORIENTE DE PUEBLA	SIERRA DE ATZALAN- MISANTLA	REGIÓN SERRANA DEL TOTONACAPAN	INTER- ESTATAL	
UNIDAD DE PRODUCCIÓN	Tenencia de la tierra (%)	Ejidal	16.0	45.3	50.0	34.3	
		Propiedad privada	82.0	52.0	50.0	63.6	
		Comunal	2.0	2.7	0.0	2.1	
	Tamaño promedio de la superficie de la finca	< 2.5 ha	72.0	50.0	50.0	63.6	
		2.5 - 10 ha	24.0	41.0	40.0	29.3	
		> 10 ha	4.0	9.0	10.0	7.1	
	Porcentaje respecto del total de actividades agropecuarias realizadas		Bovinos	5.0	18.7	20.0	13.6
			Cítricos	14.4	15.0	0.0	36.4
			Plátano	12.5	7.0	7.0	42.9
			Pimienta	36.1	38.0	37.0	99.3
			Café	27.0	35.0	33.0	85.7
			Básicos	6.0	4.0	19.0	15.0
	Ingreso promedio en pesos por actividad agropecuaria (\$/ha)		Otros	4.0	1.0	4.0	6.4
			Bovinos	16,750.0	16,230.8	35,062.5	20,250.0
			Cítricos	20,966.7	7,419.6	S/D	13,367.1
			Plátano	1,650.0	1,698.3	1,600.0	1680.8
			Pimienta	6,873.5	3,392.8	5,131.6	4928.3
			Café	20,844.9	18,200.0	18,777.8	19,155.0
			Básicos	848.5	4,457.1	1,000.0	1,468.3
	Tipo de fisiografía		Leve (< 15 %)	10.0	41.2	36.0	33.8
			Moderada (> 15% < 30%)	78.0	58.8	55.0	42.9
			Pronunciada (> 30%)	12.0	0.0	9.0	23.3
	Número de árboles por sistema de plantación	Plantación ordenada	0 - 150	40.0	4.3	0.0	10.0
>150 - 300			40.0	56.5	50.0	53.3	
>300 - 450			20.0	39.1	50.0	36.6	
Árboles dispersos		0 - 150	96.0	96.0	90.0	96.9	
		>150 - 300	0.0	3.0	10.0	1.5	
		>300 - 450	4.0	1.0	0.0	1.5	
Producción promedio de pimienta gorda en Kg		Por hectárea	3000	1250	S/D	2125.0	
		Por árbol	58.0	42.8	64.5	50.9	
Asociaciones más comunes de pimienta con otros cultivos (%)		Asociación con café	24.0	11.0	60.0	19.8	
		En plantaciones (Cítricos, frutales, básicos)	68.0	79.0	30.0	71.0	
		Potrero	4.0	3.0	10.0	2.3	
		Lindero	4.0	6.0	0.0	4.6	
		Otros	0.0	1.0	0.0	2.3	
PROBLEMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN	Proporción del factor limitante en la producción del sistema café-pimienta gorda	Factores ambientales y bióticos (%)	Clima	40.0	40.0	29.0	38.6
			Agua	15.0	11.0	16.0	13.6
			Suelo	12.0	8.0	19.3	10.7
			Plagas	22.0	26.0	16.2	23.9
			Enfermedades	11.0	15.0	13.0	13.2
	Factores económicos (%)	Precios	38.0	42.0	37.5	39.5	
		Costos de producción	29.0	31.0	29.2	30.8	
		Comercialización	33.0	27.0	33.3	29.6	
	Factores sociales (%)	Organización	31.0	28.0	39.0	30.1	
		Capacitación	39.0	33.0	35.0	35.3	
Insumos		30.0	39.0	26.0	34.6		
Costo promedio de un jornal en pesos			98.0	108.5	98.0	103.6	
Nivel de tecnificación en la finca de café	Bajo; realizan al menos una labor (%)		42	69	30	47	
	Medio; realizan de dos a tres labores (%)		36	15	30	27	
	Alto; realizan más de tres labores (%)		22	16	40	26	



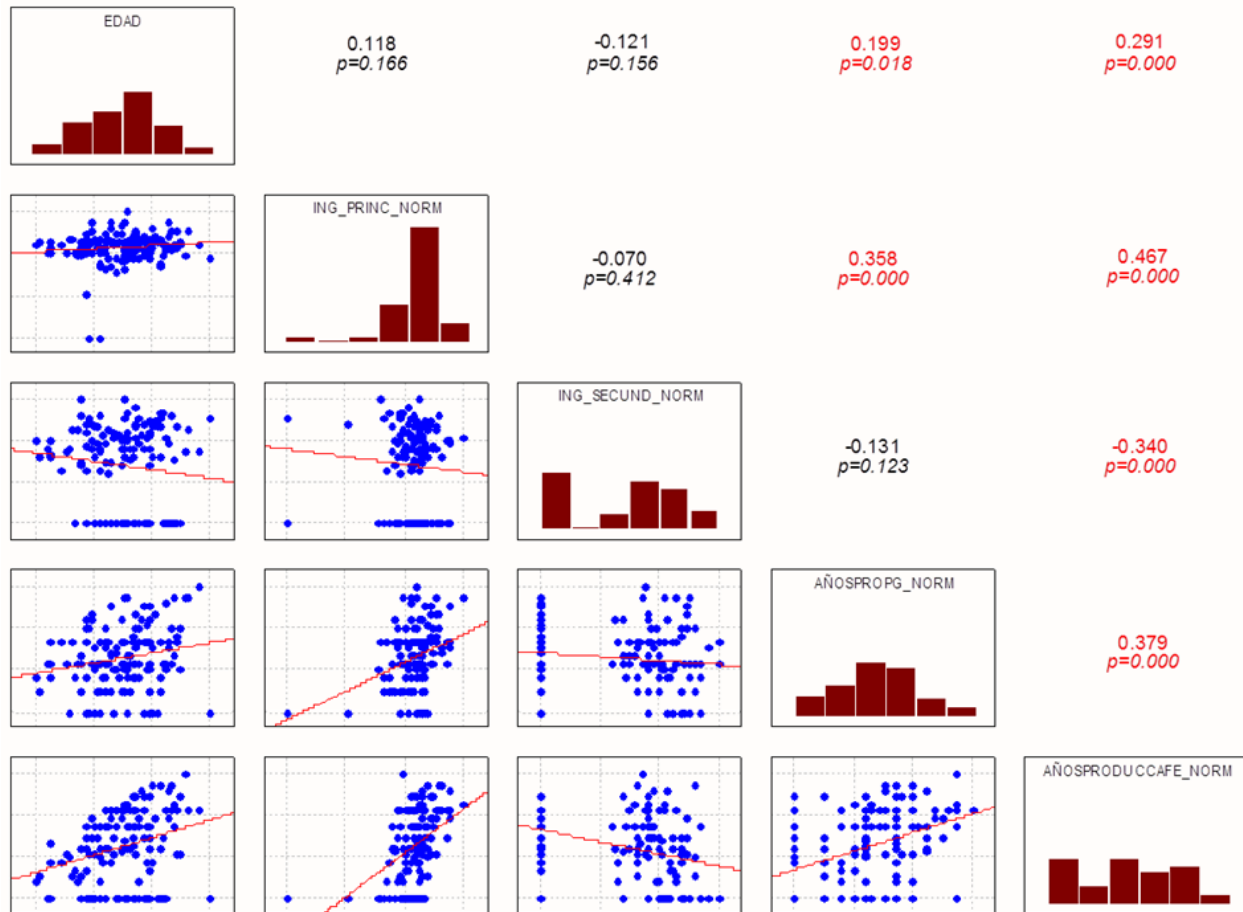
**Cuadro 3. Factores de productividad en el sistema café pimienta gorda en el centro-norte de Veracruz y nororiente de Puebla.**

FAC- TOR	VARIABLES E INDICADORES		SIERRA DEL NORORIENTE DE PUEBLA	SIERRA DE ATZALAN- MISANTLA	ZONA SERRANA DEL TOTONACAPAN	INTER- ESTATAL
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD	Porcentaje de presencia de variedades de café en fincas de productores	Mundo Novo	17.0	26.0	31.0	22.2
		Typica	31.0	4.0	15.3	15.4
		Borbón	9.0	11.0	0.0	9.5
		Caturra	20.0	31.0	38.4	26.7
		Garnica	14.0	14.0	15.3	14.0
		Catuai	0.0	12.0	0.0	S/D
		Costa Rica-95	7.0	1.0	0.0	10.0
	Otras (Colombia, Oro Azteca, Pacamara)	2.0	1.0	0.0	2.3	
	Como vende su café (%)	Cereza	60.0	94.0	80.0	81.0
		Pergamino	37.5	6.0	20.0	17.4
		Venta asociada a beneficio	0.0	0.0	0.0	0.0
		Torrefacción o tostador	2.5	0.0	0.0	1.7
	Precio de venta	Cereza (\$/Kg)	8.0	7.0	6.0	8.0
		Pergamino (\$/Qq)	2,000.0	1,800.0	2,400.0	2,000.0
	A quien vende su café (%)	Organización	7.5	31.7	0.0	21.1
		Beneficio	7.5	15.9	20.0	11.2
		Intermediario	84.9	52.4	80.0	67.6
	Como vende su pimienta (%)	Verde	20.0	0.0	10.0	13.8
		Seca	80.0	100.0	90.0	86.2
	Precio de venta	Verde (\$/Kg)	10.1	8.7	9.1	9.3
Seca (\$/Kg)		32.0	S/D	36.0	22.6	

### VARIABLES CORRELACIONADAS

Al hacer un análisis de correlaciones entre las variables edad del productor de café-pimienta gorda y variables referidas a sus ingresos, así como las que indican sus años dedicados a la producción de café y pimienta gorda; después de obtener un factor de inflación de la varianza, para observar qué variables independientes se encontraban moderadamente correlacionadas, se hizo el correspondiente análisis de correlación que se observa en la Figura 1.





**Figura 1. Valores de correlación y su significancia estadística p (p-value), entre la edad del productor y sus diferentes ingresos, así como sus años de productor tanto de café como de pimienta gorda.**

En las correlaciones simples se observó significancia estadística ( $p=0$ ) entre las variables edad del productor con años de producir café ( $r=-0.291$ ). Los años de producir café están relacionados con los ingresos principales ( $r=-0.199$ ) y con los años que llevan produciendo pimienta gorda ( $r=-0.379$ ). Los ingresos principales están definidos por la producción de café y pimienta gorda.

### **Análisis multivariado**

Con el fin de verificar si existe una relación entre las variables que describen la estructura de la finca y las diferentes fuentes de ingreso de los productores, se realizó un análisis multivariado de correlación canónica empleando el software STATISTICA© (StatSoft, 2006). Este análisis, descrito inicialmente por Hotelling (1935



y 1936), permite estimar la varianza compartida entre un grupo de variables independientes (X's) y un grupo de variables dependientes (Y's), en donde se analizan las cargas canónicas de cada variable e identifican patrones de relación.

**Cuadro 4. Descripción de variables en el análisis de correlación canónica y su respectiva clasificación.**

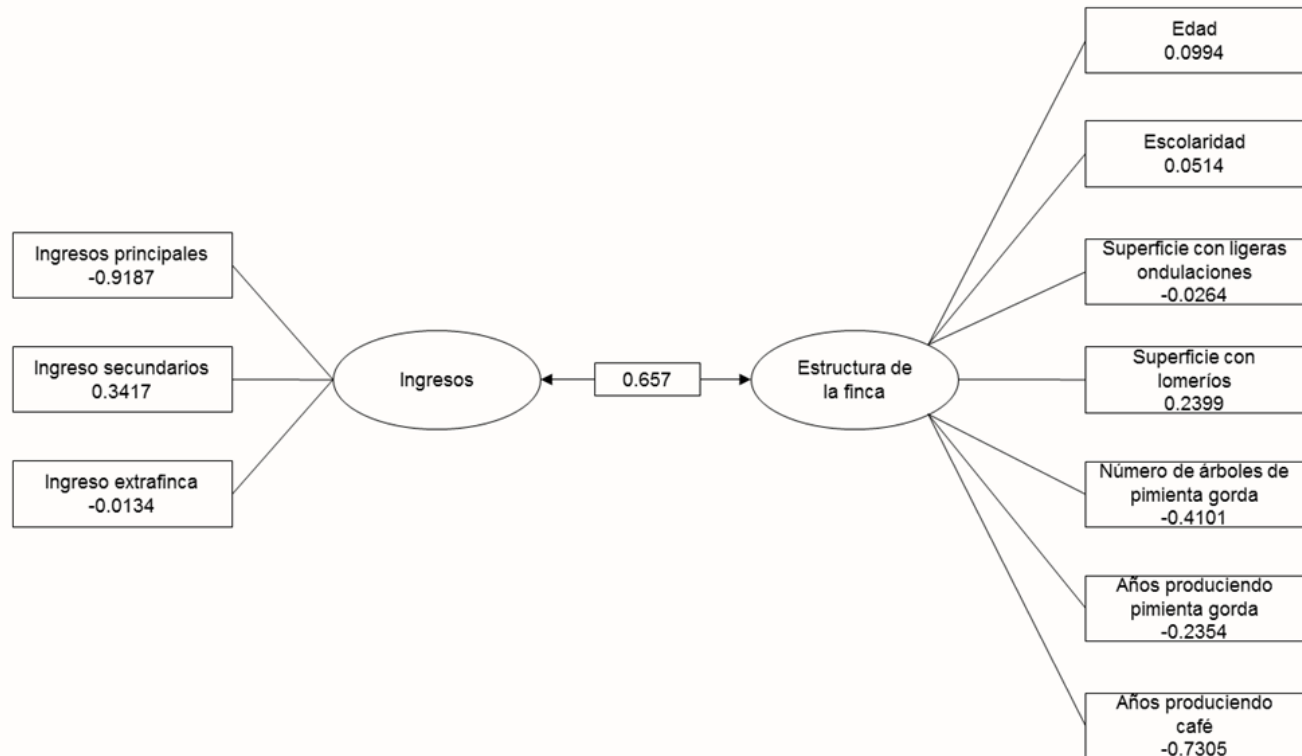
Variables dependientes (Y)		Variables independientes (X)
Ingresos principales	Café y pimienta gorda	Edad del productor
	Cítricos	Escolaridad del productor
Ingresos secundarios	Plátano	Superficie dedicada a la agricultura
	Básicos	Superficie dedicada a la ganadería
	Forestales	Superficie sin pendiente
	Otros	Superficie en lomerío
Ingresos extrafina	Comercio	Número de árboles de pimienta
	Empleo extrafina	Años produciendo pimienta gorda
	Otras actividades	Años produciendo café

Antes de aplicar el análisis de correlación canónica, fue necesario aplicar la prueba Anderson-Darling (Stephens, 1974) para verificar que las variables cumplan el criterio de normalidad, este es importante para realizar el análisis de correlación canónica. En caso de que las variables no cumplieran el criterio de normalidad, se realizó una transformación de variables para alcanzar dicho comportamiento. Los resultados se indican en la Figura 2.

El análisis de correlación canónica muestra la principal correlación fue de 0.657 ( $p = 0.000$ ), los coeficientes de correlación canónica mostraron que los indicadores de mayor carga en las variables independientes y que describen la estructura de la finca, fueron los años como productor de café (-0.7305) y el número de árboles de pimienta gorda establecidos en la finca (-0.4101). En tanto que, en las variables dependientes, es decir; la referente a los ingresos, indica que la variable con mayor carga fue la que hace referencia a los ingresos principales que son por la venta de café y pimienta gorda (-0.9187). El modelo conceptual de correlación canónica y sus coeficientes indica que existe una regular asociación entre las variables de la estructura de la finca y los ingresos, es decir, a mayor número de árboles de



pimienta gorda y más años de experiencia en la cafecultura, la propensión en los ingresos principales tiende a aumentar.



**Figura 2. Modelo conceptual de correlación canónica y sus coeficientes donde se indica que a mayor número de árboles de pimienta gorda y años como cafecultor los ingresos tienden a aumentar.**

## Conclusiones

1. La pimienta gorda es un cultivo que genera ingresos adyacentes a diversas actividades agropecuarias, como café, cítricos, cultivos básicos y algunas veces en actividades ganaderas, formando parte de la vegetación de los potreros o como cercos vivos. Los resultados dejan ver que huertas de cítricos y otros frutales, así como las tierras dedicadas a los cultivos básicos; tienen una importancia alta en la producción de pimienta gorda en la región. Sus marcos



de plantación tienen su fundamento en el conocimiento tradicional o en el sentido común del productor.

2. Al medir variables asociadas con las características individuales de los productores y variables asociadas con las características del cultivo café-pimienta gorda y de las unidades de producción, se pudieron seleccionar variables representativas de la realidad del cafecultor y sus relaciones con las actividades desarrolladas en torno al cultivo de pimienta gorda.
3. Hasta ahora la mayor parte de las cosechas de pimienta gorda se lleva a cabo en un arbolado disperso y espontáneo que hace de la pimienta gorda más que un cultivo, el aprovechamiento de un recurso forestal no maderable.

### Literatura citada

- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). 2001. La pimienta una especia milenaria, en un mercado especial. p.3-17. *In*: Claridades agropecuarias No. 96. México, D. F.
- Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A. y Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. p. 197-242. *In*: J. Cordero y D. Boshier (eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, Oxford (RU). CATIE, Turrialba Costa Rica.
- Campilan, D. y Prain, G. 2003. Usando el conocimiento local para conservar la diversidad del camote en Filipinas. p. 91-96. *In*: CIP-UPWARD. Conservación y uso sostenible de la biodiversidad agrícola: libro de consulta. Centro Internacional de la Papa-Perspectivas de los Usuarios con la Investigación y el Desarrollo Agrícola (tres tomos). Los Baños, Laguna, Filipinas.
- Cartay, R. 1999. Estrategias de sobrevivencia de los pequeños cafecultores en tiempos de crisis. Centro de Investigaciones Agroalimentarias. CIAAL. Faces-ULA. Agroalimentaria 9:79-82.





- Cordero, J., F. Mesén, M. Montero, J. Stewart, D. Boshier, J. Chamberlain et al., 2003. Inga Jinicuil Schltldl. & Cham. p. 607-608. *In*: J. Cordero, & D. Boshier (eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, Oxford (RU). CATIE, Turrialba Costa Rica.
- Hotelling, H. 1935. The most predictable criterion. *Journal of Educational Psychology* 26(2):139-142.
- Hotelling, H. 1936. Relations between two sets of variates. *Biometrika* 28(3-4):321-377.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal: síntesis metodológica. Aguascalientes México. 63 p.
- López, M. R., G. Díaz P., J. G. Salazar G., L. E. García M. y R. A. Guajardo P. 2013. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la Zona Centro del Estado de Veracruz. INIFAP- Campo Experimental Cotaxtla/S.E. Teocelo. Libro Técnico Núm. 35. Medellín de Bravo, Ver. 184 p.
- López, M. R. 2017. Estrategia para fortalecer centros estatales de innovación e impulsar la productividad y calidad del café mexicano. Informe de proyecto bajo convenio INIFAP-AMECAFÉ. Campo Experimental Cotaxtla/S.E. Teocelo. Medellín de Bravo, Ver. 146 p.
- Macía, M. J. 1998. La pimienta de Jamaica [Pimenta dioica (L.) Merrill, Myrtaceae] en la Sierra Norte de Puebla (México). *Anales Jardín Botánico Madrid* 56(2):337-349.
- Marcos, M. R. 2006. Análisis socioeconómico de viabilidad en el establecimiento y manejo de la Pimenta dioica. DIPROCAFÉ. Centro de Investigaciones Tropicales- Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 14 p.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:1-7.
- Martínez, M. A.; Evangelista, V.; Mendoza, M.; Basurto, F. y Mapes, C. 2004. Estudio de la pimienta gorda, Pimenta dioica (L.) Merrill, un producto forestal no maderable de la Sierra Norte de Puebla, México. p. 23-41. *In*: Alexiades, M. N. y Shanley, P. (Eds.). Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Volumen 3-América Latina. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Bogor Barat, Indonesia.



- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 2da. Edición. UNAM – Fondo de Cultura Económica, México. 414 p.
- Purseglove, J. W., G. Brown E., L. Green, C. y R. J. Robbins, S. 1981. Spices. Tropical Agriculture Series 1:10-20.
- Rosales, R. D. 2007. Análisis de las actividades productivas de los recursos forestales del estado de Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. 127 p.
- Stephens, M. A. 1974. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, Journal of the American Statistical Association 69 (347):730-737.



## VARIETADES SINTÉTICAS DE MAÍZ CONVENCIONALES Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA EN EL ÁREA TROPICAL DEL ESTADO DE VERACRUZ

Mauro Sierra Macías<sup>51</sup>, Clara Ríos Isidro<sup>61</sup>, Flavio A. Rodríguez Montalvo<sup>51</sup>, Marcos Ventura Vázquez Hernández<sup>51</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>51</sup> y Pablo Andrés Meza<sup>62</sup>

### Resumen

En el estado de Veracruz, el maíz es de gran importancia socioeconómica por su superficie de cultivo y por ser un producto básico en la alimentación de la sociedad, principalmente de las familias rurales con alta marginación, en donde prevalecen índices elevados de desnutrición. En comunidades marginales prevalece la siembra de genotipos criollos de bajo rendimiento y con características agronómicas indeseables y de baja calidad proteica. En el Programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP se dispone de variedades sintéticas de mayor potencial de rendimiento y contenido de proteínas en su grano. El objetivo del presente trabajo fue conocer el comportamiento productivo y agronómico de 20 variedades sintéticas con la finalidad de identificar las más sobresalientes, que en un futuro puedan liberarse como nuevas variedades para su uso comercial. Las variedades se evaluaron en diseño experimental látice simple 5x5, con dos repeticiones. Se cuantificaron días a floración masculina, altura de planta, rendimiento de grano y aspecto y sanidad de planta y mazorca. Cuando el análisis de varianza detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la DMS al 0.05. De los genotipos evaluados sobresalieron 14, de los cuales, las variedades Sintético-11C de alta calidad de proteína, Sintético-TS-6, Sintético-2B y VS-536 fueron las más productivas; las dos primeras además mostraron mayor precocidad que el testigo (VS-536), así como buen aspecto, buena sanidad de planta y mazorca y baja altura de planta, que es favorable para disminuir el riesgo de acame en las siembras del ciclo otoño-invierno, donde es común la presencia de vientos fuertes.

<sup>51</sup> Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. [sierra.mauro@inifap.gob.mx](mailto:sierra.mauro@inifap.gob.mx)

<sup>62</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas. UV.



**Palabras clave:** *Zea mays* L., genotipos, rendimiento de grano

## Introducción

En el estado de Veracruz, el maíz es un cultivo de gran importancia, por la superficie que se siembra, particularmente, durante 2018 se sembraron 570,418 hectáreas (SIAP, 2018). También resulta importante por la mano de obra que se utiliza, el beneficio económico que genera y por ser un producto básico en la alimentación de la sociedad, principalmente en las comunidades rurales marginales, donde existe un alto nivel de desnutrición y la base de su alimentación se sustenta en el consumo de este preciado grano, como principal aporte de energía (Palafox *et al.*, 2010).

En esas comunidades rurales se utilizan principalmente genotipos criollos con características agronómicas indeseables como: bajo rendimiento de grano, excesiva altura de planta, adaptación muy específica a los lugares nativos y baja tolerancia a enfermedades y a condiciones de sequía o deficiencias de humedad en el suelo.

Las variedades sintéticas son una alternativa económicamente viable para el productor, ya que ofrecen mayor productividad y adaptabilidad, además de que también pueden utilizarse por varios ciclos de siembra sin que se afecte el rendimiento de grano (Sierra *et al.*, 2011; 2018). A su vez, si estas tienen en su grano un contenido mayor de proteínas, pueden mejorar el nivel de nutrición, de manera especial, en los niños, mujeres lactantes y adultos mayores de las comunidades rurales (Espinosa *et al.*, 2006).

El maíz con alta calidad de proteína se deriva del aprovechamiento del gene mutante opaco o2o2, expresado en su versión homocigótica recesiva con mayor contenido de Lisina y Triptofano, aminoácidos esenciales en la alimentación (Mertz, 1994). Mediante mejoramiento convencional se incorporaron genes especiales al maíz opaco o2o2 llamados genes modificadores de la textura del endospermo. Estos genes modificadores confieren al endospermo una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia del maíz normal (Vasal, 1994).





En el Programa de Mejoramiento de Maíz del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, se han desarrollado variedades mejoradas y sintéticas convencionales y con alta calidad de proteína para la región tropical húmeda del estado de Veracruz y del sureste de México (Sierra *et al.*, 1992; 2001); actualmente en dicho programa se dispone de variedades sintéticas experimentales normales y otras de alta calidad de proteínas, las cuales al ser analizadas en el laboratorio de calidad del Campo Experimental Valle de México, del INIFAP, se encontró que tienen de 36 a 55% más de Lisina y de 62 a 106% más de Triptófano en relación con el maíz normal (Sierra *et al.*, 2018); estos sintéticos requieren de ser evaluados, por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación fue conocer el comportamiento productivo y agronómico de este grupo de variedades sintéticas, con la finalidad de identificar las más sobresalientes, que en un futuro puedan liberarse como nuevas variedades para su uso comercial.

## **Materiales y métodos**

Durante el ciclo primavera-verano de 2018 se condujo un experimento de maíz en condiciones de temporal, en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT), el cual se encuentra ubicado en el kilómetro 94.5 de la carretera federal Córdoba-Veracruz, en el municipio de Medellín de Bravo, Ver. Geográficamente se localiza a 18° 50' de latitud norte y 96° 10' de longitud oeste, a 15 msnm. El clima en la localidad es cálido subhúmedo Aw (w)(g), que corresponde a los subtipos menos húmedos de los cálidos subhúmedos (García, 1987), con temperatura media anual de 25.4°C, con una máxima de 42.5°C y una mínima de 7.0°C y precipitación pluvial anual de 1,336.8 mm (Díaz *et al.*, 2006). El suelo del sitio experimental es de textura migajón-arcillosa, con pH ligeramente ácido (6.4).

El experimento se conformó de 25 genotipos: 20 variedades sintéticas experimentales, de las cuales 12 son alta calidad de proteína y como testigos se utilizaron las variedades sintéticas comerciales VS-536, VS-560 Chiapas, VS-561 Chiapas y VS-562 Chiapas y la variedad mejorada V-537C de alta calidad de proteína,



las cuales fueron liberadas por su alto potencial de rendimiento y amplia adaptación en el trópico húmedo de Veracruz y regiones con condiciones similares en el sureste de México (Sierra *et al.*, 1992; 2001). Los genotipos se evaluaron en un diseño experimental látice simple 5 x 5 con dos repeticiones, en parcelas de un surco de 5 m de longitud, espaciados a 0.80 m de distancia.

La siembra de los genotipos se realizó el 5 de julio del 2018, a una densidad de 62,500 plantas/ha; la fertilización, el control de malezas y plagas se realizaron de acuerdo a lo recomendado por el Programa de Maíz del CECOT, para la zona centro del estado de Veracruz (Palafox *et al.*, 2010).

Durante el desarrollo del cultivo se midieron las siguientes variables: 1) Días a floración masculina, la cual se midió a partir de la siembra y hasta cuando el 50% de las plantas se encontraron en estado de antesis. 2) Altura de planta. Se realizó en 10 plantas tomadas al azar en cada parcela antes de la cosecha, midiendo en centímetros desde la base del tallo, hasta la inserción de la última hoja (hoja bandera). 3) Aspecto de planta. Se tomó en la etapa de llenado de grano, de manera visual usando una escala del 1 al 5, en donde 1 correspondió a plantas que representaron aspectos generales muy sobresalientes de vigor, sanidad, uniformidad y posición de la mazorca en la planta y 5 correspondió a la parcela con las plantas muy variables en altura de planta y mazorca, muy enfermas y en general que representaron muy mal aspecto. 4) Aspecto de mazorca. Se tomó al momento de la cosecha, utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 representó parcelas con mazorcas uniformes en tipo, color, llenado de grano y que presentaron buena sanidad y 5 correspondió a las parcelas con mazorcas irregulares en tipo, color, tamaño y con mazorcas podridas. 5) Sanidad de planta. Se midió de manera visual, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 significa que las plantas se encontraban completamente sanas y 5 para las plantas muy enfermas. 6) Sanidad de mazorca. Se utilizó también la escala de 1 a 5, donde 1 significa que las mazorcas se encontraban completamente sanas y 5, para las mazorcas muy enfermas y 7) rendimiento de grano. Se calculó a partir del peso del grano cosechado, materia seca, % de grano de cada parcela, el cual se ajustó con el factor superficie en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.



Con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y en donde se detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error (DMS,  $p \leq 0.05$ ) (Olivares, 1994).

## Resultados y discusión

Se detectó efecto significativo entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) en las variables rendimiento de grano y sanidad de mazorca y altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ) en el aspecto de planta, lo que indica que en el resto de las variables los genotipos tuvieron una respuesta estadísticamente similar (Cuadro 1). Los coeficientes de variación fueron menores a 17% en todas las variables, lo que indica que existe confiabilidad en los resultados, considerando que el experimento se desarrolló en condiciones de temporal (Reyes, 1990).

**Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia detectada en los análisis de varianza realizados a las variables cuantificadas en el experimento de variedades sintéticas de maíz. Cotaxtla 2018B.**

FV	GL	RG	DF	AP	ASP	ASM	SP	SM
Trat. no ajustado	24	2.1593	4.875	550.75	0.209	0.145	0.1250	0.2054
Repeticiones	1	0.1293	0.179	98.00	0.000	0.005	0.0450	0.1799
Bloque ajustado	8	0.9237	4.005	284.25	0.193	0.067	0.1325	0.0800
Trat. ajustado	24	2.0520 *	4.890 ns	595.77 ns	0.187 **	0.194 ns	0.1249 ns	0.3036 *
Error inbloque	16	0.8184	4.088	336.12	0.043	0.098	0.1262	0.1206
Total	49							
CV (%)		16.06	3.97	8.49	8.78	12.82	15.12	14.35

FV = Fuentes de variación. GL = Grados de libertad. RG = Rendimiento de grano. DF = Días a floración masculina. AP = Altura de planta. ASP = Aspecto de planta. ASM = Aspecto de mazorca. SP = Sanidad de planta. SM = Sanidad de mazorca. \* = Significativo. \*\* = Altamente significativo. ns = No significativo.

Un grupo sobresaliente de 14 genotipos de maíz obtuvieron los mayores rendimientos de grano, dentro de los cuales las variedades experimentales Sintético-11C de alta calidad de proteína, Sintético-TS-6, Sintético-2B y la variedad comercial VS-536 fueron las más productivas. De estas cuatro variedades, destacan



Sintético-11C y Sintético-TS-6, ya que mostraron mayor precocidad que la variedad testigo VS536 de uso común en la entidad, lo cual puede representar un mecanismo de escape a la ocurrencia de periodos de sequía, que comúnmente se presenta en las siembras de maíz de temporal. Además de que estas dos variedades también mostraron una altura de planta de baja y un buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, que es favorable para disminuir los riesgos de acame del cultivo en las siembras del ciclo de otoño-invierno, donde es común la presencia de vientos fuertes (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Rendimiento y características agronómicas de variedades sintéticas de maíz normal y de alta calidad de proteína. Campo Experimental Cotaxtla, Medellín Ver., ciclo de verano de 2018.**

No.	Genotipo	RG (t/ha)	FM (d)	AP (cm)	ASP (1-5)	ASM (1-5)	SP (1-5)	SM (1-5)
11	SINTETICO -11C	7.21 *	50.51	211.0	2.22	2.45	1.98	2.17
12	SINTETICO -TS-6	7.19 *	49.00	205.5	2.17	2.43	2.24	1.87
15	VS -536 (T)	7.10 *	53.01	204.7	2.34	2.25	2.49	2.72 *
18	SINTETICO -2B	7.09 *	49.98	242.3	2.69 *	1.70	2.51	1.97
2	SINTETICO -2C	6.73*	51.5	227.4	2.17	2.29	2.50	2.22
10	SINTETICO -10C	6.70 *	50.51	218.0	1.82	2.56	2.00	2.32 *
21	SINTETICO -5B	6.63 *	52.48	229.8	1.59	2.25	1.98	2.27
23	VS -560 CHIAPAS (T)	6.59 *	49.96	195.5	2.57 *	2.22	2.50	2.47 *
8	SINTETICO -8C	5.77 *	50.48	205.0	1.94	2.5	2.01	2.22
9	SINTETICO -9C	5.76 *	48.5	208.1	2.44 *	2.75	2.50	2.80 *
13	SINTETICO -LPS-C-3	5.67 *	48.49	204.3	2.71 *	2.43	2.50	2.12
14	SINTETICO -3SEQ	5.58 *	51.01	229.8	2.21	2.18	2.24	2.19
16	V -537C (T)	5.53 *	52.01	234.0	1.96	2.22	1.99	2.27
25	VS -562 CHIAPAS (T)	5.48 *	53.48	263.5	2.46 *	2.04	2.49	2.32 *
22	SINTETICO -1A	5.26	53.97	209.2	2.53 *	2.72	2.49	2.97 *
7	SINTETICO -7C	5.22	52.00	208.8	2.40 *	2.50	2.50	2.22
1	SINTETICO -1C	5.00	48.01	195.4	2.72 *	3.06	2.73	3.02 *
17	SINTETICO -1BQ	4.94	49.99	201.0	2.65 *	2.70	2.50	2.72 *
24	VS -561 CHIAPAS (T)	4.84	50.98	226.0	2.82 *	2.72	1.99	3.05 *
4	SINTETICO -4C	4.83	50.01	229.2	2.21	2.54	2.50	2.55 *
19	SINTETICO -3B	4.40	51.50	207.8	2.69 *	2.45	2.50	2.05
3	SINTETICO -3C	4.32	52.49	196.2	2.46 *	2.79	2.00	2.72 *
20	SINTETICO -4B	3.94	50.50	230.2	2.32	2.52	2.25	2.57 *
5	SINTETICO -5C	3.82	52.01	201.6	2.59 *	2.36	2.50	2.57 *
6	SINTETICO -6C	3.10	50.01	209.3	2.71 *	2.52	2.74	2.02
	DMS, 0.05	1.918						0.736

T = Testigo. RG = Rendimiento de grano. DFM = Días a floración masculina. AP = Altura de planta. ASP = Aspecto de planta. ASM = Aspecto de mazorca. SP = Sanidad de planta. SM = Sanidad de mazorca. \* = Genotipos sobresalientes en cada variable de acuerdo a la prueba de la DMS, 0.05.





Por otro lado, Sintético-11C, al ser un genotipo con un mayor contenido de proteína en su grano, representa una buena alternativa de siembra, para los productores de maíz ubicados en zonas marginales del estado de Veracruz, donde este cultivo es de autoconsumo, lo que favorecerá una mejor nutrición de las familias rurales, donde este grano es muy consumido (Espinosa *et al.*, 2006).

## Conclusiones

1. Las variedades experimentales Sintético-11C de alta calidad de proteína y Sintético-TS-6, junto con la variedad comercial VS-536 fueron las más productivas, sin embargo, a diferencia de esta última variedad, las dos primeras mostraron mayor precocidad y mejor sanidad de sus mazorcas. Estos dos genotipos en un futuro pueden liberarse como nuevas variedades para su uso comercial.

## Literatura citada

- Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.
- Espinosa, C. A., N. Gómez M., M. Sierra M., E., Betanzos M. y F. Caballero H. 2006. Variedades e híbridos de maíz de calidad proteínica en México. *Revista Ciencia* 57(3):28-34.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- Mertz, E. T. 1994. Thirty years of opaque 2 maize. p. 1-10. *In: Quality protein Maize. 1964-1994. Proc. of Symp. of Quality Protein Maize. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas M. G. Brasil.*



- Olivares, S. E. 1994. Paquete Estadístico de Diseños Experimentales (Programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- Palafox, C. A., M. Sierra M., F. A. Rodríguez M. y F. J. Ugalde A. 2010. Tecnología de producción para maíz de grano y elote para el trópico húmedo de México. Folleto para productores Núm. 14. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 14 p.
- Reyes, C. P. 1990. Diseños de experimentos aplicados. Agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales y ciencias de la salud. Ed. Trillas. México, D. F. 348 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Secretaria de agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Anuario Estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/) [consultado en agosto de 2019].
- Sierra, M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Calderón E., G. Vázquez C., N. Gómez H. y S. Barrón F. 2011. H-564C, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2(1):71-84.
- Sierra, M. M., A. Palafox C., O. Cano R., F. A. Rodríguez M., A. Espinosa C., A. Turrent F. *et al.* 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 30. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- Sierra, M. M., F. Rodríguez M., P. A. Meza, N. Gómez M., A. Espinosa C., M. Tadeo R. *et al.* 2018. Comportamiento agronómico de variedades sintéticas de maíz para el trópico húmedo de México. p. 67-79. *In:* Pérez, S. F., E. Figueroa H., L. Godínez M., R. M. García N. y J. Rocha Q. (comps.). Sistemas de Producción y Cultivos Agrícolas en México. Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. (ASMIIA, AC). México.



- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., R. A. Castillo G., R. E. Preciado O. y F. Márquez S. 1992. VS-536 variedad sintética de maíz para el trópico húmedo de Veracruz y regiones similares (descripción varietal). Folleto Técnico Núm. 2. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México. 11 p.
- Vasal, S. K. 1994. High quality protein corn. p. 75. *In*: Specialty Corn. Hallauer, A. R. (ed.). CRC Press. Boca Ratón, Fl.



## COMPORTAMIENTO PRECOSECHA DE GENOTIPOS DE PAPAYA DURANTE LA PRIMAVERA EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Rebeca Rodríguez Falconi<sup>63</sup> y Jorge Gustavo Rodríguez Escobar<sup>63\*</sup>

### Resumen

Veracruz es el principal abastecedor de papaya, frutos muy apetecidos por los mexicanos. En México se han cultivado papayas criollas e introducidas, sin embargo, la mayoría presentaron problemas fitosanitarios que restringen su producción como virosis, antracnosis, ácaros fitoplasmas, pero también altas temperaturas que ocasionan daños a la producción; para lo anterior, se han sugerido estrategias genéticas con accesiones silvestres. El objetivo del presente trabajo fue evaluar comportamiento precosecha de genotipos de papaya cultivados en el centro de Veracruz con relación entre ellos mismos y a factores ambientales adversos, en este caso la temperatura. La investigación se realizó en la primavera de 2019, en huertos comerciales ubicados en el municipio de Cotaxtla, Ver. Se evaluaron cuatro tratamientos: T1= Híbrido MSXJ, T2= Variedad Maribel, T3= Híbrido Intenza, T4= Intenza + acolchado. Las variables de estudio fueron: altura de planta, número de hojas, altura del primer brote floral, número de flores y frutos, así como de flores abortadas, cantidad de frutos abortados y de frutos con carpeloidía. Se evaluaron 24 plantas por cada tratamiento, considerándose a una planta como unidad experimental. Los datos se tomaron de febrero a junio, durante la etapa de precosecha, para apreciar el efecto de temperatura en los genotipos. Se analizó bajo un diseño de bloques al azar y se realizó la prueba de medias de Tukey. Las temperaturas más cálidas con sus máximas superiores a 33.0°C fueron en mayo y junio. Los daños registrados durante estos meses fueron aborto de flor y de frutos, además de daño por carpeloidía, que afectaron el número de frutos de cada genotipo. En mayo se presentó el mayor aborto de flores, en junio el aborto de

<sup>63</sup> Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. \* rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx





frutos, en todos los tratamientos; en mayo también se presentó la mayor cantidad de carpeloidía en los tratamientos 2, 3 y 4. Por su respuesta a la temperatura se considera que el comportamiento precosecha en los tratamientos 1 y 2 son competitivos en la producción de papaya en el centro de Veracruz. El tratamiento 1 presentó menor aborto de flores y frutos, así como menor carpeloidía.

**Palabras claves:** aborto de flor, MSXJ, carpeloidía

## Introducción

La papaya como fruta se integra a la dieta diaria de los mexicanos. En México se siembran 19,312 ha, de las cuales, en Veracruz, principal estado productor y abastecedor de fruta de papaya en México, se siembran 3,525 ha, seguido de Colima, Michoacán, Oaxaca y Chiapas. Mientras que en Oaxaca y Chiapas los rendimientos son de 61 y 42 ton/ha, en Veracruz son de 32 ton/ha en los municipios donde más se cultiva papaya (Cotaxtla, Tierra Blanca y Tlalixcoyan) ubicados en el centro de Veracruz (SIAP, 2019).

La familia Caricaceae con sus 35 especies se divide en seis géneros: *Carica papaya* (una especie), *Cylicomorpha* spp. (dos), *Horovitzia cnidoscoloides* (una), *Jarilla* spp. (tres), *Jacaratia* spp. (ocho), *Vasconcellea* spp. (20), *C. papaya*, cultivada por sus frutos, se separa de sus clados hermanas desde hace 25 millones de años. Se considera a Mesoamérica como uno de los centros de domesticación de plantas, en las tierras bajas del suroeste de México, antes de los Olmecas y mayas, de 5000-4000 años AC (Antunes y Renner, 2012). En México se han cultivado papayas criollas como la Cera, Cocos y Mamey, además de introducidas como las hawaianas tipo Solo: Kapoho, Rainbow, Sunup, Sunrise y Sunset, otras como la Tainung, Red Lady, Intenza, Sensación, Maradol, Passion Red, Lenia, Mulata y Maribel (Santamaria, 2012). Los cultivos de papaya Intenza y Maribel se han incrementado en grandes superficies del centro de Veracruz.



Los problemas fitosanitarios reducen la producción e ingresos de los productores, ya que destinan al manejo de problemas fitosanitarios \$ 24,579.00/ha, que representa el 17 % del costo del paquete tecnológico. Los principales problemas fitosanitarios que afectan al papayo en México son la virosis (De los Santos *et al.*, 2000; Noa-Carrazana *et al.*, 2006; Rodríguez, 1994), la antracnosis (Rodríguez *et al.*, 2018 a,b) y en los últimos diez años destacan los ácaros (Abato, 2011; Reyes-Pérez *et al.*, 2013; Rodríguez-Escobar y Salas-Reyes, 2016), el fitoplasma (Lebsky *et al.*, 2010; Rojas-Martínez *et al.*, 2011) y las temperaturas altas (De los Santos *et al.*, 2000; Jeyakumar *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2010).

Chávez-Berrantes y Gutiérrez (2017), De los Santos *et al.* (2000), Hueso *et al.* (2015), Jeyakumat *et al.* (2007) y Vázquez *et al.* (2010) mencionan que las temperaturas de marzo a mayo superiores a 35°C disminuyeron la asimilación neta de CO<sup>2</sup> y la conductancia estomática, provocando esterilidad femenina, por atrofiamiento del ovario que impide que el fruto se desarrolle e impacta en su deformación (carpeloidía). Este experimento se originó de una comparación de cinco genotipos de papaya en 1915, donde se observaron efectos similares a los citados por los equipos de investigadores; de agosto a octubre las temperaturas superaron los 35° C y provocó la caída de 4 a 6 flores en todos los genotipos, observándose lo mismo en parcelas de productores.

Chávez-Berrantes y Gutiérrez *et al.* (2017) señalaron que el estrés por calor ocasiona daños irreversibles en el metabolismo y el desarrollo de las plantas; en clones de papaya sometidos por 18 meses a temperaturas, de 28-36°C, produjo aceleración del crecimiento, con plantas altas pero débiles, con frutos pequeños y de temprana madurez; afecta la esporogénesis con daños en el rendimiento, también causa pobre viabilidad del polen, además estos mismos investigadores sugieren que la temperatura influenciará la expresión del sexo en papaya y que las flores no produzcan frutos.

Por otra parte, debido a la falta de semilla nacional de papaya, se recurrió a variedades e híbridos introducidos; estos han manifestado susceptibilidad a plagas y enfermedades, y aunado a lo anterior se sugiere que para enfrentar el problema de estrés térmico se utilicen estrategias genéticas mediante accesiones silvestres o



especies relacionadas (Wahid *et al.*, 2007), por tal motivo se han producido algunos materiales utilizando como progenitores genotipos criollos con tolerancia a varios problemas que presentan los introducidos. De esta forma, se desarrollaron los híbridos Azteca y MSXJ; el híbrido MSXJ se desarrolló en Tabasco, de un progenitor padre Maradol (MST) y como madre la línea criolla "J", del primero heredó altura al primer fruto, color y consistencia del fruto y de la línea criolla la tolerancia a enfermedades, ácaros y carpeloidía (Mirafuentes *et al.*, 2013). Además, se han desarrollado las variedades BS y BS2 que, aunque han registrado tolerancia a temperaturas altas, su pérdida de firmeza las restringe del mercado de exportación (Santamaría *et al.*, 2015).

Para conocer el comportamiento de los genotipos de papaya se han estudiado variables de crecimiento como altura de planta, altura al primer fruto, número de flores, tipo de frutos; y variables de rendimiento como número de flores abortadas, número de frutos, número de frutos abortados y deformes o con carpeloidía (Mirafuentes y Azpeitia, 2008; Mirafuentes *et al.*, 2013 a,b; Vargas *et al.*, 2004). Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar comportamiento precosecha de tres genotipos de papaya cultivados en el centro de Veracruz con relación entre ellos mismos y a factores ambientales adversos como la temperatura.

## **Materiales y métodos**

El experimento se estableció de enero a junio de 2017, en dos plantaciones de productores, ubicadas en el municipio de Cotaxtla, del estado de Veracruz, próximos a la carretera Federal. La concentración y el análisis de datos se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla.

Las plantas se produjeron en charolas germinadoras en invernadero, se trasplantaron la segunda quincena de enero sobre suelos francos. Para el experimento se utilizaron tres genotipos, dos híbridos y una variedad para conformar los siguientes tratamientos: T1= MSXJ (desarrollado por INIFAP), T2= Variedad Maribel, T3= Híbrido Intenza, y T4= Híbrido Intenza con acolchado. Las



plantas se colocaron a 3 m entre hileras y 1.5 m entre plantas, con dos cintillas para riego. Las plantas recibieron el manejo tecnificado del productor regional (nutrición, riegos, control de plagas, enfermedades y malezas).

Las variables de estudio fueron: 1. Altura de planta, la cual se midió desde el cuello de la planta o nivel del suelo hasta la parte apical del cogollo; 2. Número de hojas, se contaron las hojas formadas por planta con exposición al sol; 3. Altura del primer brote floral o fruto más bajo, se midió la altura del suelo al primer brote floral, flor o fruto que se encontraba más cercano al suelo; 4. Número de flores, se contó la cantidad de flores presentes en la planta; 5. Número de frutos, se contó la cantidad de frutos presentes en la planta, se descontaron los abortados; 6. Número de flores abortadas, se contó la cantidad de flores que se presentaron marchitas, de color café diferente al normal o deshidratadas y aun adheridas a la planta; 7. Número de frutos abortados, se contó la cantidad de frutos presentes que presentaron color amarillo y falta de desarrollo y 8. Número de frutos con carpeloidía, se contaron los que estaban deformes. Se evaluaron 24 plantas por cada tratamiento, considerado una planta como unidad experimental. El registro de datos se realizó semanalmente de febrero a junio con excepción de abril y mayo, que se realizaron muestreo cada dos semanas. Se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño en bloques al azar, y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para los datos de aborto de flor, aborto de fruta y carpeloidía se realizó la transformación de datos por medio de  $\text{ArcoSeno } \sqrt{y}$ . Los datos se analizaron con el paquete estadístico utilizado fue SAS 9.3.

## Resultados y discusión

El análisis de varianza, para los datos de mayo y junio, mostró que había diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Para altura de planta (Alt), los tratamientos 1 y 2 (MSXJ y Maribel, respectivamente) presentaron menor altura (porte bajo) (Cuadro 1). Para número de hojas, el tratamiento 4 (híbrido Intenza con acolchado) registró la mayor cantidad de hojas.





Para la variable altura al primer brote floral, los tratamientos 1, 2 y 4 resultaron en menor altura al primer brote floral; con respecto al número de flores, los tratamientos 1 y 2 presentaron el valor más alto significativo.

**Cuadro 1. Comparación de medias de las variables altura de planta, número de hojas, altura al primer brote floral y número de flores de papaya (*Carica papaya* L.).**

Tratamiento	Alt	NH	APBF	NF
T1. Híbrido MSXJ	106.17c	22.76b	0.50b	41.18a
T2. Variedad Maribel	100.47c	22.08b	0.49b	39.02ab
T3. Híbrido Intenza	124.50b	22.78b	1.08a	35.23b
T4. H. Intenza + Acolchado	141.56b	26.40a	0.70ab	25.87c

Alt: altura de planta; NH: Numero de hojas; APBF: Altura al primer brote floral; NF: Numero de flores (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Para estas primeras cuatro variables de estudio, con relación al comportamiento de los tres genotipos de papaya cultivados en el centro de Veracruz, los genotipos MSXJ y Maribel presentaron un comportamiento estadísticamente semejante. MSXJ presentó una altura al primer fruto de 50 cm, un resultado similar al reportado por Mirafuentes *et al.* (2013a), en Huimanguillo, Tabasco, con valores de 44 cm al primer fruto, mientras que el mismo autor señala que en Yucatán registró valores de 70 cm. Por otra parte, Santamaría *et al.* (2015) reportó para BS, variedad tolerante al estrés por calor, valores entre 80 y 88 cm.

Las variables del Cuadro 2 muestran diferencias altamente significativas para número de frutos en precosecha. El híbrido MSXJ presentó una media de 11.33, superior a los otros genotipos, resultados similares fueron encontrados en otras investigaciones por Mirafuentes *et al.* (2013a). Con relación al aborto de flor, los genotipos MSXJ e Intenza tuvieron menor cantidad de flores abortadas. El aborto de flores fue mayor en los genotipos Maribel e Intenza con acolchado (T4). Los resultados del tratamiento 4 pudo deberse a que el acolchado pudo haber incrementado la temperatura en detrimento de las flores. Respecto a aborto de frutos, MSXJ y Maribel presentaron la menor cantidad de frutos abortados. El número de frutos deformes o frutos con carpeloidía, afectó principalmente al genotipo Maribel.


**Cuadro 2. Comparación de medias de las variables número de frutos, aborto de flor, aborto de frutos y carpeloidía de papaya (*Carica papaya* L.).**

Tratamiento	Nfru	AF	Afru	Car
T1. Híbrido MSXJ	11.33a	0.58b	0.08b	0b
T2. Variedad Maribel	7.35b	2.10a	0.38b	0.20a
T3. Híbrido Intenza	2.50c	1.58ab	1.68a	0.13ab
T4. H. Intenza + Acolchado	5.41b	2.62a	1.98a	0.11ab

Nfru: Numero de frutos; AF: aborto de flor; Afru: aborto de frutos; Car:carpeloidía. (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

El comportamiento de los tres genotipos de papaya cultivados en el centro de Veracruz, fue afectado principalmente por la temperatura (Cuadro 3), de las zonas donde actualmente se siembra papaya del municipio de Cotaxtla. Destacan como los meses con las temperaturas más cálidas, con sus máximas superiores a 33.0°C mayo y junio. Esta investigación muestra que para el centro de Veracruz la temperatura tubo efecto evidente en las flores en los genotipos Maribel, Intenza e Intenza con acolchado, con aborto de flores del 57, 45 y 100% mientras que para MSXJ fue del 5%. Respecto al aborto de fruta para Intenza sin y con acolchado se registró 100 y 83%, respectivamente, mientras que para en MSXJ y Maribel se obtuvieron valores de 4.9 y 22.8% de perdida de fruto, respectivamente. Con relación al problema de deformación de fruto o carpeloidía se tomó la cantidad total de frutos de cada uno de los genotipos para obtener el porcentaje de carpeloidía, de este modo se tiene que los genotipos Maribel e Intenza presentaron mayor porcentaje de carpeloidía con 7.6 y 2.5%, respectivamente, mientras que en Intenza con acolchado fue de 0.8% respecto al total de frutos, por el contrario, MSXJ no presento frutos con este problema (Cuadro 2). Lo citado se relaciona con lo expresado por otros investigadores que mencionan el daño que ocasionan las temperaturas superiores a 33°C en la producción de papaya como (Chávez-Berrantes y Gutiérrez *et al.*, 2017; De los Santos *et al.*, 2000; Hueso *et al.*, 2015; Jeyakumat *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2010).



**Cuadro 3. Temperaturas medias de la Estación “El Copital”, Veracruz, desde 1981 a 2010. CONAGUA, agosto 2019.**

Temperatura	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Media	24.1	25.9	27.3	26.8	26.1
Máxima	31.0	32.9	34.3	33.2	32.1
Mínima	17.2	18.9	20.4	20.3	20.1

En la Figura 1 se observa el promedio de flores abortadas por mes. Se puede notar que en mayo se presentó la mayor cantidad de flores abortadas en todos los tratamientos, y coincide con el aumento de temperatura máxima promedio de 34.3°C (Cuadro 3), afectando más en los tratamientos 2 y 4, mientras que los tratamientos 1 y 3 sufrieron menor aborto de flor, y fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 2). En junio la temperatura máxima promedio descendió y como consecuencia se observó menor aborto de flor, y se mantuvo el daño sobre los tratamientos 2 y 4, siendo más afectado el tratamiento 4 probablemente al incremento de la temperatura debido al acolchado.



**Figura 1. Aborto de flor por mes en genotipos. T1= híbrido MSXJ, T2= variedad Maribel, T3= híbrido Intenza, T4= híbrido Intenza con acolchado.**

La Figura 2 presenta el promedio de frutos abortados por mes, se observó que en junio hay mayor aborto en frutos de todos los tratamientos, y coincide con la segunda temperatura máxima promedio más elevada de 33.2°C (Cuadro 3), pero

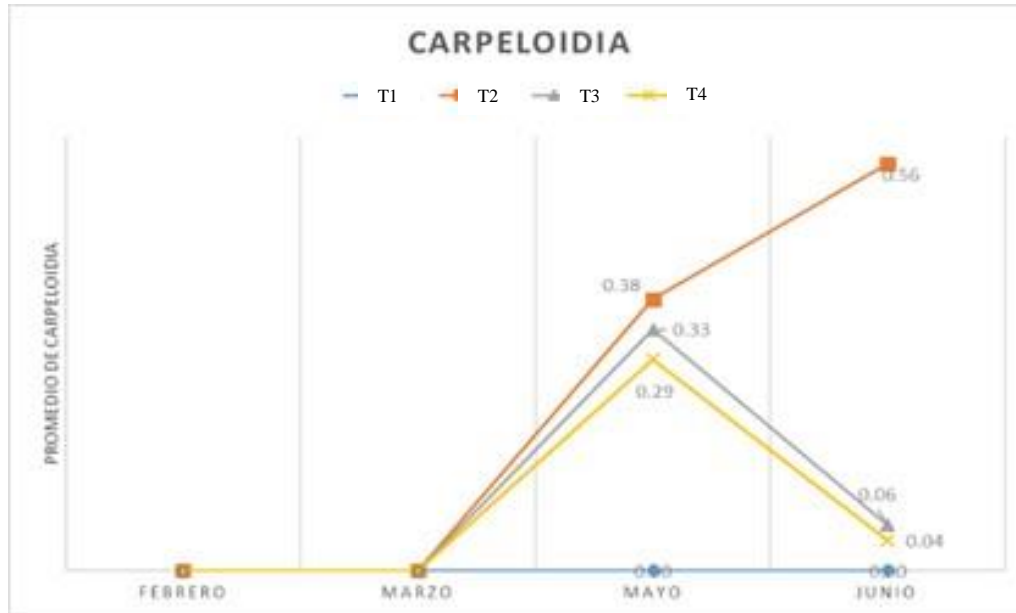
daña más en los tratamientos 3 y 4, mientras que los tratamientos 1 y 2 presentaron menor aborto de frutos y fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 2). Los tratamientos 3 y 4 fueron afectados durante los meses más cálidos por el estrés térmico, a pesar de que en mayo se perdió bastante flor por aborto, en casi todos los tratamientos, las pocas flores que conservaron en los tratamientos 3 y 4, cuando se transformaron en frutos fueron abortados en el mes de junio.



**Figura 2. Aborto de fruto por mes en genotipos. T1= híbrido MSXJ, T2= variedad Maribel, T3= híbrido Intenzza, T4= híbrido Intenzza con acolchado.**

En la Figura 3 se presenta el promedio de frutos deformes o con carpeloidía por mes, se observa que en mayo se presentó la mayor cantidad de carpeloidía en los tratamientos 2, 3 y 4, que coincide con la temperatura máxima promedio más elevada de 34.3°C (Cuadro 3), ésta dañó más en los tratamientos 2 y 3, mientras que en el tratamiento 4 presentó menor carpeloidía y el tratamiento 1 no se presentó. En el mes de junio en el tratamiento 2 fue el único donde se presentó fuerte efecto de carpeloidía, valor que fue significativamente mayor que en los otros tres tratamientos (Cuadro 2). Los efectos del aborto de flor, aborto de frutos y la carpeloidía producen en las plantas un espacio sin frutos sobre el tallo que los agricultores han nombrado “bancada sin frutos” (Figura 4).





**Figura 3. Carpeloidía o deformación de frutos por mes. T1= híbrido MSXJ, T2= variedad Maribel, T3= híbrido Intenza, T4= híbrido Intenza con acolchado.**



**Figura 4. Planta con “bancada sin frutos”.**



En esta investigación al tomar en cuenta las variables de crecimiento (Cuadro 1) se observa que los tratamientos 1 y 2 (MSXJ y Maribel) son estadísticamente semejantes, además de que presentan menor cantidad de frutos abortados, por lo que se puede considerar que el comportamiento precosecha de ambos materiales los define como genotipos igualmente competitivos en la producción de papaya en el centro de Veracruz. MSXJ presentó reducido daño por las temperaturas superiores a 33°C que se presentaron en el centro de Veracruz, sobre las variables de rendimiento como aborto de flor, aborto de frutos y carpeloidía; este genotipo es una combinación de un material comercial y una accesión silvestre (Mirafuentes et al., 2013), su tolerancia en buena medida se relaciona con lo sugerido por Wahid et al. (2007) para enfrentar el problema del estrés térmico.

## Conclusiones

1. Los genotipos MSXJ y Maribel presentaron un comportamiento precosecha igualmente competitivo en la producción de papaya en el centro de Veracruz.
2. El comportamiento de MSXJ presentó reducido efecto por las temperaturas superiores a 33° C que se presentaron en el centro de Veracruz.

## Literatura citada

- Abato, Z. M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. 114 p.
- Antunes, C. F. and Renner, S. S. 2012. A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65:46-53 <http://www.elsevier.com/locate/ympev> [consultado el 14 de agosto de 2019].
- Chávez-Barrantes, N. F. y M. V. Gutiérrez S. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agron. Mesoam.* 28(1):255-271



- De los Santos, de la R., F., E. N. Becerra, L., R. Mosqueda, V., A. Vásquez, H. y A. B. Vargas, G. 2000. Manual de Producción de Papaya en el estado de Veracruz. Folleto Técnico Núm. 17. INIFAP-CIRGOC-Campo Cotaxtla. Veracruz, México. 87 p.
- Hueso M., J. J., I. Salinas R. y J. Cuevas G. 2015. El cultivo de la papaya. Fundación Cajamar.universidad de Almería. Fichas de transferencia No. 009. 9 p.
- Jeyakumar P., M. Kavino., N. Kumar y K. Soorianathasundaram. 2007. Physiological performance of papaya cultivars under abiotic stress conditions. p. 25. *In*: Chan, Y. K. and R. E. Paull (eds.). I International Symposium on Papaya. ISHS ActaHorticulturae 740. Malasia.
- Lebsky, V., A. Poghosyan y Silva-Rosales, L. 2010. Application of scanning electron microscopy for diagnosing phytoplasmas in single and mixed (virus-phytoplasma) infection in papaya. *Julius-Kuhn-Archiv* 427:70-78
- Mirafuentes, H. F., y A. Azpeitia M. 2008. `Azteca`, primer híbrido de papaya para el trópico de México. *Rev. Mexicana de Fitotecnia*. 31(3):291-293
- Mirafuentes, H. F., F. Santamaria B., A. Azpeitia M. y H. R. Rico P. 2013a. Adaptación del híbrido de papaya (*Carica papaya* L.) "MSXJ" a diferentes condiciones ambientales de México. 2º congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. Mesa 4. UACH. CP. IPN. UNAM. p. 83-90
- Mirafuentes, H. F., F. Santamaria B. y A. Azpeitia M. 2013b. Metodología para la obtención de un híbrido "MSXJ" de papaya y las características que hereda a sus progenitores. p. 4. *In*: II Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical y XXV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Noa-Carrazana., J., C., D. González-de-León, B. S. Ruiz-Castro, D. Piñero y L. Silva-Rosales. 2006. Distribution of Papaya ringspot virus and Papaya mosaic virus in papaya plants (*Carica papaya*) in Mexico. *Plant Dis*. 90:1004-1011
- Reyes-Pérez, N., J. A. Villanueva-Jímenez, M. de la C. Vargas M., H. Cabrera M. y G. Otero-Colina. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser*Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. *Agrociencia* 47:147-157





- Rodríguez, E., J., G. 1994. Distribución de las virosis del papayo en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, E. de México. 84 p.
- Rodríguez-Escobar, J. G. y Salas-Reyes, A. 2016. Respuesta a acaricidas del ácaro *Tetranychus urticae* del cogollo del papayo en Veracruz. p. 303-307. In: Martínez H. J., M. A. Ramírez G. y J. Cámara C. (eds.). Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria. UJAT. INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México.
- Rodríguez F. R, J. G. Rodríguez E. y C. G., Rodríguez, Q. 2018a. *Colletotrichum* spp. procedente de frutos de papaya del centro de Veracruz, su control con fungicidas y su efecto del pH del agua. p. 238-245. In: Martínez H. J., M. A. Ramírez G. y J. Cámara C. (eds.). Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria. UJAT. INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México.
- Rodríguez, Q. C. G., R. Rodríguez F. y J. G. Rodríguez E. 2018b. Identificación de *Colletotrichum* spp. en frutos de papaya del centro del Estado de Veracruz. p. 225-235. In: Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. Del Ángel P. y C. Perdomo M. (Comps.). Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver. México.
- Rojas-Martínez, R.I., E. Zavaleta-Mejía, Rivas-Valencia. 2011. Presencia de fitoplasmas en papayo (*Carica papaya*). Revista Chapingo Serie Horticultura 17(1):47-50
- Santamaría B. F., F. Mirafuentes, H. y A. Azpeitia M. 2015. BS y BS-2, variedades de papaya con resistencia a altas temperaturas. INIFAP. Folleto Técnico No. 19. Mérida, Yucatán. 18 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Producción agropecuaria y pesquera. Resumen Nacional por Estado. Papaya. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [consultado el 13 de agosto de 2019].
- Vargas, G., E., D. Munro O., H. R. Rico P., G. Díaz G., J. G. Garza L. y C. González R. 2004. Nuevos cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) para el trópico seco de México. CIRPAC. INIFAP. Folleto Técnico No. 4, Michoacán, México. 40 p.





- Vázquez, G., E., H. Mata, V., R. Ariza, F. y F. Santamaría, B. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya maradol en la planicie huasteca. INIFAP. Libro técnico No. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. 4. 155 p.
- Wahid, A., S. G. M. Ahsraf and M. R. Fooland. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Experimental Botany* 61:199-223



## PARÁMETROS DE CALIDAD PARA PELLETS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Patricia Aguilar Sánchez<sup>64\*</sup>, Casimiro Ordóñez Prado<sup>64</sup>, Noel Carrillo Ávila<sup>64</sup> y Manuel Alejandro Méndez Vázquez<sup>65</sup>

### Resumen

Ante el constante incremento en los hidrocarburos y los altos niveles de contaminación en el medio ambiente se requiere generar combustibles alternativos a los fósiles. La utilización de los residuos lignocelulósicos provenientes de cosechas agrícolas, son una opción para la producción de pellets, los cuales se utilizan para la generación de calor y energía eléctrica por medio de su combustión. El proceso de pelletización consiste en la compresión de biomasa lignocelulósica, obteniendo pequeños cilindros de un tamaño uniforme, los cuales reducen sus costos de manejo en comparación de la biomasa convencional (cáscaras, bagazos, astillas, etc.) y da como resultado un combustible sólido con una mayor homogeneidad estructural. La calidad de estos pellets se determina principalmente con dos variables: el contenido de cenizas (CC) y su poder calorífico (PC), por lo que el objetivo del presente trabajo fue estudiar estas variables con la finalidad de determinar la calidad de los pellets de residuos agrícolas lignocelulósicos. Las materias primas utilizadas fueron: residuos de coco, bagazo de caña y palma de aceite. Los resultados indican que los residuos de coco presentaron el mayor poder PC con 4,322.93 kcal/kg mientras que los de palma de aceite fueron los más bajos con 4,029.56 kcal/kg, los contenidos de cenizas fueron de 7.87, 4.26 y 3.50% para residuos de coco, caña de azúcar y palma de aceite respectivamente, existiendo diferencias significativas entre las medias con un  $p < 0.05$  para el CC y PC. Estos resultados muestran que es factible utilizar los residuos del coco, caña de azúcar y palma de aceite para la fabricación de pellets.

<sup>64</sup> Campo Experimental San Martinito. CIR-Golfo Centro. INIFAP. Km. 56.5 carretera federal México, Puebla, San Martinito Tlahuapan, Puebla. C.P. 74100. aguilar.patricia@inifap.gob.mx

<sup>65</sup> Comprimidos de Biomasa TODO PELLETT S.A.P.I de C.V. Km. 15+500 carretera Pénjamo- Pastor Ortiz Comunidad Varal de Cabrera, Abasolo, Gto., México.



**Palabras clave:** biomasa, bioenergía, coco, palma de aceite, bagazo de caña

## Introducción

Dado que la demanda de energía aumenta con el crecimiento de la población y los combustibles fósiles se agotan rápidamente, existe un mayor interés hacia las energías alternativas para reemplazar o vincularse con opciones renovables que contribuyan a mejorar el medio ambiente. La transformación de la biomasa puede considerarse como energía verde, ya que es un material disponible, neutro en carbono, barato y abundante (Unpinit *et al.*, 2015). En 1985, Johnston y Houseman obtuvieron la patente de los pellets; estos pequeños cilindros hechos de materiales lignocelulósicos y un polímero sintético, este último en menor cantidad (1-10%), en donde por su tamaño, el manejo y su almacenamiento puede ser más fácil de manipular (Johnson y Houseman, 1985). Los biocombustibles sólidos han demostrado ser competitivos en el continente europeo, siendo una alternativa prometedora a los combustibles fósiles para la producción de calor y de energía en el sector residencial e industrial, por lo que se considera como una energía alterna estable y económica (Nunes *et al.*, 2016). Además de que han experimentado un crecimiento fenomenal en la última década, y se espera que crezcan un 56% durante las tres décadas desde 2010 hasta 2040 (Bajwa *et al.*, 2018). A nivel mundial se realizan investigaciones sobre propiedades y análisis de pellets, para generar energía en forma de calor y eléctrica con diversas biomásas, a fin de sustituir las quemadas directas de materiales lignocelulósicos. La búsqueda constante de materiales de desecho que pueden usarse en la producción de pellets como energía renovable, está asociada con el desarrollo de materias primas que garanticen la estabilidad de producción de los pellets. Las materias primas provenientes de la industria maderera, así como las obtenidas de las actividades agrícolas, se utilizan actualmente en la producción de pellets en función de su disponibilidad en grandes cantidades en un área en particular. La estabilidad de los pellets puede obtenerse al equilibrar la composición de las materias primas. Por esta razón, la composición



de la materia prima es un elemento importante en la producción de pellets a partir de biomasa vegetal (Zawiślak *et al.*, 2019). El desarrollo de los pellets en México ha comenzado su desarrollo, dado el incremento constante de los hidrocarburos, estos combustibles sólidos se perfilan como una alternativa de bioenergía. Estos pequeños comprimidos demuestran que pueden reemplazar la demanda de gas natural y gas LP. Además de los beneficios ambientales, mitigando hasta en 18% las emisiones de gases de efecto invernadero (Tauro *et al.*, 2018). Si bien, en México, el tema de los pellets está en desarrollo, se estima que el potencial de energía de los pellets de residuos lignocelulósicos oscila entre 131 y 233 Petajoules/año. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el poder calorífico (PC) y contenido de cenizas (CC) en densificados de residuos de coco, caña de azúcar y palma de aceite.

## **Materiales y métodos**

### **Muestra**

Se utilizaron densificados de residuos de coco, caña de azúcar y palma de aceite, proporcionados por la empresa mexicana Comprimidos de Biomasa TODO PELLET S.A.P.I de C.V., ubicada en el km 15 + 500 de la carretera Pénjamo - Pastor Ortiz comunidad Varal de Cabrera, Abasolo, Gto., México. El tamaño de estos materiales fue de 6 mm de diámetro y 3 cm de largo, dimensiones comerciales actualmente.

### **Poder calorífico**

Para la determinación de PC, se utilizó un calorímetro modelo Parr 1266, siguiendo el procedimiento del manual de operación. El calorímetro se calibró con tabletas de ácido benzoico de grado calorífico y con un peso no mayor a 1 g. Para su determinación, se tomó un pellet no mayor a 1 g. El pellet se colocó en una cápsula de combustión, colocando en la parte superior un alambre de ignición de 10 cm y evitando que el alambre tocara las paredes de la cápsula. Posteriormente, la capsula con el pellet y el alambre, se colocaron en una bomba de oxígeno, cerrándose para





inyectar oxígeno. Finalmente, la bomba se colocó en una cubeta y se conectó a unos electrodos. La determinación del PC se realizó en un tiempo no mayor a 10 minutos, con cinco repeticiones por muestra. Los resultados se obtuvieron directamente del calorímetro en unidades cal/g y se ajustaron de acuerdo a la ecuación 1.

$$PCt = \frac{Ee (At) - 10 - Lai (k)}{Pm} \quad (1)$$

Donde:

**PCt** es el poder calorífico total [cal/g]

**Ee** es la energía equivalente [cal/°C],

**At** es el aumento de la temperatura [°C]

**Lai** es la longitud del alambre de ignición quemado [cm]

**k** es la constante (2.3 cal/cm)

**Pm** es el peso de la pastilla (muestra) [g].

## Cenizas

El procedimiento se realizó de acuerdo a la norma internacional UNE-EN ISO 18122. Se preparó un crisol aplicando energía térmica de 550°C/30 min, se enfrió y se registró el valor de la masa con precisión a 0.1 mg; posteriormente se le añadió aproximadamente 1 g de muestra molida, la cual fue tamizada en una malla 60 y se registró el valor exacto. Se colocó el crisol con muestra en una mufla, aplicando calentamiento de 5°C/min hasta 250°C, y se mantuvo esta temperatura durante 30 min. En seguida y sin sacar el crisol de la mufla, se aplicó otro calentamiento de 10°C/min hasta 550°C y se mantuvo esta condición por dos horas. Finalmente se extrae el crisol para un reposo de 10 min al exterior y se introduce en un desecador para un enfriamiento de 30 min, después de esto, se pesa para registrar el nuevo valor de la masa. El cálculo para porcentaje de cenizas en la muestra se hizo con la siguiente expresión:

$$CC = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \times \frac{100}{100 - CH} \quad (2)$$

Donde:

**CC** es el contenido de cenizas [%]

**m<sub>1</sub>** es la masa del crisol vacío [g]



$m_2$  es la masa del crisol más la masa de la muestra fresca antes de la aplicación de estándar [g]

$m_3$  es la masa del crisol más la masa de la ceniza residual posterior a la aplicación de estándar [g]

$CH$  es el contenido de humedad de la muestra utilizada [%].

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza y comparación múltiple de medias por el método de Duncan, utilizando el programa SAS versión 9.3. (SAS, 2011).

### Resultados y discusión

Los densificados de los residuos de coco y caña de azúcar presentaron poder calorífico más alto con 4,322.93 kcal/kg y 4,297.74 kcal/kg, respectivamente; estos valores no presentaron diferencias significativas entre sus medias.

El contenido de cenizas más alto se presentó en los densificados de palma de aceite con 7.87%; el contenido de cenizas de los tres tipos de pellets presentaron diferencias significativas entre sus medias con una  $p < 0.05$ , lo cual se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Valores promedio de PC y contenido de cenizas en residuos de coco, bagazo de caña y palma de aceite.**

Muestra de pellet (residuo)	Agrupamiento	Poder calorífico (kcal/kg)	Muestra de pellet (residuo)	Agrupamiento	Cenizas (%)
Coco	a	4,322.93	Palma de aceite	a	7.87
Bagazo de caña	a	4,297.74	Bagazo de caña	b	4.26
Palma de aceite	b	4,029.56	Coco	c	3.50

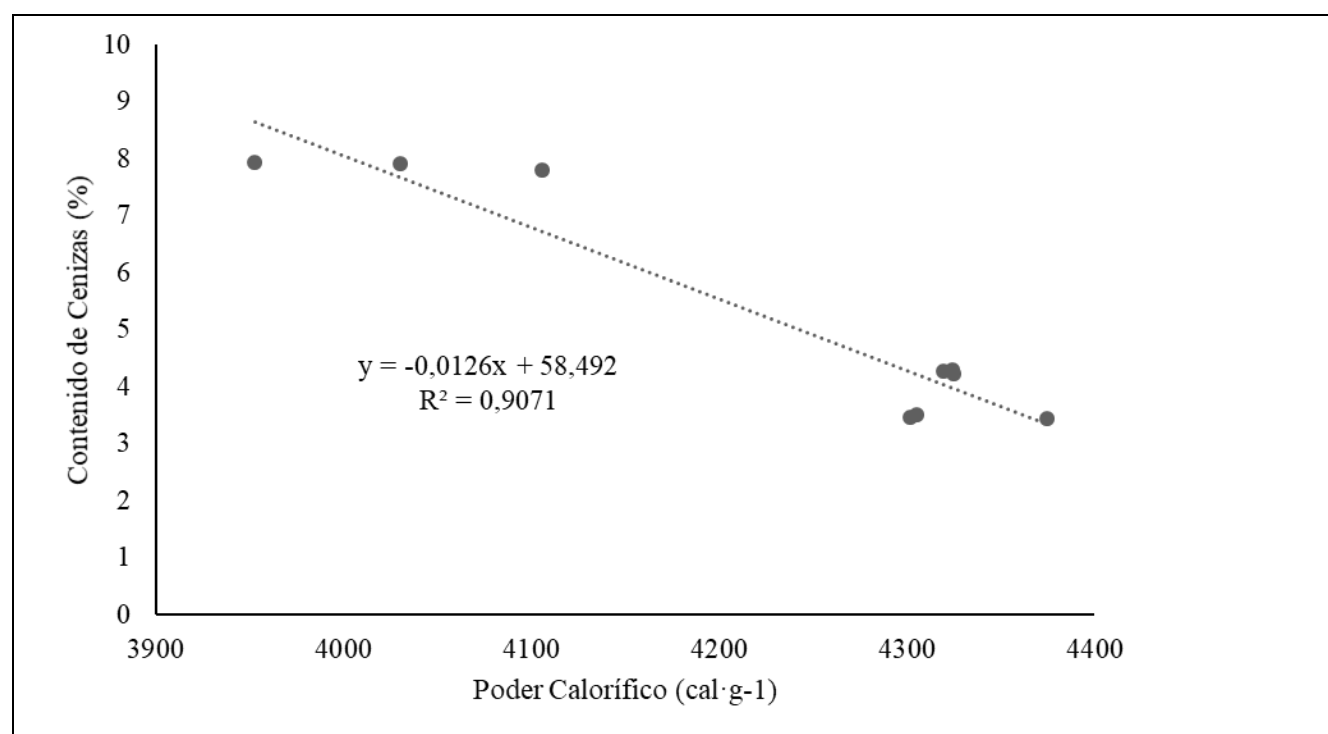
Las muestras con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba de Duncan.

De acuerdo a la normatividad para la calidad de los pellets, el contenido de cenizas se encuentra muy por arriba de lo señalado por la norma EN 14775, dentro de la



clase B, es decir, de baja calidad (UNE-EN 14775, 2010). Sin embargo, los valores de poder calorífico están dentro de la clase A, es decir, se considera pellets de buena calidad (UNE-EN 14918, 2011). Estos resultados contrastan con estudios actuales, en los cuales se reportan valores de calorimetría de 4041.58 kcal/kg para el bagazo de caña, el cual está por debajo de lo encontrado en este estudio. En el trabajo de Unpinit (2015), uno de los residuos fue la fibra de palma, en donde tuvieron un valor de cenizas de 0.2% considerado muy bajo y un valor de poder calorífico de 3742.82 kcal/kg. Otro trabajo donde vieron la opción de aprovechar toda la materia prima de la palma de aceite, reportan valor de cenizas del 3.5% y poder calorífico de 4636.71 kcal/kg (Loh, 2017).

En la Figura 1 se observa que el coeficiente de regresión  $R^2$  fue de 0.9, lo que indica que, a mayor contenido de ceniza el poder calorífico disminuye.



**Figura 2. Valores de poder calorífico y contenido de cenizas para los residuos agrícolas.**

El contenido de cenizas es una de las variables importantes para los materiales lignocelulósicos, ya que como se muestra en este trabajo y de acuerdo a otros



trabajos, el contenido de cenizas puede afectar su desprendimiento energético, entre otros desafíos tecnológicos y ambientales, más críticos durante el procesamiento de la biomasa y especialmente durante la conversión termoquímica de la misma (Vassilev *et al.*, 2017; Islas *et al.*, 2019).

## Conclusiones

1. Los parámetros analizados en este estudio muestran valores promedio de poder calorífico de entre 4,322.93 kcal/kg y 4,029.56 kcal/kg, siendo el más representativo el de la muestra de residuo de coco. 2. En cuanto al contenido de cenizas, el residuo de palma de aceite presentó el porcentaje más alto con 7.87%, en tanto que, el porcentaje más bajo fue para el residuo de coco. Los valores de poder calorífico están directamente relacionados con los del contenido de cenizas; a mayor contenido de cenizas el potencial calórico disminuye. Los residuos analizados en este trabajo presentan condiciones energéticas viables para la generación de pellets, además de ofrecer opciones para evitar el uso de cultivos alimenticios.

## Agradecimientos

A la empresa mexicana Comprimidos de Biomasa TODO PELLET S.A.P.I de C.V., por las facilidades para trabajar en conjunto y al INIFAP, por los recursos otorgados a través del proyecto fiscal con número de registro: 1193733819.

## Literatura citada

Bajwa, D. S., T. Peterson, N. Sharma, J. Shojaeiarani and S. G. Bajwa. 2018. A review of densified solid biomass for energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 96:296-305.





- Islas, J., F. Manzini, O. Maserá and V. Vargas. 2019. Solid biomass to heat and power. p. 145-177. *In*: The Role of Bioenergy in the Bioeconomy (Elsevier).
- Johnson, I. F. and J. Houseman. 1985. United States Patent number 4529407, Fuel Pellets. 11 p.
- Loh, S. K. 2017. The potential of the Malaysian oil palm biomass as a renewable energy source. *Energy Conversion and Management* 141:285-298.
- Nunes, L. J. R., J. C. O. Matias and J. P. S. Catalão. 2016. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. *Renewable Energy* 85:1011-1016.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT User's guide (software) versión 9.3. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Tauro, R., C. A. García, M. Skutsch and O. Maserá. 2018. The potential for sustainable biomass pellets in Mexico: An analysis of energy potential, logistic costs and market demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82:380-389.
- UNE-EN 14775:2010. Biocombustibles sólidos. Método para la determinación del contenido en cenizas. Norma Española. AENOR. 10 p.
- UNE-EN 14918:2011. Biocombustibles sólidos. Determinación del poder calorífico. Norma Española. AENOR. 60 p.
- Unpinit, T., T. Poblarp, N. Sailoon, P. Wongwicha and M. Thabuot. 2015. Fuel properties of bio-pellets produced from selected materials under various compacting pressure. *Energy Procedia* 79:657-662.
- Vassilev, S. V., C. G. Vassileva, Y. C. Song, W. Y. Li and J. Feng. 2017. Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion. *Fuel* 208:377-409.
- Zawiślak, K., P. Sobczak, A. Kraszkiwicz, I. Niedziółka, S. Parafiniuk, I. Kuna-Broniowska, W. Tanaś, W. Żukiewicz-Sobczak and S. Obidziński. 2019. The use of lignocellulosic waste in the production of pellets for energy purposes. *Renewable Energy* 145:997-1003.



## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SITIO-ESPECÍFICO SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE AGUACATE “MÉNDEZ”

Juan Antonio Herrera González<sup>66\*</sup>, Samuel Salazar García<sup>67</sup>, Arturo Álvarez Bravo y Martha Elva Ibarra Estrada<sup>68</sup>

### Resumen

Para mejorar la producción y tamaño de frutos de aguacate se puede considerar la fertilización de sitio específico (FSE), la cual considera los nutrientes removidos por los frutos que se cosechan, los nutrientes del suelo, los que se destinan para tallos, raíces y la eficiencia de los fertilizantes. En 2018, se muestrearon frutos de aguacate ‘Méndez’ de tres huertos con FSE y uno sin FSE (Testigo). Cada huerto fue considerado como un tratamiento, de cada tratamiento un grupo de frutos fue refrigerado a  $7.0 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $85 \pm 5\%$  por 28 d y otro grupo de frutos por 42 d bajo las mismas condiciones. Después de cada periodo de refrigeración los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente ( $24 \pm 2^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $60 \pm 5\%$ ) hasta alcanzar la madurez de consumo. Se evaluó el cambio de color en la piel y la calidad interna (pudrición basal y de pulpa). El cambio de color en la piel fue diferente entre los tratamientos en ambos periodos de refrigeración, donde el cambio de  $L^*$  (de verde a negro), de  $C^*$  (de brillo intenso a menos intenso) y  $h^\circ$  (tinte básico del color) fue ligero durante la refrigeración y hasta dos días después del traslado a temperatura ambiente (para 28 d el día 30 y para 42 d el día 44), llegando a madurez de consumo con valores similares de estas variables. La pudrición basal y de pulpa no fueron significativos para los frutos refrigerados por 28 d y en madurez de consumo. Pero si presentó diferencias significativas cuando se refrigeró por 42 d

<sup>66</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana 1101. Col. Revolución. Uruapan, Michoacán 60150, México. juanherreragonzalez@gmail.com

<sup>67</sup> INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6 entronque carretera Intnal. México-Nogales, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. Tel.: (55)3871-8700 ext. 84426.

<sup>68</sup> Investigador Independiente. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.



( $P < 0.0001$ ), siendo el huerto Colorín y Testigo los que presentaron los valores más altos (18-20% de los frutos con este daño).

**Palabras clave:** *Persea americana* Miller, pudrición basal, pudrición de pulpa

## Introducción

En 2018 se produjeron 2.1 millones de toneladas de aguacate las cuales Michoacán (77%), Jalisco (9%), Edo. de México (4%) y Nayarit (3%) fueron los principales productores. Tan sólo a los Estados Unidos, en la temporada 2018-2019, se exportaron 900 mil toneladas de aguacate. Se ha trabajado en alcanzar otros mercados, en 2017 y 2018 se exportaron 132 y 153 mil toneladas de esta fruta a Canadá, 12 países de Asia, 5 países de Centro y Sudamérica y 13 países de Europa (SIAP, 2019). Sin embargo, los problemas postcosecha de tipo patológicos y fisiológicos son el principal obstáculo para que se incrementen las exportaciones a estos países distantes (Tinyane *et al.*, 2018).

Además de los inconvenientes postcosecha, la heterogeneidad en el proceso de maduración también es otro problema y su origen se debe al manejo precosecha del fruto y la gran variabilidad de la fertilización en el huerto (Glowacz *et al.*, 2017). Para mejorar la producción y tamaño de frutos de aguacate se puede considerar la fertilización de sitio específico (FSE), la cual considera los nutrientes removidos por los frutos que se cosechan, los nutrientes del suelo, los que se destinan para tallos, raíces y la eficiencia de los fertilizantes (Salazar-García, 2002). En huertos bajo la FSE incrementan su productividad y calidad a la cosecha y postcosecha a corto plazo, ya que se realiza un uso apropiado de los fertilizantes, reduciendo la contaminación ambiental (Salazar-García y González-Durán, 2009). La FSE promueve la acumulación de compuestos preformados (inductores de mecanismos de defensa) en frutos sin madurar, generando un ambiente desfavorable para la activación y desarrollos del patógenos que se encuentra en estado latente o quiescente (biotrofismo). En postcosecha los mecanismos de defensa se activan por más



tiempo, debido a su alta concentración de los compuestos preformados. Con esto se evita el necrotrofismo (pudrición) de la que se alimentan los hongos, llegando el fruto a madurez de consumo sin alteraciones en la pulpa (Prusky *et al.*, 2013). Por lo que la FSE puede ser una alternativa para aumentar la homogeneidad de la calidad del fruto y su proceso de maduración en postcosecha. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad interna y el cambio de color de la piel de aguacate 'Méndez' de huertos manejados con y sin FSE en la zona productora de aguacate de Cd. Guzmán, Jalisco.

## Materiales y métodos

Para la evaluación de la calidad interna y el cambio de color se muestrearon frutos de aguacate 'Méndez', de la floración verano-otoño 2017 (octubre) de cuatro huertos, FSE-Colorín-1 (N: 19° 42' 58.46", O: 103° 31' 9.39"), FSE-Maravillas (N: 19° 44' 31.22", O: 103° 32' 6.69"), FSE-Mesa del zapote (N: 19° 45' 25.56", O: 103° 26' 24.67") y Zanjón del colgado (Testigo) (N: 19° 44' 9.68", O: 103° 32' 30.51"). En los huertos con FSE se realizaron ajustes en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, Mg, S, Fe, Mn, Zn y B según lo requerido en cada huerto.

En julio de 2018 se recolectaron frutos en madurez de cosecha (Herrera-González *et al.*, 2017), con un peso promedio de 180 g, de calidad suprema (NMX-FF-016-SCFI-2016, 2016) propiedad de Agro Gonzámex (Ciudad Guzmán, Jalisco). Cada huerto seleccionado se consideró como un tratamiento, tomando 180 fruto por tratamiento.

Del total de los frutos muestreados 90 frutos se almacenaron en refrigeración a 7.0 ± 1°C y humedad relativa (HR) de 85 ± 5% por 28 d y los otros 90 frutos por 42 d bajo las mismas condiciones antes mencionadas. Después de cada periodo de refrigeración los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente (24 ± 2°C y HR de 60 ± 5%) hasta alcanzar la madurez de consumo. Para cada tratamiento y cada periodo de refrigeración se consideraron tres repeticiones con 30 frutos cada una, considerando a cada fruto como una observación por repetición.





## Variables evaluadas

*Cambio de color en la piel.* Se cuantificó en todos los frutos al momento de la cosecha, al final de la refrigeración y diariamente a temperatura ambiente hasta alcanzar la madurez de consumo. Se empleó un colorímetro de reflectancia (High-Quality Colorimeter®, Focus on color, Shanghai, China). Los resultados se expresaron como cambio de luminosidad ( $L^*$ ), cromaticidad [ $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$ ] y matiz ( $h^\circ = \text{arctangente } b^*/a^*$ ) (Cox et al., 2004).

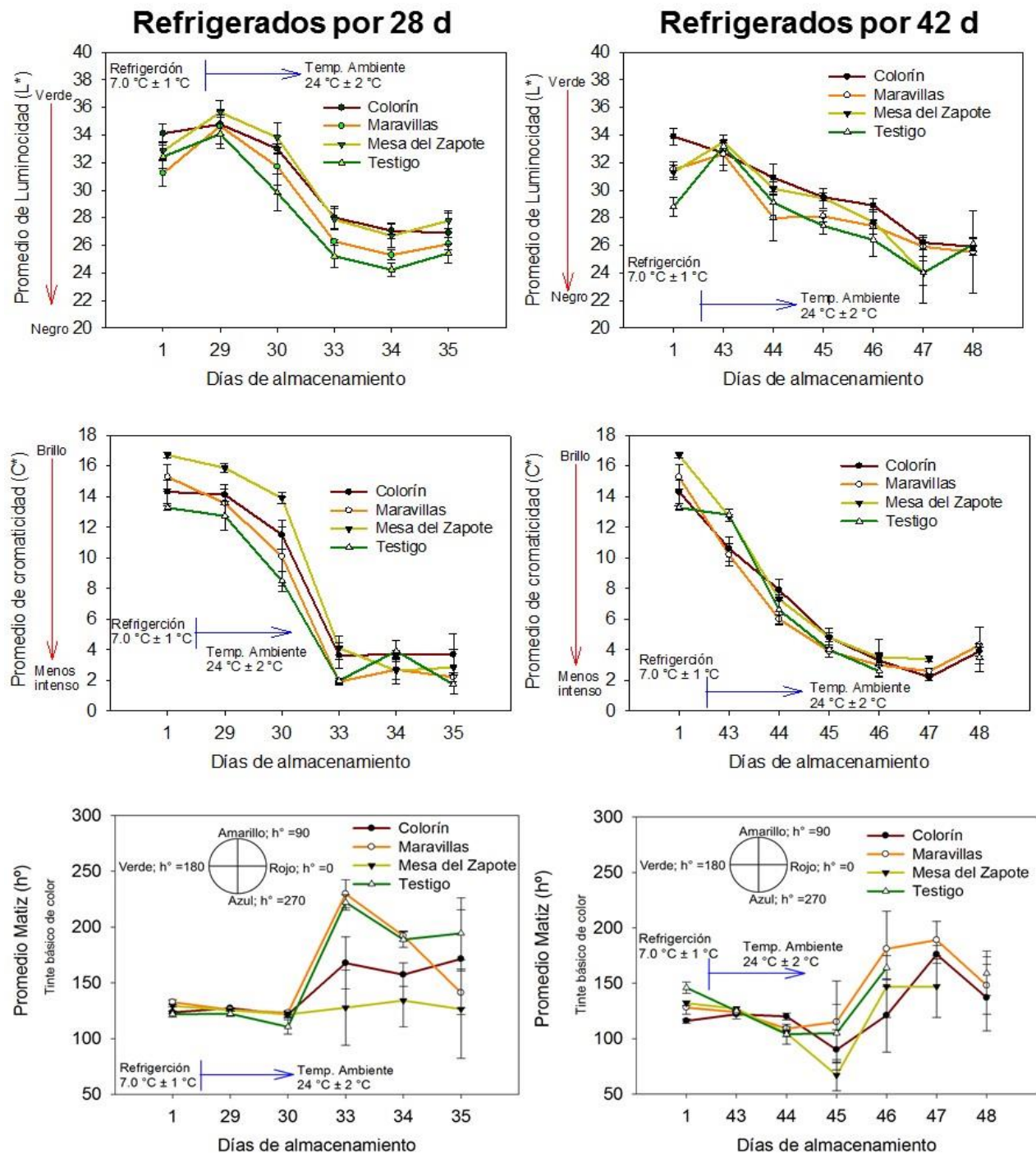
*Calidad interna.* En ambos periodos de refrigeración, cuando los frutos de cada tratamiento estuvieron completamente negros (entre 4 y 7 días a temperatura ambiente), blandos al tacto y con valores de luminosidad entre 27-24, cromaticidad entre 4-2 y matiz entre 150-200 (madurez de consumo) fueron partidos por la mitad y se evaluó la calidad interna según el porcentaje de frutos con pudrición basal y de pulpa.

**Análisis de la información.** Para evaluar los resultados de las variables color de la piel y calidad interna se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatros tratamientos (tres con FSE y un Testigo) y tres bloques, cada bloque formado por un grupo de 30 frutos (observaciones). La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey (0.05). Se empleó el paquete estadístico SAS versión 9.3.

## Resultados y discusión

### Cambio de color en la cáscara

El cambio de color en la piel fue diferente entre los tratamientos en ambos periodos de refrigeración (Figura 1), donde el cambio de  $L^*$  (de verde a negro), de  $C^*$  (de brillo intenso a menos intenso) y  $h^\circ$  (tinte básico del color) fue ligero durante la refrigeración y hasta dos días después del traslado a temperatura ambiente (para 28 d el día 30 y para 42 d el día 44) (Figura 1).



**Figura 1. Luminosidad, cromaticidad y matiz en la piel de frutos de aguacate 'Méndez' provenientes de tratamientos FSE y Testigo, almacenados en refrigeración (7.0°C ± 1°C y HR de 80% ± 10%) por 28 d y 42 d y después trasladados a temperatura ambiente (24°C ± 2°C y 60% ± 5% HR) hasta madurez de consumo. Los valores son el promedio de 90 frutos ± desviación estándar. Nota: FSE = Fertilización de sitio específica. HR = Humedad relativa.**



En frutos refrigerados por 28 d, a partir del día 33 los cambios fueron más notorios, el huerto Testigo mostro los cambios de  $L^*$  más bajos. La madurez de consumo se alcanzó entre el día 33 y el día 37 con valores de  $L^*$  menores a 25,  $C^*$  menores a 4 y  $h^\circ$  que variaron entre 150 y 230.

En los frutos refrigerados por 42 d, los cambios más notorios a madurez de consumo se dieron a partir del día 44, siendo los frutos del huerto Maravillas y del tratamiento Testigo los que presentaron los menores valores en los parámetros del color (frutos menos brillantes). La madurez de consumo se alcanzó entre el día 46 y el día 48 después de la cosecha, con valores similares a los obtenidos en los frutos refrigerados por 28 d.

El  $h^\circ$  presentó una disminución moderada y normal durante la refrigeración y los primeros días después del traslado a temperatura ambiente. Antes de alcanzar la madurez de consumo estos valores se incrementaron y volvieron a disminuir para alcanzar la madurez de consumo. Estos altibajos del  $h^\circ$  pudieron deberse a que el color de la cáscara ya no era purpura sino negra. Resultados similares fueron reportados por Cox *et al.* (2004) en Nueva Zelanda, cuando la temperatura de almacenamiento fue entre 20-25°C, pero esta variación no se presentó en frutos almacenados a temperaturas menores de 20°C. Por lo que los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por estos autores.

Durante el estudio el color de la piel cambio desde un verde esmeralda (en la cosecha) hasta un purpura/negro (en madurez de consumo). Aunque el color es un importante parámetro de calidad y madurez de consumo (Alamar *et al.*, 2017), en muchas ocasiones confunde a los consumidores, aparentando estar maduro cuando aún no lo está. Esto puede deberse a que los valores de  $L^*$ ,  $C^*$  y  $h^\circ$  no han disminuido lo suficiente ( $L^* > 26$ ,  $C^* > 4$  y  $h^\circ > 180$ ). Esto indica que el contenido de clorofila ha disminuido y el contenido de la cianidina 3-O-glucósido ha aumentado, pero en ambos casos no lo suficiente para alcanzar la madurez de consumo ( $L^* = 25-24$ ,  $C^* = 4-2$  y  $h^\circ = 150-200$  (Cox *et al.*, 2004). Por lo que podemos atribuir que el proceso de maduración está ligado a otros procesos fisiológicos, como la producción de etileno y la respiración, que al cambio de color de la piel (Gwanpua *et al.*, 2018). En el presente estudio los cambios de los parámetros del color





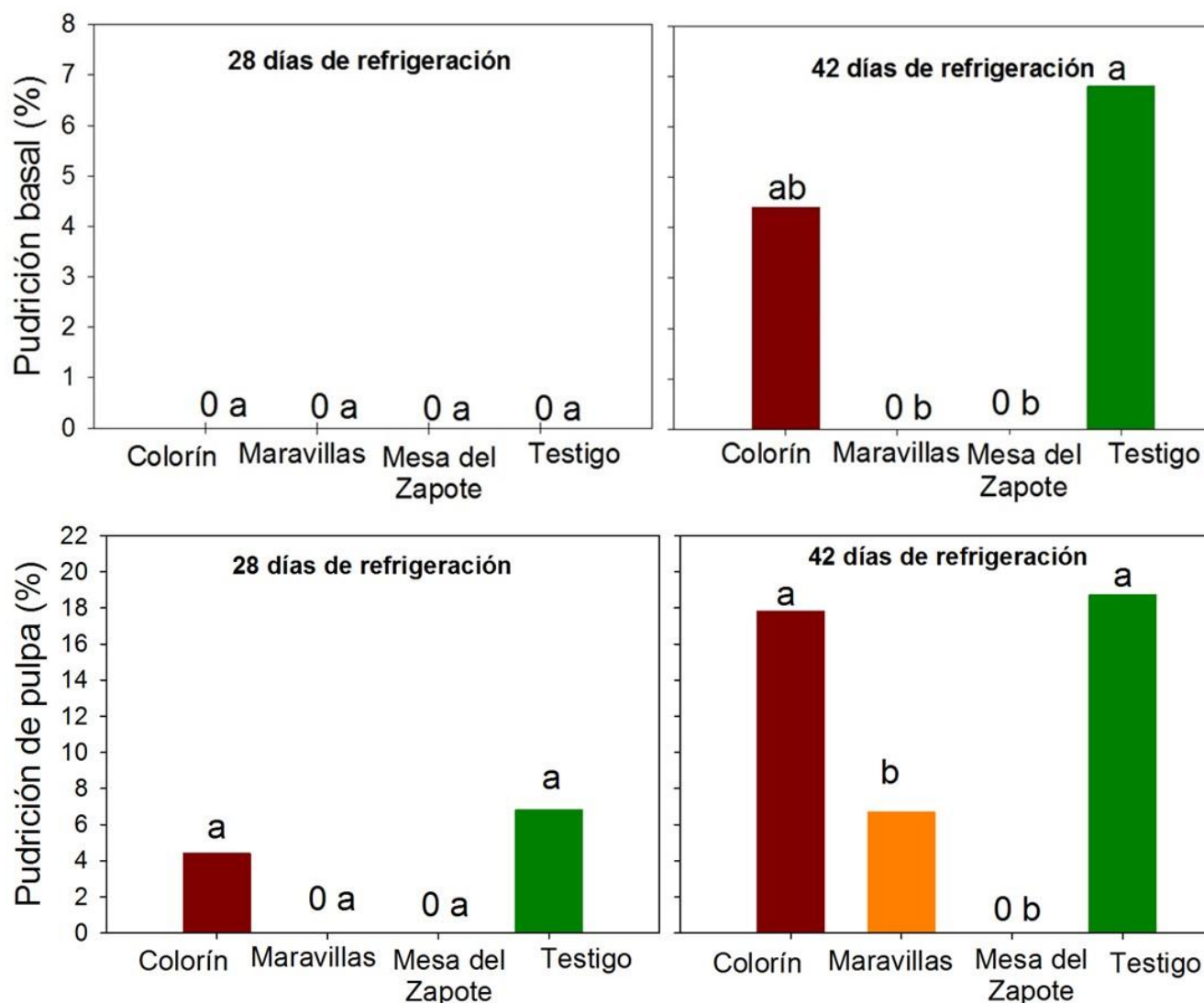
estuvieron dentro de los valores reportados por varios autores (Cox *et al.*, 2004; White *et al.*, 2005; Woolf *et al.*, 2005; Osuna-García *et al.*, 2011).

### **Calidad interna**

*Pudrición basal.* Después de los 28 d de refrigeración y en madurez de consumo la pudrición basal no presentó diferencias entre los tratamientos, ya que ninguno de ellos presentó este daño. Sin embargo, en los frutos refrigerados por 42 d y en madurez de consumo, la pudrición basal mostró diferencias entre los tratamientos ( $P < 0.0001$ ). Siendo el huerto Testigo el que presentó los valores más altos, pero sin superar el 8% de frutos con este daño, esto pudo deberse a que los compuestos preformados, que inducen los mecanismos de defensa, comenzaron a degradar, promoviendo así el tejido necrótico. Los huertos Maravillas y mesa del Zapote no presentaron este daño (Figura 2).

*Pudrición de pulpa.* Este daño no fue significativo para los frutos refrigerados por 28 d y en madurez de consumo. Pero sí presentó diferencias significativas cuando se refrigeró por 42 d ( $P < 0.0001$ ), siendo el huerto Colorín y Testigo los que presentaron los valores más altos (18-20% de los frutos con este daño). Los huertos Maravillas y Mesa del Zapote presentaron los valores más bajos. Estos resultados indican que la FSE tiene un efecto positivo en la disminución de la pudrición basal y de pulpa (calidad interna), beneficiando tanto a consumidores de fruto en fresco como a los industrializadores de aguacate (Pedreschi *et al.*, 2016).





**Figura 2. Pudrición basal y de pulpa de frutos en madurez de consumo provenientes de tratamientos FSE, después refrigeración ( $7.0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y HR de  $80\% \pm 10\%$ ) por 28 d y 42 d y traslado a temperatura ambiente ( $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $60\% \pm 5\%$  HR) entre 33-35 d y 46-48 d respectivamente. Medias con la misma letra ( $n=90$ ) en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Nota: FSE = Fertilización de sitio específica. HR = Humedad relativa.**



## Conclusiones

1. Los frutos de huertos con y sin Fertilización de Sitio Especifico (FSE) desarrollaron su color normal después de la refrigeración, las variaciones se debieron al periodo de almacenamiento y no a la FSE.
2. La FSE puede retrasar la incidencia de enfermedades de origen fúngico del aguacate 'Méndez' en periodos de almacenamiento prolongados (42 días) a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$ , por lo que puede ser una alternativa para la exportación de frutos a destinos con periodos iguales a 42 días.

## Agradecimientos

A la empresa Agro Gonzámex (Ciudad Guzmán, Jalisco) por su apoyo económico, por facilitar sus huertos y su apoyo en las actividades de campo.

## Literatura citada

- Alamar, M. C., E. Collings, K. Cools and L. A. Terry. 2017. Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 134:76–86.
- Cox, K. A., T. K. McGhie, A. White and A. B. Woolf. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of "Hass" avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 31(3):287–294.
- Glowacz, M., M. Bill, P. P. Tinyane and D. Sivakumar. 2017. Maintaining postharvest quality of cold stored 'Hass' avocados by altering the fatty acids content and composition with the use of natural volatile compounds-methyl jasmonate and methyl salicylate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97(15): 5186–5193.



- Gwanpua, S. G., A. Jabbar, J. Tongonya, S. Nicholson and A. R. East. 2018. Measuring ethylene in postharvest biology research using the laser-based ETD-300 ethylene detector. *Plant Methods*. 14(1): 105.
- Herrera, G. J. A., S. Salazar G., H. E. Martínez F. and J. E. Ruiz G. 2017. Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 40(1): 55–63.
- NMX-FF-016-SCFI-2016. 2016. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-Aguacate (*Persea americana* Mill). Especificaciones. Diario Oficial de La Federación. Secretaría de Economía. 25 de octubre de 2016. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5445368&fecha=21/07/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5445368&fecha=21/07/2016).
- Osuna, G. J. A., G. Doyon, S. Salazar G., R. Goenaga and I. J. L. González D. 2011. Relationship between skin color and some fruit quality characteristics of “Hass” avocado. *J. Agric. Univ. P.R.* 95(1–2): 15–23.
- Pedreschi, R., S. Hollak, H. Harkema, E. Otma, P. Robledo, E. Westra *et al.* 2016. Impact of postharvest ripening strategies on “Hass” avocado fatty acid profiles. *South African Journal of Botany*. 103: 32–35.
- Prusky, Dov, N. Alkan, T. Mengiste and R. Fluhr. 2013. Quiescent and Necrotrophic Lifestyle Choice During Postharvest Disease Development. *Annual Review of Phytopathology*. 51(1): 155–176.
- Salazar, G. S. e I. J. L. González D. 2009. Remoción de Nutrimientos por la cosecha de los aguacates “Choquette”, “Booth-8”, “Hall” y “Hass.” Retrieved from <http://cesix.inifap.gob.mx/remocionnay.php>.
- Salazar, G. S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones (programa de cómputo). <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129.2014.907304>.
- SIAP-SADER (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 3 de Julio de 2019].
- Tinyane, P. P., P. Soundy and D. Sivakumar. 2018. Growing ‘Hass’ avocado fruit under different coloured shade netting improves the marketable yield and affects fruit ripening. *Scientia Horticulturae*. 230: 43–49.



- White, A., A. B. Woolf and M. L. Arpaia. 2005. The International Avocado Quality Manual. HortResearch, Ed. 1st ed. Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Auckland, N.Z.
- Woolf, A. B., C. Requejo T., K. A. Cox, R. C. Jackman, A. Gunson, M. L. Arpaia and A. White. 2005. 1-MCP reduces physiological storage disorders of "Hass" avocados. *Postharvest Biology and Technology*. 35(1): 43–60.





## COMPORTAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Rogelio Miranda Marini<sup>69</sup>\*, Jeovani Francisco Cervantes Preciado<sup>70</sup>, Maurilio Mendoza Mexicano<sup>69</sup> y Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>69</sup>

### Resumen

La superficie destinada al cultivo de la caña de azúcar se encuentra en constante expansión en México desde hace más de dos décadas. A pesar de este crecimiento horizontal en superficie, la producción agroindustrial se encuentra estancada debido a que no todas las nuevas zonas son aptas para la producción y los genotipos actuales no están adaptados a condiciones edafoclimáticas limitantes. El estado de Veracruz no es la excepción, ya que es el principal productor, hablando en extensión sembrada con caña de azúcar con más de 300 mil hectáreas, de las cuales a nivel comercial se destinan principalmente a dos variedades (CP 72-2086 y MEX 69-290) lo que genera una gran propensión a la emergencia de nuevas plagas y enfermedades, así como bajos rendimientos agroindustriales. La variedad CP 72-2086, se encuentra en proceso de degradación genética y sanitaria, presentando con mayor intensidad la característica productiva indeseable de la floración. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento agroindustrial de 10 variedades de reciente liberación comercial de caña de azúcar buscando una alternativa a la variedad CP 72-2086, por lo que se estableció una parcela experimental con 10 genotipos de caña de azúcar en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, donde les evaluaron parámetros agroindustriales. Los resultados muestran que las variedades que produjeron mayor biomasa fueron: MEX 94-8, MOTMEX 00-3461, LTMEX 94-7 y CP 72-2086 con más de 135 t/ha. Las variedades con mayor contenido de azúcares totales y sacarosa fueron la MEX 94-8,

<sup>69</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz.\* [miranda.rogelio@inifap.gob.mx](mailto:miranda.rogelio@inifap.gob.mx)

<sup>70</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecomán., Colima.



MEX 98-14, LTMEX 94-7 y CP 72-2086 con valor promedio de 20°Brix y 18.1% de sacarosa. Por todo lo anterior, las variedades promisorias fueron la MEX 94-8 y LTMEX 94-7 ambas de reciente liberación para uso comercial por el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar perteneciente a la Cámara Nacional de la Industrias Azucarera y Alcohólica, por lo que muestran potencial para sustituir o complementar la superficie establecida con la variedad CP 72-2086.

**Palabras clave:** MEX 94-8, LTMEX 94-7, genotipos, agroindustrial, sacarosa

## Introducción

En México se destinan más de 800 mil hectáreas al cultivo de caña de azúcar según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019), presentándose en 15 estados de los cuales sobresalen Veracruz con 36% de la superficie sembrada, seguido por San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí y Tamaulipas (con 11%, 10%, 8% y 8%, respectivamente, de la superficie nacional). Los rendimientos promedios estatales oscilan entre 50.6 y 121.5 t/ha, considerando las condiciones edáficas encontramos histosoles, vertisoles, leptosoles, fluvisoles, andosoles, ferralsoles, feozems, calcisoles, luvisoles, arenosoles y regosoles según la clasificación base referencial mundial del recuso suelo, WRB por sus siglas en inglés (IUSS, 2007), así mismo las condiciones climáticas varían de climas desde cálidos a templados y con las sub-clasificaciones de secos a húmedos por encontrarse distribuidos en un rango altitudinal de los 0 a los 1500 msnm, adicionalmente uno de los factores más determinantes e importantes adicional al manejo agronómico es la disponibilidad de agua para riego en zonas donde se presentan lluvias escasas o mal distribuidas a lo largo del año, este último factor es tan determinante que llega a afectar hasta en 40% la productividad en las zonas cañeras.

En el estado de Veracruz se localizan 18 ingenios azucareros activos (CONADESUCA, 2019), de los cuales 2 se localizan al norte colindando con los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí, en el centro-sur encontramos 2 ingenios y en el centro se localizan



los 14 restantes distribuidos en un área relativamente compacta, a pesar de esto presentan una gran diversidad de condiciones orográficas, edáficas tan contrastantes como arenosoles, feozem, andosoles y vertésoles, climáticas pasando de tropicales hasta llegar a templados húmedos, y altitudinales que van des de los 0 hasta los 1500 msnm.

En lo que respecta a la producción de materia prima para los ingenios azucareros en México, el 70% está basado en solo dos variedades, la MEX 69-290 y CP 72-2086 (CONADESUCA, 2010), la primera fue generada en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar de Tapachula, Chiapas y la segunda en Canal Point en la Florida, Estados Unidos, por lo que el sector se ha vuelto vulnerable en las últimas décadas debido a la aparición de nuevas plagas y enfermedades como la roya naranja que devastó cañaverales en Centro y Sudamérica (Aday *et al.*, 2010). La variedad CP 72-2086 presenta características de madurez que la denominan de temprana a intermedia (dependiendo de las condiciones edafoclimáticas), lo que significa que entre noviembre y febrero llega a su madurez fisiológica, los ingenios utilizan esta variedad para iniciar zafra y en algunos ingenios es tanta su producción que durante toda la zafra la están cosechando. En la actualidad en México no existe algún genotipo que sustituya a la CP 72-2086, que presente plasticidad respecto a la adaptación a diferentes ambientes y sea de madurez temprana.

En la última década, el ingreso y liberación al mercado nacional de nuevas variedades diferentes a las mencionadas ha generado un problema por el escaso control y seguimiento de estos genotipos, ya que se cuenta con variedades nacionales (MOTZMEX, EMEX, IMMEX, ATEMEX, LGM, COLMEX, ITV, entre otras) y extranjeras (CP, RB, RD, Q, entre otras). El problema se acentúa, ya que no se cuenta con evaluaciones de adaptabilidad que permita identificar las áreas óptimas para cada genotipo, donde se puedan obtener su máxima expresión génica de rendimiento y evitar posibles problemas fitosanitarios por la interacción con el ambiente.

Debido a lo anterior es necesario conocer la interacción genotipo-ambiente de las distintas variedades de caña de azúcar, y determinar las zonas agroecologías donde se adapten y tengan los mejores rendimientos agroindustriales. En este sentido se



evaluó la adaptabilidad y comportamiento agroindustrial de 10 variedades de caña de azúcar de reciente liberación en México en las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla.

## **Materiales y métodos**

El experimento de evaluación de variedades de caña de azúcar, se estableció dentro de las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el kilómetro 34.5 de la Carretera Federal Veracruz - Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, estado de Veracruz, a los 18° 50' de latitud Norte y 96° 10' de longitud Oeste y una altitud de 10 msnm. El sitio de estudio cuenta con suelos del tipo Feozem de textura franco arcillosa, presentando adecuado drenaje superficial, una temperatura media anual de 24°C y precipitación anual de 1300 mm.

La preparación del terreno se realizó mediante un paso de subsuelo, dos pasos con un arado de disco y dos pasos de rastra (las actividades que fueron dobles, se realizaron de forma cruzada en el terreno), posteriormente realizar el surcado a 1.2 m de separación entre surcos.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones, el cual conto con 11 tratamientos (siendo las variedades de caña: MEX 94-8, IMMEX 98-113, ATEMEX 96-190, MEX 002, E MEX 95-60, MOTMEX 00-3461, MEX 98-14, CP 94-1100, LTMEX 94-7 Y LGM 92-156 y como testigo CP 72-2086), las parcelas fueron de 8 metros de largo con 4 surcos a una separación de 1.2 m.

La fertilización se realizó de forma fraccionada en tres, la primera se realizó al momento de la siembra al fondo del surco mediante la aplicación mecanizada de 200 kg/ha del complejo químico 16-16-16 de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente, a los 60 días de realizada la siembra se aplicaron de forma mecanizada 300 kg/ha de la mezcla física 20-10-20 de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente y finalmente a los 120 días se realizó la aplicación manual de 100 kg/ha de urea.





El control de malezas se realizó de manera pre-emergente a los 3 días posteriores al establecimiento mediante la aplicación de 1.5 kg/ha de atrazina (calibre 90), a los 45 días se realizó una limpieza manual y 75 días se realizó el control con la aplicación de 726 g/ha de Ametrina y 408 g/ha de ácido 2,4D (2 paquetes ha<sup>-1</sup> de Gesapax Gold). Los parámetros agronómicos evaluados fueron germinación, mediante el conteo de yemas al momento de la siembra en los 4 surcos de cada parcela experimental y la emergencia a los 30 y 60 días, mediante la contabilización de los tallos principales en cada una de estas fechas. Para la altura de planta de planta se realizó una medición cada 30 días a partir de los 6 meses de edad, desde la base de la caña hasta el último collar visible (García y Medina, 2003). El número de hojas, se contaron solamente las fotosintéticamente activas cada 30 días a partir de los 6 meses de edad (esta medición no se inicia antes debido a que el tallo moledero es pequeño y genera error al poder estar midiendo el falso tallo, que está constituido por las lígulas y hojas no desarrolladas). El diámetro de tallo cada dos meses a partir de los 6 meses de edad, dicha medición fue en el tercio medio mediante un vernier digital marca Stainless Steel (Marcano *et al.*, 2003). El dato de población fue obtenido mediante el conteo de tallos por parcela útil, adicionalmente se realizó detección visual de carbón y roya cada 30 días (Jiménez y Contreras, 2009). Finalmente, para estimar el rendimiento en campo se cosecharon 4 metros lineales centrales de los dos surcos intermedios extrapoliándolo a una hectárea (IMPA, 1983).

Los parámetros industriales que se midieron fueron °Brix (sólidos totales o azúcares presentes en el jugo de la caña de azúcar) en campo a los 9, 10, 11 y 12 meses, se picaron los tallos en el tercio medio con un punzón para extraer el jugo, se tomó una gota inmediatamente después del corte y fue depositada sobre un refractómetro digital de mano marca Atago PAL-1 con graduaciones de 0 a 53% y precisión de 0.1%. A los 12 meses se realizó el análisis de rutina por parte del ingenio San José de Abajo mediante el método Pol-Ratio (Zossi *et al.*, 2010; Romero, 2009; IMPA, 1983), determinando los siguientes parámetros: Pol en porcentaje se realiza mediante una lectura directa de una submuestra clarificada, sobre una solución de 26 gramos de jugo disuelta hasta 100 mL con agua destilada libre de materia orgánica, determinándose con un polarímetro digital. La fibra en porcentaje, es todo material



insoluble en agua (fibra + trash). La pureza es un parámetro indirecto que es la razón porcentual entre el Pol y los °Brix del jugo. Los azúcares reductores se determinaron mediante el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico.

El análisis estadístico de los datos fue mediante el software SAS 9.3, de forma individual y en los casos que se detectó significancia, se realizó la separación de promedios mediante la aplicación de la prueba de Tukey al 5%.

## Resultados y discusión

Durante el ciclo de plantilla del experimento, se evaluaron 11 variedades de caña de azúcar, de las cuales se midieron diferentes parámetros de desarrollo agronómico (Cuadro 1) observándose diferencias significativas entre las variedades evaluadas,  $p < 5\%$ .

**Cuadro 1. Parámetros agronómicos a los 12 meses de desarrollo.**

Variedad	Germinación 60 días(%)	Altura de planta (m)	Población (miles)	Diámetro de tallo (mm)
MEX 94-8	80 a	3.69 a	139 a	32 a
IMMEX 98-113	74 b	3.46 a	115 c	29 a
ATEMEX 96-190	70 c	3.59 a	125 b	31 a
MEX 002	74 b	3.37 a	112 c	34 a
E MEX 95-60	77 ab	3.60 a	108 c	31 a
MOTZMEX 00-3461	68 cd	3.36 b	113 c	33 a
MEX 98-14	66 d	3.19 c	124 b	29 a
CP 94-1100	78 ab	3.70 a	131 a	30 a
LTMEX 94-7	71 c	3.28 b	135 a	33 a
LGM 92-156	81 a	3.54 a	127 ab	28 a
CP 72-2086	78 a	3.42 a	130 a	30 a

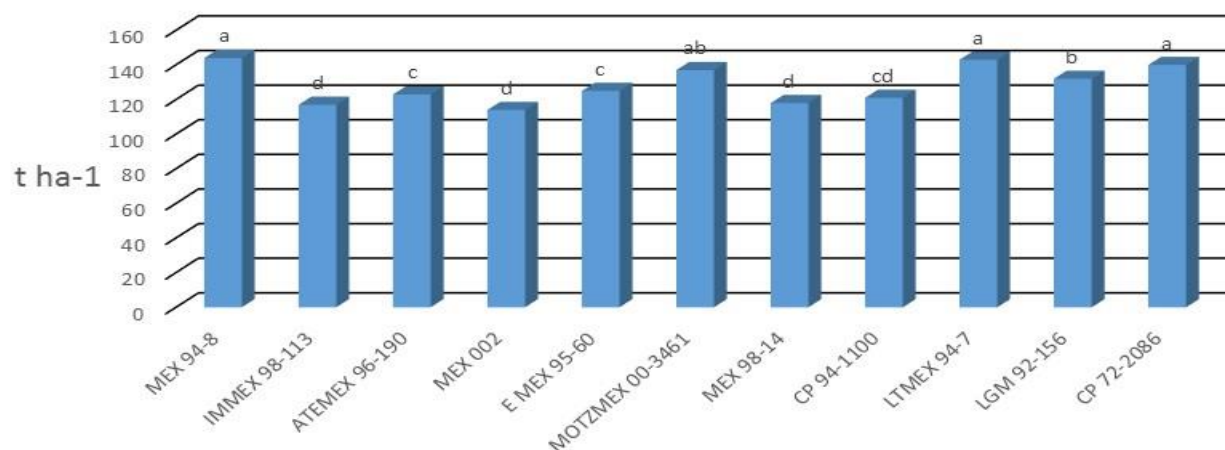
Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

Como promedio de las 11 variedades a los doce meses de evaluación la altura fluctuó entre los 3.19 y 3.70 m, la variedad que presentó mayor altura fue la CP 94-1100, aunque se presentó diferencia estadísticamente significativa entre variedades, el carácter de altura, por las condiciones climáticas de la zona de estudio donde se presentan vientos superiores a los 60 km/h por efecto de huracanes y vientos del



norte en época invernal, cuando las variedades presentan alturas de tallo superiores a los 2 m tienden a presentar problemas de acame, como efecto secundario, se llega a deteriorar el contenido y calidad de azúcar presente en los tallos.

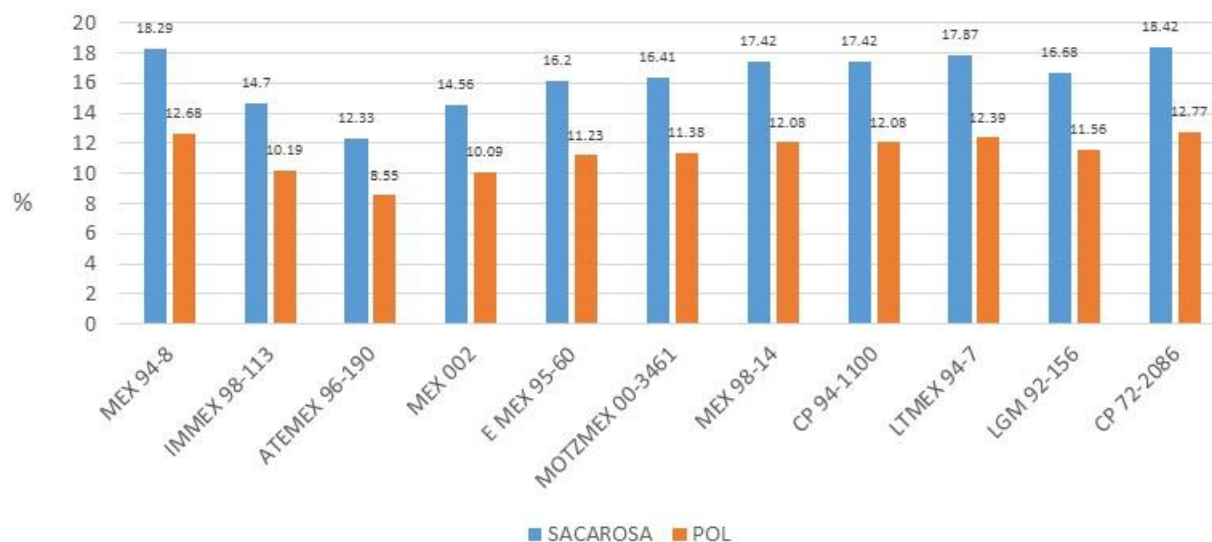
La germinación de las variedades presentó valores de 66 y 81% dependiendo la variedad, este parámetro definió en 40% el comportamiento agronómico de los genotipos de caña de azúcar, aunque cabe señalar que este parámetro está influenciado principalmente por la calidad de la semilla agronómica. Realizando la extrapolación de tallos de las parcelas experimentales a tallos por hectárea, se presentó diferencia significativa entre los 11 genotipos, siendo la MEX 94-8 con 139 mil tallos la de mayor población (clasificada como muy buena población al presentar más de 80 mil tallos  $ha^{-1}$ , al igual que el resto de las variedades que se establecieron en esta condición edafoclimática se clasifican como muy buena población). El diámetro de los tallos varió entre 28 y 33 mm, presentándose un diámetro medio en 45% de las variedades (entre 20 y 30 mm) y el otro 55% de los genotipos su diámetro fue grueso (más de 30 mm). Uno de los parámetros agronómicos más importantes es el rendimiento de caña de azúcar ( $t/ha$ ), como se muestra en la Figura 1, se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las variedades, sobresaliendo la MEX 94-8, LTMEX 94-7 y CP 72-2086.



**Figura 1. Rendimiento de caña  $t/ha$ .** (Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ )).



Dentro de los parámetros industriales que fueron determinados a los 12 meses de la siembra, se consideran los sólidos solubles totales presentes en el jugo de la caña de azúcar ( $^{\circ}$ Brix), la pureza (%), la calidad de los azúcares o sólidos solubles totales mediante la determinación del contenido de sacarosa (%) y el contenido relativo de sacarosa (POL %) presentes en la Figura 2, así mismo, se determinaron los azúcares reductores (%), que son principalmente glucosa y fructosa (componentes básicos de la sacarosa) y el contenido de humedad de la muestra (%).



**Figura 2. Contenido de azúcares de 11 genotipos de caña de azúcar a los 12 meses.**

El POL o contenido de sacarosa de la caña de azúcar, es uno de los parámetros más importantes a nivel industrial y presenta valores de 8.55 a 12.77%, cabe señalar que las variedades que su contenido de sacarosa se presentaba relativamente bajo, es debido a que su comportamiento en la maduración bajo las condiciones agroecológicas evaluadas es medio, y por lo tanto no es comparable con las variedades tempranas como el testigo CP 72-2086.

Los parámetros industriales a los doce meses después de establecidos con 11 genotipos de caña de azúcar se presentan en el Cuadro 2, considerando los sólidos totales ( $^{\circ}$ Brix) presentes en el jugo de la caña, se midieron con en el tercio medio de los tallos de caña de azúcar. Los 11 genotipos evaluados presentaron diferencias





significativas ( $p < 0.05$ ) con valores mínimos de 15.54 en la variedad ATEMEX 96-190 y un valor máximo de 20.34 correspondiente a la variedad MEX 94-8. Sin embargo, otras variedades como la CP 72-2086, MEX 98-14, CP 94-1100 y LTMEX 94-7 presentaron valores superiores a los 19.5 °Brix, siendo una característica deseable poseer mayor contenido de azúcares (Blanco *et al.*, 2004). Dentro de los parámetros de calidad, los azúcares reductores son un indicador del grado de madurez que posee el genotipo de caña de azúcar en un momento dado, ya que al presentarse un menor contenido de azúcares reductores, aunado al porcentaje de pureza significa que de los grados Brix, la mayor concentración es sacarosa. La concentración de azúcares reductores por lo general es alto cuando la planta se encuentra en desarrollo vegetativo o alcanza su grado de madurez fisiológica e inicia el proceso de senescencia o florecer en caso dado.

**Cuadro 2. Parámetros industriales a los 12 meses de desarrollo en caña de azúcar.**

	°Brix	Pureza (%)	Azúcares reductores (%)	Humedad (%)
MEX 94-8	20.34 a	89.93 b	0.44 c	79.4 ab
IMMEX 98-113	17.64 d	83.31 e	0.79 b	75.2 d
ATEMEX 96-190	15.54 e	79.33 g	1.07 ab	80.4 a
MEX 002	17.64 d	82.54 f	0.90 b	73.3 e
E MEX 95-60	18.64 c	86.90 c	0.69 b	79.0 ab
MOTZMEX 00-3461	19.24 b	85.31 d	0.75 b	70.3 f
MEX 98-14	19.94 ab	87.37 c	0.67 b	73.0 e
CP 94-1100	19.54 b	89.16 c	0.49 c	75.8 d
LTMEX 94-7	19.74 ab	90.50 ab	0.29 d	75.4 d
LGM 92-156	19.24 b	86.69 c	0.71 b	76.8 c
CP 72-2086	20.14 a	91.46 a	0.30 d	77.8 bc

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

En la zona de estudio y con las variedades evaluadas, durante el desarrollo de la caña de azúcar de los problemas fitosanitarios que se presentaron fueron: una ligera incidencia de roya café en algunas variedades durante la etapa de macollamiento, aunque al momento de coincidir con la fase de rápido desarrollo, no fue un problema que afectara el rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar. Por otro lado, durante la etapa de maduración que es cuando ocurre la máxima acumulación



de azúcares se presentó la plaga de piojo harinoso, el cual se controló con una aplicación foliar de imidacloprid.

## Conclusiones

Los resultados muestran que en las condiciones edafoclimáticas y manejo agronómico realizado en las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla las variedades MEX 94-8, LTMEX 94-7 y LTMEX 94-7 presentaron mayor potencial productivo de biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) y los genotipos MEX 94-8 y LTMEX 94-7 fue en fábrica, con altos contenidos de sacarosa respecto al resto de las variedades promisorias por lo que muestran potencial para sustituir paulatinamente la superficie establecida con la variedad CP 72-2086 en el estado de Veracruz.

## Literatura citada

- Aday D. O., Barroso M. F.J., Díaz M. F., Martín T. E.L., Pérez V. L., Alfonso T. I., Pérez M. J. y Barroso M. J. 2010. Presencia de la roya naranja *Puccinia kuehni* (Krüger) Butler en áreas experimentales de caña de azúcar (*Sacharum spp.* híbrido) de la región central de Cuba. Fitosanidad 14(2):83-89.
- Blanco MA; Borroto J; Golles JL; Capdesner Y; Cervantes A; Rodríguez S; Rivas M; Peralta H (2004). Dinámica del crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum sp.*): Aspectos fisiológicos y azucareros. Cultivos tropicales 24(1):47-54.
- CONADESUCA (Comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar). 2010. Diagnóstico de Ingenios azucareros 2009. [http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte\\_Diagnosticos\\_2.pdf](http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte_Diagnosticos_2.pdf) [Consultada el agosto 18 de 2019].



- CONADESUCA (Comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar). 2019. Sistema de información para generar reportes de producción. <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1>. [Consultada el 20 de agosto de 2019].
- García M. y Medina E. 2003. Crecimiento y acumulación de prolina en dos genotipos de caña de azúcar sometidos a salinización con cloruro de sodio. Revista de la facultad de agronomía LUZ 20:168-179.
- IMPA (Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar). 1983. Programa de Variedades objetivos, importancia y metodología experimental. México. 1-38 pp.
- IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO. Roma. 2007.
- Jiménez O. y Contreras N. 2009. Respuesta de 11 variedades de caña de azúcar a la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Qownson) y evaluación de dos métodos de inoculación. Bioagro. 21(2):139-142.
- Marcano M., M. García y L. Caraballo. 2003. Evaluación de doce variedades de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del oeste del estado de Mongas, Venezuela. Revista UDO Agrícola 3(1):65-73.
- Romero, E. R. 2009. Manual del cañero. 1era edición Edit. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Tucumán, Argentina. 232 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). Cierre de la producción por cultivo. <https://www.gob.mx/siap>. [Consultada el 25 de julio de 2019].
- Zossi, B. S, G. J. Cárdenas, N. Sorol, M. Sastre. 2010. Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán. Parte 1: caña limpia y despuntada. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 87(1):15-27.



## PRODUCCION SUSTENTABLE DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*) Mill, EN INVERNADERO TROPICAL MEDIANTE FERTILIZACIÓN RACIONAL Y BIOFERTILIZANTES

Andrés Vásquez Hernández<sup>71</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>71</sup>, Arturo Durán Prado<sup>71</sup>, Isaac Meneses Márquez<sup>71</sup> y Arturo Andrés Gómez<sup>71</sup>

### Resumen

Se estableció un módulo en invernadero con producción de tomate manejado con sistema orgánico y semiorgánico de fertilización. El sistema estuvo manejado con riego por goteo y acolchado plástico blanco/negro, ambos componentes tecnológicos para hacer más eficiente el gasto de agua y la aplicación de fertilizantes químicos. Se evaluaron tratamientos de fertilización orgánica, semiorgánica con lombricomposta y microorganismos micorrízicos *Rhizophagus* (*Glomus*) *intrarradices*) y *Trichoderma harzianum* aplicados a la semilla, así como fertilización química al 50% (82.5 - 30.5 - 45 de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, complementada con lombricomposta. Las variables de respuesta evaluadas fueron a) el índice SPAD en hojas recientemente maduras en fase de cuajado de frutos, b) nitratos en frutos a la madurez antes de la cosecha, c) rendimiento total de frutos y d) tamaño de fruto. Los tratamientos con mayor rendimiento de frutos fueron todos los que recibieron fertilización química en 50% solo y combinado con lombricomposta, *Trichoderma* y *Rhizophagus*. El tratamiento orgánico y el de fertilización química al 50% *Rhizophagus* y *Trichoderma* promovieron el crecimiento y rendimiento de frutos de tomate, por lo que se consideran una buena opción complementaria para el cultivo tradicional y orgánico.

**Palabras clave:** fertilización orgánica, micorrizas, *Trichoderma*, *Rhizophagus*

<sup>71</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla.





## Introducción

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado para proteger cultivos al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, tiene éxito frente a plagas y enfermedades ya que la aplicación de agroquímicos para el control de plagas es mínima o nula, con mejores rendimientos en menor espacio, cosecha sana y con un mejor precio en los mercados, propicia un ambiente de producción sano para el agricultor sin riesgo a la salud. Las estructuras utilizadas en la AP son los invernaderos, malla sombra, túneles altos y bajos (Moreno *et al.*, 2011; Juárez *et al.*, 2011).

La producción de hortalizas en invernadero representa una alternativa ecológica para generar productos con bajo impacto ambiental al productor y consumidor, ya que se pueden aplicar tecnologías como riego por goteo, acolchado plástico, aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes aprobadas a nivel mundial en agricultura ecológica. SAGARPA (2010) reporta estimaciones de alrededor de 9,000 hectáreas dedicadas a AP de hortalizas. De la superficie protegida total, una gran parte corresponde al cultivo de tomate, siendo los tipos roma, bola y cereza, los más populares. En Sinaloa el 10% de la superficie cultivada con tomate está bajo AP. La superficie de producción de AP en la modalidad en casa sombra se ha incrementado principalmente para el mercado de exportación.

En décadas pasadas Veracruz fue productor de hortalizas básicas, entre estas el tomate rojo tipo saladet. La superficie sembrada de jitomate en el año 2011, fue de 2,313.75 ha en las cuales se cosechó una producción de 54,381.5 t de fruto fresco con un rendimiento promedio de 23.5 t/ha, la mayoría bajo el sistema de producción de cielo abierto. Sin embargo, al paso del tiempo la producción se ha reducido a casi cero debido a la presencia de plagas como mosquita blanca, las cuales transmiten enfermedades virales difíciles de controlar y que causan grandes pérdidas a los productores de este cultivo. Ante este escenario, se vislumbra que los sistemas protegidos tipo invernadero tropical o bioespacio son una alternativa de cultivo con



grandes posibilidades de éxito, ya que el aislamiento del sistema reduce al mínimo los ataques de plagas y enfermedades, lo que permitirá al productor obtener cosechas económicamente sustentables.

En la actualidad, la nutrición mediante microorganismos tipo hongos y bacterias se ha incrementado, como una alternativa sustentable al uso de los fertilizantes químicos, los cuales proceden de fuentes naturales no renovables. La aplicación de micorrizas, no implica que se deje de fertilizar, sino que las plantas micorrizadas absorben mejor los fertilizantes y ello hace que se pueda disminuir la dosis entre un 25 y 50% (García, 2017; Aguado *et al.*, 2012; Durán *et al.*, 2015). En este contexto, Alvarado *et al.* (2014) reportaron que la inoculación de hongo micorrízico incrementó 30% la producción acumulada de fruto, Rodríguez *et al.* (2004) reportan un efecto positivo de la inoculación sobre las plántulas de tomate con respecto al tratamiento testigo. Lionin y Medina (2002) y Hernández y Chailloux (2004) encontraron amplias ventajas, principalmente incremento del rendimiento de tomate, por usar la inoculación con cepas de hongos como fuentes de nutrientes en las fases de semillero y de campo.

Por otra parte, los hongos del género *Trichoderma* tiene diferentes roles en la agricultura, su principal beneficio es el antagonismo con microorganismos patógenos de las plantas, induce resistencia a fitopatógenos en las plantas con las que se asocia. Los biofertilizantes son una alternativa ecológica y económica para utilizarlos como sustitutos parciales de la fertilización tradicional en el cultivo de pepino en condiciones de casa sombra (Lira *et al.*, 2013).

En agricultura ecológica están prohibidos los abonos con nitratos, los altos niveles de ingesta de estos compuestos por el hombre pueden dañar su salud, por tanto, en AP se deben utilizar abonos naturales como el estiércol o el abono verde. En cultivos convencionales es alto el uso de nitratos por su capacidad para hacer crecer las plantas. Añadiendo nitratos se puede hacer crecer las plantas sin tierra (cultivo hidropónico), poniendo nitratos en agua sobre las raíces. Esto se hace mucho en el cultivo de algunas hortalizas, que se hacen crecer sobre una lana de roca o sobre un trozo de poliestireno expandido (Leyva *et al.*, 2005; Alonso, 2014).



Dadas las grandes ventajas de producir en invernadero complementado con aplicación de organismos benéficos y atendiendo el mandato del gobierno federal de México sobre generar tecnología de producción de hortalizas en ambiente protegido mediante la aplicación de microorganismos benéficos o biofertilizantes, el objetivo del presente estudio fue evaluar en el cultivo de tomate el efecto de *Rhizophagus (Glomus) intrarradices* y *Trichoderma harzianum* usados solos y combinados con abono orgánico y químico. La intención es generar un paquete tecnológico sustentable, de bajo impacto ambiental y a la salud de productores y consumidores, sin que se reduzca el rendimiento y calidad del fruto.

### **Materiales y métodos**

El experimento se estableció en un invernadero tropical con cubierta de plástico blanca translúcida y laterales de malla blanca antiáfidos, ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla de la localidad La Esmeralda, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Se instaló un sistema de riego por goteo de cintilla con emisores a 0.40 m de distancia con un gasto nominal de 1.2 L/h. Como cultivo de prueba se utilizó tomate híbrido tipo Saladette Toro F1, de ciclo determinado. Se formaron camas de siembra de 1 m de ancho, con una altura aproximada de 20 cm para asegurar buen drenaje. Se cubrieron con plástico de acolchado a base de polietileno calibre 90, blanco/negro de 1.20 m de ancho. Formadas las camas de siembra se aplicó la lombricomposta en dosis de 5 y 10 t/ha de acuerdo a cada tratamiento y se cubrió con tierra. La siembra se realizó en doble hilera en tres bolillo, a una distancia de 0.60 m entre hileras y 0.50 m entre plantas, con una planta por mata, para lo que se formaron los surcos con azadón. Posteriormente sobre los surcos se trasplantaron las plantas de tomate previamente sembradas en charolas germinadoras de 200 cavidades con Peat moss. La inoculación con *Rhizophagus* y *Trichoderma* se realizó a la siembra de las semillas. El tratamiento de fertilización química consistió en aplicar una dosis 82.5-30.5-45 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), lo que equivale al 50% con respecto a la forma tradicional, el complemento de nutrientes se aplicó mediante



lombricomposta y los microorganismos *R. intrarradices* y *T. harzianum* (Cuadro 1). Por cada tratamiento y repetición se utilizaron camas de 10 m de largo, para un total de 8 tratamientos con 4 repeticiones distribuidas al azar. La fertilización química se aplicó desde los 30 d posteriores a la nacencia, en el fertirriego en dosis semanales con fertilizantes químicos solubles específicos para fertirriego. Se realizó manejo agronómico del cultivo mediante podas y tutorio con base al tecnológico de INIFAP para producir tomate en invernadero. La cosecha se realizó desde los 90 hasta 150 d posteriores a la siembra. Generalmente a partir del tercer corte (cortes semanales) ya se pueden obtener cosechas significativas.

**Cuadro 1. Descripción de tratamientos aplicados.**

Tratamiento	Descripción
T1	5 t/ha lombricomposta + 50% fq
T2	5 t/ha lombricomposta + 50% fq + <i>Rhizophagus</i>
T3	5 t/ha lombricomposta + 50% fq + <i>Trichoderma</i> + <i>Rhizophagus</i>
T4	5 t/ha lombricomposta + 50% fq + <i>Trichoderma</i>
T5	10 t/ha lombricomposta
T6	10 t/ha lombricomposta + <i>Rhizophagus</i>
T7	10 t/ha lombricomposta + <i>Trichoderma</i> + <i>Rhizophagus</i>
T8	10 t/ha lombricomposta + <i>Trichoderma</i>

*Rhizophagus (Glomus) intrarradices* (cepa de INIFAP). *Trichoderma harzianum* T22 (PHC®). fq: fertilización química.

#### *Variables estudiadas, diseño experimental y análisis estadísticos*

- Nitratos en frutos. Se analizaron mediante un medidor de nitratos Horiba Laqua twin B-743NO<sub>3</sub>, en jugo extraído de 10 frutos, por tratamiento y repetición.
- Índice SPAD. Está directamente relacionado con el contenido de nitrógeno en la hoja. Se determinó mediante un medidor de clorofila Minolta SPAD-502, haciendo lectura directamente en 20 hojas recientemente maduras por cada tratamiento y repetición.
- Calidad de fruto. En cada corte, se obtuvo una muestra de 20 frutos por tratamiento y repetición y se les determinó largo y diámetro de frutos.
- Rendimiento. Peso de frutos acumulado, se realizaron cortes de fruto sazón cada semana, para un total de 5 cortes, por tratamiento y repetición.



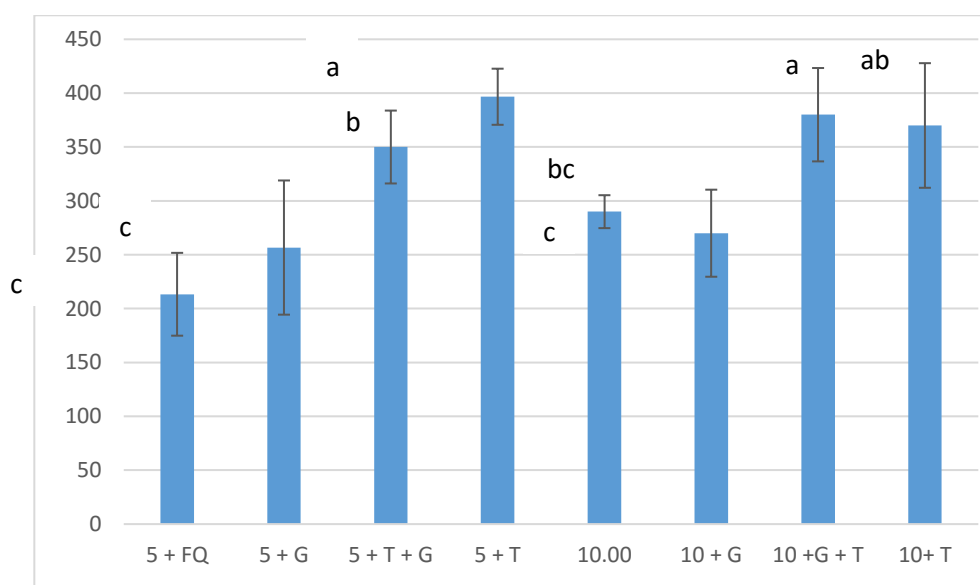


Los tratamientos fueron aplicados mediante un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el análisis estadístico los datos obtenidos fueron sometidos a análisis por el procedimiento de ANOVA del paquete estadístico SPSS (IBM SPSS Statistics v20). Se utilizó el modelo general lineal (GLM) univariado. Las medias de las variables que resultaron con diferencia estadística significativas fueron comparadas mediante la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados y discusión

### Nitratos en fruto de tomate

El contenido de nitratos en extractos de tomate fresco varió de 213.32 mg/kg hasta 336.67 mg/kg, el análisis de varianza resultó altamente significativo, siendo el más alto el tratamiento (T4), seguido por el (T7) (Figura 1).



**Figura 1. Contenido de nitratos en mg/kg en frutos de tomate híbrido Toro F1. Tratamientos con diferente letra son diferentes estadísticamente. 5 = equivale al 50% de fertilización química. T= *Trichoderma harzianum* G= *Rhizopagus (Glomus) intraradices*.**

Es posible que *Trichoderma* estimulara de alguna manera la absorción de nitratos de manera más continua a en un periodo más largo, lo que favoreció más altas



concentraciones que los tratamientos que solo recibieron fertilizante químico cuyo efecto no perduró hasta la cosecha. En ningún caso se obtuvieron concentraciones de nitratos tan altas como los reportados por Leyva (2005) de 800 a 1,100 mg/kg cuando aplicó fertilización nitrogenada de hasta 430 kg/ha de N.

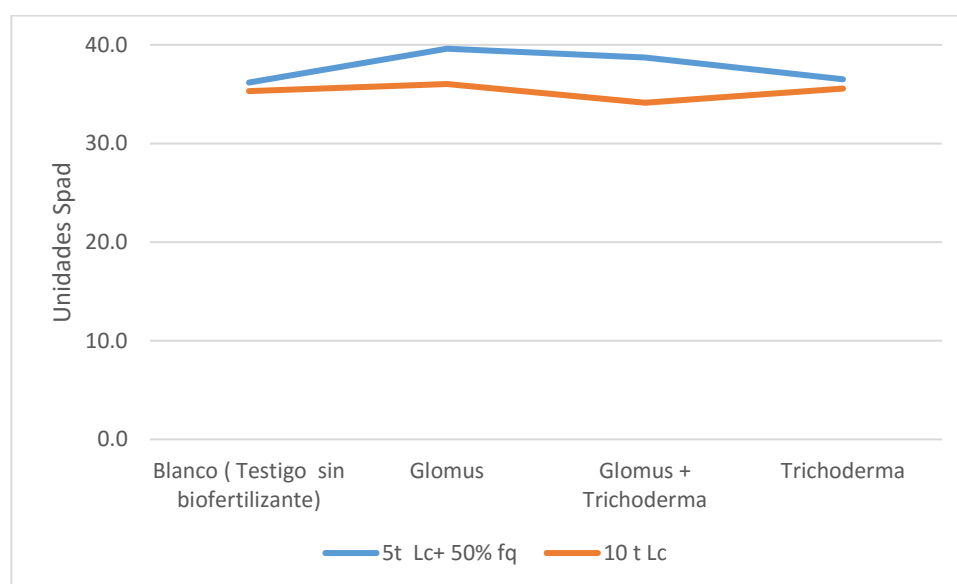
### Índice SPAD en frutos de tomate

Se encontró un rango de 34.13 a 39.61 SPAD. El análisis de varianza fue altamente significativo, lo que indica diferencias entre tratamientos (Cuadro 2). La mejor respuesta se obtuvo en los tratamientos que se aplicaron 5 t/ha de lombricomposta con 50% de fertilizante químico (Figura 2).

**Cuadro 2. Índice SPAD en hojas de tomate en fase de maduración de fruto.**

Tratamiento	5t Lc+ 50% fq	10 t Lc
Testigo (sin biofertilizante)	36.18 c	35.32 c
<i>Rhizophagus</i>	39.61 a	36.03 c
<i>Rhizophagus</i> + <i>Trichoderma</i>	38.72 ab	34.13 c
<i>Trichoderma</i>	36.51 bc	35.58 c
Promedio	37.80	35.30

Valores con letras diferentes, son diferentes estadísticamente. Lc: lombricomposta, t: toneladas, fq: fertilización química.



**Figura 2. Índices SPAD en hojas de tomate.**



Sobresalió el tratamiento al que se aplicó *Rhizophagus*, con un SPAD de 39.61, seguido por el tratamiento con *Rhizophagus* y *Trichoderma* con 38.72 SPAD. En cuanto a los tratamientos con 10 t/ha de lombricomposta, sin fertilizante químico, el SPAD más alto fue el que se combinó con *Rhizophagus* con 36.03 SPAD, seguido por el que se aplicó *Trichoderma* con 35.58. (Figura 2). Sobresale el efecto que tuvo *Rhizophagus* solo y combinado con *Trichoderma*, ya que favorecieron el más alto índice SPAD combinados con fertilizante químico en 50%.

### Parámetros de calidad del fruto

Para peso por fruto se obtuvieron valores en un intervalo de 100.83 a 73.97 g (Cuadro 3). Las tres variables evaluadas resultaron con diferencias estadísticas altamente significativas, mostrándose superiores T4 y T3, ambos con fertilizante químico 50% y 5 t/ha de lombricomposta.

**Cuadro 3. Peso promedio de frutos de tomate híbrido Toro F1.**

Tratamiento	Descripción	Peso (g)
T1	5t Lc + 50% fq	88.60 b
T2	5t Lc + 50% fq+ <i>Rhizophagus</i>	86.87 b
T3	5t Lc + 50% fq + <i>Trichoderma</i> + <i>Rhizophagus</i>	93.48 a
T4	5t Lc + 50% fq + <i>Trichoderma</i>	100.83 a
T5	10 t lombricomposta	87.78 b
T6	10 t lombricomposta + <i>Rhizophagus</i>	73.97 c
T7	10 t lombricomposta + <i>Rhizophagus</i> + <i>Trichoderma</i>	88.99 b
T8	10 t lombricomposta + <i>Trichoderma</i>	88.07 b

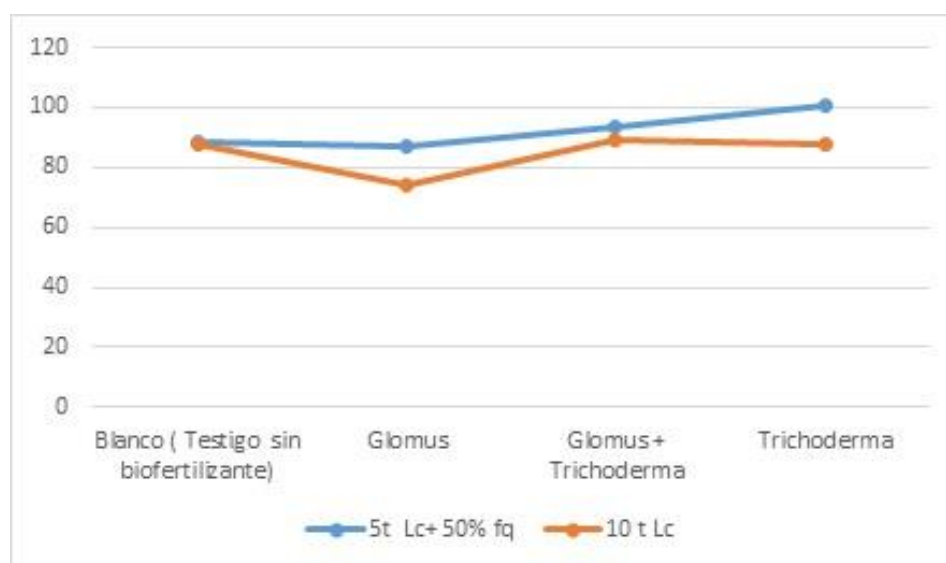
Valores con diferente letra, son diferentes estadísticamente.

Cuando se comparan los tratamientos equivalentes con la variante de fertilización química y orgánica, se observa que, en la mayoría de los casos, el tratamiento con 5 t de lombricomposta y con 50% de fertilización química fue superior (Figura 3), ya que la línea de tendencia está por arriba de los tratamientos con 10 t/ha de lombricomposta. Los valores más altos fueron aquellos a los que se aplicó *Trichoderma*, sola o combinada con *Rhizophagus*. Sobresale el hecho que los tratamientos en que solo se aplicó *Rhizophagus* obtuvieron los más bajos pesos de fruto en las dos modalidades de fertilización. En todos los casos *Trichoderma*



muestra efecto benéfico sobre peso de fruto, aunque combinado con *Rhizophagus* hay un efecto sobresaliente.

En cuanto a largo de fruto, se obtuvieron valores en un intervalo de 61.7 a 71.2 mm (Cuadro 4). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el valor más alto fue para T4, el cual fue superior al resto de los tratamientos en la prueba de comparación de medias, seguido por T5, sin diferencia estadística entre estos. En general, los promedios entre los tratamientos con 5t de lombricomposta y fq resultaron más altos en 3.09%.



**Figura 3. Peso por fruto de tomate (g). Lc = lombricomposta. t = toneladas. fq= fertilización química.**

El diámetro de fruto mostró valores en un intervalo de 47.8 a 52.3 mm, con diferencias altamente significativas en el análisis de varianza entre tratamientos. Los tratamientos con mayor diámetro de fruto fueron T4 y T2, seguidos por los tratamientos a los que se les aplicó 5 y 10 t/ha de lombricomposta sin biofertilizante. Cuando se comparan los tratamientos equivalentes, con la variante de fertilización química y orgánica, se observa que el tratamiento con 5 t de lombricomposta y 50% de fertilización química fue superior en 1.92%.



**Cuadro 4. Variables de calidad en fruto de tomate.**

Tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Diámetro (mm)
T1	5t lombricomposta + 50% fq	67.4 b	52.1 a
T2	5t lombricomposta + 50% fq+ <i>Rhizophagus</i>	64.3 b	52.3 a
T3	10 t lombricomposta + <i>Rhizophagus</i> + <i>Trichoderma</i>	64.9 b	51.2 a
T4	5t Lc + 50% ft. + <i>Trichoderma</i>	71.2 a	52.3 a
	Promedio	66.95	51.98
T5	10 t lombricomposta	67.7 b	51.8 a
T6	10 t lombricomposta + <i>Rhizophagus</i>	61.7 c	47.8 b
T7	5t lombricomposta + 50% f.q. + <i>Trichoderma</i> + <i>Rhizophagus</i>	66.5 b	52.1 a
T8	10 t lombricomposta + <i>Trichoderma</i>	63.6 bc	52.2 a
	Promedio	64.88	50.98

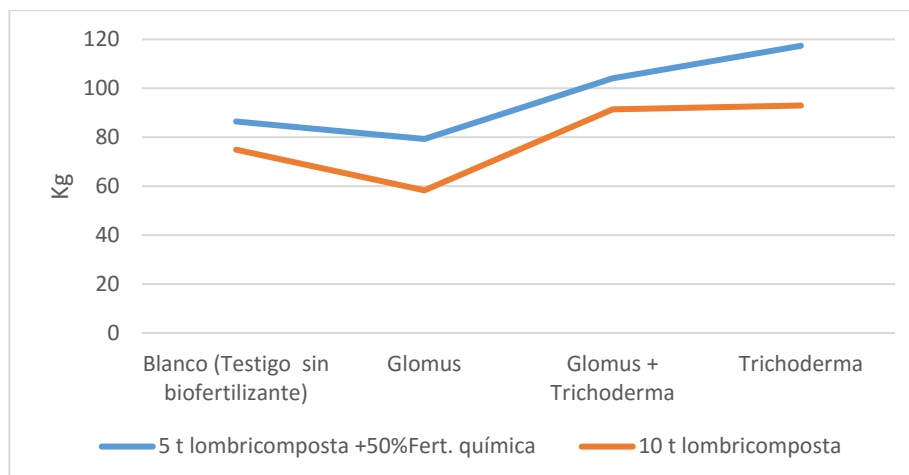
Tratamientos con diferente letra son diferentes estadísticamente, Lc: lombricomposta, t: toneladas, fq: fertilización química.

El rendimiento acumulado más alto fue para T4 con 117.4 kg de frutos seguido por T8 con 93 kg de frutos y el T3 con 104.1 kg de frutos, sin diferencia significativa entre estos (Cuadro 5). En este caso, resulta sobresaliente el hecho que los mayores rendimientos fueron aquellos que recibieron el tratamiento biológico con *Trichoderma* solo y combinado con *Rhizophagus*. De manera general, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 5t/ha de lombricomposta combinado con 50% de fertilización química, manteniéndose más estable la producción, a diferencia del que tuvo 10 t/ha de lombricomposta, en que incluso el tratamiento combinado con *Rhizophagus* fue el más bajo, con 58.3 kg de frutos por cama (Figura 4).

**Cuadro 5. Rendimiento acumulado de fruto por tratamiento (kg/cama).**

Tratamiento	5 t lombricomposta +50%Fq	10 t lombricomposta
Testigo (sin biofertilizante)	T1 86.4 c	T5 74.9 c
<i>Glomus</i>	T2 79.3 c	T6 58.3 c
<i>Glomus</i> + <i>Trichoderma</i>	T3 104.1 a	T7 91.4 bc
<i>Trichoderma</i>	T4 117.4 a	T8 93.0 ab
Promedio	96.8	79.4

Tratamientos con diferente letra son diferentes estadísticamente, Lc: lombricomposta, t: toneladas, fq: fertilización química.



**Figura 4. Respuesta comparativa del rendimiento de jitomate con los tratamientos evaluados.**

## Conclusiones

1) Los tratamientos con *Trichoderma* mostraron los más altos contenidos de nitratos en un intervalo de valores de 213.32 hasta 336.67 mg/kg, pero en ningún caso se obtuvieron concentraciones de nitratos tan altas como los reportados en otros estudios, 2) Los tratamientos con mayor índice SPAD fueron los que recibieron 50% de fertilización química y 5 t/ha de lombricomposta. Resulta sobresaliente El efecto que tuvo *Rhizophagus* solo y combinado con *Trichoderma* fue sobresaliente ya que favorecieron el mayor índice SPAD combinados con fertilizante químico en dosis de 50%, 3) Los tratamientos con mayor rendimiento de frutos fueron todos los que recibieron fertilización química en dosis de 50% solo y combinado con lombricomposta, *Trichoderma* y *Rhizophagus*, 4) En los tratamientos orgánico y con fertilización química en dosis del 50%, *Trichoderma* y *Rhizophagus* promovieron el crecimiento y rendimiento de frutos de tomate, por lo que se consideran una buena opción complementaria tanto para el cultivo tradicional como orgánico.



## Literatura citada

- Aguado, G. A., Quintín R. C. y Luna B. A. 2012. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. In: Aguado-Santacruz, G. A. (Ed). INIFAP/SAGARPA. Celaya, Guanajuato, México. pp. 14-19.
- Alonso, D. A. 2014. Legislación de la Unión europea sobre el contenido de nitratos. Secretaría General de Comercio Exterior. Unión Europea. 4 p.
- Alvarado, C. M., Díaz F. A., Peña del R. M. A. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 15(3): 513-518.
- Durán, P. A., Aguirre M. J. F., Grajeda C. O. A. 2015. Biológicos (biofertilizantes). In: Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. Hernández T. T. (Ed.). Libro técnico Núm 9. pp. 133-140.
- García, S. D. 2017. Micorrizas, los biofertilizantes del futuro que vienen del pasado. Serie Nutrición Vegetal Núm. 90. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5.
- Hernández, M. I. y Chailloux, M. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. Cultivos tropicales 25(2): 5-12.
- Juárez, L. P., Bogarán M. R., Castro B. R., Sánchez M. A. L., Cruz C. E., Juárez R. C. R., Gelasio A. S. y Balos M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente 3(8): 27 p.
- Leyva, R. G., Sánchez G. P., Alcántar G. G., Valenzuela U. G. V., Gavi R. F. y Martínez G. A. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 28(2): 145-150.
- Lionin, D. y Medina, N. 2002. Nutrición mineral con N-P-K en la simbiosis hongos micorrizicos-tomate *Lycopersicon esculentum* en ferralsols. Cultivos tropicales 23(4): 83-88.
- Lira, S. R. A., Vázquez S. E., Valdez A. L. A., Aguilar F. A., Ibarra J. L. y Hernández S. M. 2013. Producción orgánica de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa sombra con biofertilizantes y acolchado plástico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. s/p.



- Moreno, R. A., Aguilar D. J., Luévano G. A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29: 763-774.
- Rodríguez, Y. Y., Noval, P. B., Fernández, M. F., y Rodríguez, H. P. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrizicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum M. var Amalia*): *Ecol. Aplicada* 3(1): 162-171.
- SAGARPA 2010. Monografía de cultivos. Subsecretaría de fomento a los agronegocios. Jitomate. Agosto 2010. México. 10 p.





## RENDIMIENTO DE FRUTO Y SEMILLA DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS MATERNOS DE CALABAZA PIPIANA

Isaac Meneses Márquez<sup>72</sup>, Arturo Andrés Gómez<sup>72</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>72</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>72</sup> y Antonio Villalobos González<sup>73</sup>

### Resumen

Los experimentos se llevaron a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, durante el invierno-primavera y verano-otoño del 2017, con riegos de auxilio. En el primer ciclo el material vegetal fue una población de calabaza pipiana (PCP) de amplia base genética (ABG) integrada por 89 colectas realizadas en el estado de Veracruz, mientras que para el segundo ciclo de evaluación el material vegetal estuvo integrado por 60 familias de medios hermanos maternos (FMHM), sembradas el 11 de enero y el 2 de agosto del 2017, respectivamente. Las variables registradas fueron: peso individual, largo, ancho y forma de fruto, peso, largo y ancho de semilla por fruto y peso de 100 semillas. Para la variable forma de fruto se consideró la ovalada (1), redonda (2), aplanada (3) y aperada (4). En relación con las variables que determinan la calidad de fruto y semilla, tales como el peso promedio de fruto, peso seco de semilla por fruto y el peso de cien semillas, se encontró que la familia 48 presentó el mejor potencial en cada una de ellas, por lo que es de gran importancia para el programa de mejoramiento genético y se incluirá en los subsecuentes ciclos de selección familiar combinada. Las familias 48, 43 y 9 tuvieron el mayor peso de semilla por fruto y superó en al menos 44 g a la familia que produjo menos semilla. Con tan sólo un ciclo de selección familiar el valor promedio de peso de fruto de la población bajo selección ha sido favorable para incrementar en al menos 291 g.

<sup>72</sup> Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Correo electrónico: [meneses.isaac@inifap.gob.mx](mailto:meneses.isaac@inifap.gob.mx)

<sup>73</sup> Campo Experimental Edzna-INIFAP.



**Palabras clave:** *Cucurbita argyrosperma*, selección familiar, diversidad genética

## Introducción

A pesar de que la calabaza ha formado parte de la dieta de muchos pueblos americanos desde tiempos precolombinos (Pérez *et al.*, 1997), son escasos los esfuerzos encaminados a generar variedades con alto potencial de producción de fruto maduro y semilla de calabaza pipiana (*C. argyrosperma* Huber) (Sánchez *et al.*, 2000). Con excepción de las variedades mejoradas de calabacita para verdura (*Cucurbita pepo* L.), actualmente se utiliza semilla criolla en la totalidad de la superficie sembrada de calabaza pipiana, por lo que es importante iniciar con el proceso de mejoramiento para la obtención de genotipos mejorados. En este proceso es fundamental considerar el bajo potencial de rendimiento de estos materiales criollos, los cuales, en la mayoría de los estados productores de pipián presentan un promedio de producción de 0.5 t de semilla por hectárea; sólo el estado de Jalisco alcanza rendimientos de hasta 1.2 t de semilla por hectárea. A través del mejoramiento genético por selección combinada es factible avanzar rápidamente hacia la formación de un material de excelente producción. Lo anterior dado que en estudios previos se ha encontrado que la característica de peso de semilla presentó una respuesta esperada a la selección de 154%, aunado a que por la duración del ciclo del cultivo es factible obtener dos ciclos de selección por año y esto permite reducir el tiempo para lograr un genotipo mejorado, estable y uniforme a través del mejoramiento genético por selección familiar (Meneses *et al.*, 2002). Tomando en cuenta que la salida productiva más importante económica y socialmente de las investigaciones genéticas son las variedades (Cornide, 2001), este trabajo estuvo encaminado a identificar materiales con alto potencial para incrementar el rendimiento y calidad de semilla, mediante la selección combinada. Lo anterior permitirá que los productores sean más competitivos y logren un mayor ingreso económico por unidad de superficie y que contribuya al mismo tiempo a lograr la autosuficiencia económica y alimentaria. Así también, a disponer de una



opción de diversificación agrícola y evitar los flujos migratorios del campo a la ciudad y al extranjero.

## **Materiales y métodos**

Dos experimentos se llevaron a cabo durante el año 2017, en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, el cual se localiza en el km 94.5 de la carretera federal Córdoba-Paso del Toro, en Medellín de Bravo, Ver., a 18° 50' de latitud norte y 96° 10' de longitud oeste, a una altitud de 15 m. El clima es cálido subhúmedo Aw (w) (g), la temperatura media anual de 25.4°C, con máxima de 42.5°C y mínima de 7.0°C. La precipitación anual es 1400 mm y el periodo de lluvias está comprendido desde junio hasta octubre (García, 1988). El primer experimento se desarrolló en el ciclo invierno-primavera y el segundo en verano-otoño, ambos se realizaron con riego de auxilio. En el primer ciclo de evaluación el material vegetal fue una población de calabaza pipiana (PCP) de amplia base genética (ABG) integrada por colectas realizadas en el estado de Veracruz; la siembra de esta población tuvo lugar el 11 de enero del 2017. Para el segundo ciclo de selección, el material vegetal estuvo integrado por 60 familias de medios hermanos maternos (FMHM) las cuales se sembraron el dos de agosto del 2017. En ambos casos el lote experimental se utilizó simultáneamente para evaluación y selección de las familias.

La parcela experimental consistió de una familia por surco de 16.5 m de longitud, con distancia de 1.8 m entre surcos, a 1.5 m entre matas y se depositaron tres semillas por mata. La unidad experimental consistió de 10 matas centrales con tres plantas (30 plantas en total), eliminando las matas de los bordos, de tal forma que sólo se evaluaron aquellas con competencia completa. La preparación y trazado del terreno se hizo de manera mecánica mediante el paso de un barbecho y dos pasos de rastra, con el fin de proporcionar la mejor condición del suelo para proceder a la siembra de calabaza; la fertilización se realizó a los veintidós días después de la siembra y se aplicaron tres gramos de urea, dos gramos de DAP y un gramo de cloruro de potasio



por planta. El primer control de maleza se hizo en forma manual a los 13 días después de la siembra; tres días después, se realizó una cultivada con apoyo del tractor y la cultivadora y, a quince días después del primer control se realizó el segundo control manual de malezas. Se realizaron tres aplicaciones de producto químico a base de cipermetrina para el control de doradilla, éstas tuvieron lugar a los 26, 23 y 29 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 120 y 135 días después de la siembra, para el primero y segundo ciclo de selección, respectivamente. Las variables que se presentan en este trabajo son: peso individual, largo, ancho y forma de fruto; peso, largo y ancho de semilla por fruto y peso de 100 semillas. Para la variable forma de fruto se consideraron las siguientes: ovalada (1), redonda (2), aplanada (3) y aperada (4) (Figura 1). El diseño experimental fue de anidamiento, en el cual las plantas estuvieron anidadas en matas y las matas en familias. Cada mata fue una repetición, donde las plantas se consideraron observaciones dentro de una repetición, en este documento sólo se presentan promedios aritméticos de las observaciones. En la población del primer ciclo se aplicó selección familiar de medios hermanos maternos con una presión de selección del 67%, lo que permitió derivar las 60 FMHM evaluadas en el segundo ciclo de selección, considerando el peso de fruto y el peso de cien semillas. En el segundo ciclo se realizó selección familiar combinada de medios hermanos maternos (SFCMHM) y se aplicó una presión de selección entre familias ( $P_B$ ) de 33% y dentro de familias ( $P_W$ ) de 6.6%, de acuerdo con Meneses *et al.* (2009), lo que permitió restituir la población de 60 familias iniciales y son las que se continúan evaluando en el proceso de mejoramiento de calabaza pipiana.



**Figura 1. Escala de calificación de la forma de fruto en calabaza pipiana.**





## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos de cada una de las 89 FMHM derivados en el primer ciclo de evaluación de la población de ABG para cada variable correspondiente a características de fruto y semilla.

**Cuadro 1. Valores promedio de variables de interés en una población de calabaza pipiana evaluada en el ciclo invierno-primavera de 2017.**

No. FAMILIA	CARACTERÍSTICA DE FRUTO				CARACTERÍSTICA DE SEMILLA			
	Forma	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso 100 Semillas (g)
FAM 24	2	2,425.0	19.0	15.5	98.0	16.5	29.3	44.9
FAM 45	2	2,170.0	18.4	15.0	89.9	16.6	35.0	42.2
FAM 51	4	2,115.0	17.7	21.0	95.3	15.5	30.0	46.4
FAM 55	2	2,045.0	18.4	16.6	80.3	16.5	27.5	42.4
FAM 15	2	2,015.0	11.2	14.0	118.6	15.5	28.5	40.5
FAM 52	2	2,000.0	18.3	17.6	81.2	18.0	30.4	37.0
FAM 50	4	1,925.0	17.3	20.1	99.8	17.0	28.0	30.9
FAM 77	2	1,905.0	18.4	16.0	100.4	16.6	32.3	44.2
FAM 41	3	1,900.0	25.0	13.5	64.2	17.5	30.0	44.2
FAM 29	4	1,885.0	17.5	19.0	104.4	16.5	35.0	40.6
FAM 3	2	1,845.0	20.2	15.0	120.6	15.4	30.0	41.9
FAM 7	1	1,805.0	18.0	15.5	86.6	17.5	32.0	41.6
FAM 79	2	1,745.0	20.1	13.3	120.4	19.0	29.3	85.3
FAM 39	2	1,745.0	17.7	15.2	86.1	20.8	29.8	55.6
FAM 23	4	1,705.0	17.0	23.0	102.0	16.4	32.4	47.0
FAM 56	2	1,675.0	17.2	15.7	88.2	17.0	30.3	33.5
FAM 76	2	1,625.0	17.2	15.4	81.8	15.2	28.5	36.9
FAM 1	3	1,605.0	19.5	12.4	98.9	17.5	33.3	49.1
FAM 14	2	1,590.0	13.2	16.0	103.9	15.5	28.1	32.5
FAM 57	2	1,555.0	16.5	13.5	107.2	15.8	32.0	37.7
FAM 78	2	1,550.0	17.6	14.0	85.5	18.0	31.0	46.8
FAM 53	4	1,515.0	16.4	20.1	71.2	14.4	31.4	32.8
FAM 85	2	1,465.0	16.1	14.1	90.8	15.6	29.7	35.6
FAM 43	2	1,450.0	18.0	13.5	82.4	17.0	27.8	40.8
FAM 54	4	1,415.0	17.5	19.9	98.5	17.5	31.0	37.8
FAM 64	4	1,400.0	15.3	15.3	79.9	17.0	30.4	46.2
FAM 83	2	1,375.0	16.7	13.0	65.3	16.8	30.4	35.7
FAM 49	2	1,355.0	16.5	13.0	81.6	14.7	29.5	29.5
FAM 31	3	1,345.0	18.3	13.7	67.7	20.0	32.2	44.9
FAM 4	2	1,330.0	17.0	13.4	77.8	13.4	28.5	36.4



No. FAMILIA	CARACTERÍSTICA DE FRUTO				CARACTERÍSTICA DE SEMILLA			
	Forma	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso 100 Semillas (g)
FAM 48	2	1,325.0	15.8	13.1	80.6	18.5	31.1	50.4
FAM 13	4	1,320.0	14.0	12.5	78.1	15.3	30.6	40.4
FAM 30	4	1,310.0	15.8	17.9	65.8	15.8	29.2	26.1
FAM 33	2	1,285.0	17.3	14.5	85.6	17.3	33.3	33.9
FAM 69	4	1,280.0	14.7	16.0	49.8	16.4	28.2	28.5
FAM 80	2	1,250.0	15.7	12.5	38.5	16.5	28.0	22.7
FAM 16	2	1,240.0	17.2	13.1	87.6	16.4	30.7	48.0
FAM 20	2	1,215.0	15.4	12.5	75.1	16.4	27.7	46.9
FAM 32	2	1,215.0	16.5	14.1	75.3	16.0	30.0	29.9
FAM 25	4	1,175.0	14.0	17.6	64.9	13.5	28.8	39.1
FAM 63	4	1,160.0	14.0	17.0	65.6	15.4	29.0	31.2
FAM 19	4	1,150.0	14.0	14.5	48.8	15.5	26.6	35.7
FAM 40	4	1,145.0	16.0	13.6	55.6	15.2	28.5	31.6
FAM 26	4	1,125.0	13.0	16.5	68.4	16.4	28.0	40.7
FAM 59	4	1,120.0	13.5	17.6	65.8	16.0	29.0	30.6
FAM 21	2	1,110.0	15.0	17.0	58.7	16.5	29.5	35.0
FAM 22	2	1,110.0	15.0	13.0	83.9	15.5	27.3	34.1
FAM 71	4	1,085.0	15.3	19.7	50.9	15.8	34.0	36.6
FAM 44	3	1,085.0	17.6	12.5	69.8	16.5	28.8	31.1
FAM 2	3	1,080.0	18.1	11.5	75.9	18.5	32.4	52.3
FAM 65	4	1,080.0	15.2	13.5	69.6	17.2	29.5	42.2
FAM 18	2	1,075.0	14.0	14.0	60.8	16.5	30.4	44.8
FAM 87	4	1,075.0	15.3	13.5	50.9	14.5	28.5	36.3
FAM 9	2	1,064.0	16.5	13.0	67.8	16.4	29.2	40.5
FAM 34	2	1,060.0	16.5	13.0	64.8	15.5	26.4	30.7
FAM 61	2	1,040.0	16.0	18.2	49.8	14.4	30.4	24.6
FAM 47	2	1,030.0	15.1	11.0	41.6	15.4	28.0	36.8
FAM 12	2	985.0	14.4	13.0	51.6	14.7	27.2	31.8
FAM 73	2	980.0	15.6	11.4	63.8	18.2	30.0	37.2
FAM 27	4	980.0	14.0	14.0	45.6	14.5	28.6	32.8
FAM 36	2	945.0	14.0	12.0	42.1	16.5	27.0	30.6
FAM 72	2	945.0	16.4	11.8	54.6	17.0	29.2	29.1
FAM 37	2	915.0	13.0	13.0	25.5	18.0	31.4	32.4
FAM 6	2	915.0	14.5	12.4	70.6	14.7	26.4	31.5
FAM 66	3	910.0	15.5	11.0	54.5	16.7	28.0	36.7
FAM 58	2	910.0	17.5	15.0	72.8	18.4	29.4	30.3
FAM 67	4	895.0	15.4	13.5	39.3	16.5	28.4	24.6
FAM 10	2	860.0	15.5	13.0	81.7	16.5	30.1	33.2
FAM 68	2	845.0	14.2	10.2	47.6	15.7	28.7	29.7
FAM 84	2	815.0	13.9	12.2	51.6	14.7	27.0	31.9
FAM 42	2	795.0	15.5	12.0	41.8	15.7	27.5	30.0



No. FAMILIA	CARACTERÍSTICA DE FRUTO				CARACTERÍSTICA DE SEMILLA			
	Forma	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (g)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso 100 Semillas (g)
<b>FAM 17</b>	3	785.0	15.5	10.4	61.5	17.5	29.2	34.8
<b>FAM 46</b>	2	785.0	13.7	11.9	46.9	15.0	29.4	24.6
<b>FAM 74</b>	2	745.0	14.8	12.5	53.6	15.5	28.5	25.2
<b>FAM 88</b>	4	735.0	13.0	13.5	41.6	14.2	26.0	29.7
<b>FAM 89</b>	2	725.0	13.5	10.0	21.2	14.6	26.5	32.5
<b>FAM 70</b>	3	710.0	15.7	9.5	49.4	18.9	32.0	43.0
<b>FAM 38</b>	2	700.0	13.0	12.4	29.9	14.5	25.2	20.9
<b>FAM 86</b>	4	695.0	13.8	13.5	36.9	13.5	29.5	27.9
<b>FAM 28</b>	2	665.0	12.5	14.5	49.8	17.5	28.2	35.2
<b>FAM 81</b>	2	660.0	13.8	12.5	30.2	16.0	25.4	45.2
<b>FAM 62</b>	2	605.0	13.1	11.2	35.3	14.4	26.0	19.9
<b>FAM 5</b>	2	595.0	13.0	11.3	22.6	14.0	26.3	36.6
<b>FAM 35</b>	4	595.0	13.0	12.3	19.6	15.5	27.0	21.6
<b>FAM 60</b>	2	560.0	12.1	10.0	28.4	14.0	25.5	20.9
<b>FAM 75</b>	4	500.0	12.0	13.7	36.9	16.0	27.0	26.6
<b>FAM 82</b>	3	480.0	14.0	10.5	42.9	15.0	29.9	31.5
<b>FAM 11</b>	2	480.0	13.0	11.0	35.7	14.4	26.5	30.7
<b>FAM 8</b>	2	315.0	14.0	10.5	43.6	16.4	27.1	31.9
<b>Media</b>	2.7	1,199.1	15.7	14.1	66.4	16.2	29.2	36.2
<b>Desviación Estándar</b>	0.9	451.5	2.2	2.7	24.2	1.4	2.1	9.3

En este ciclo de evaluación, el cual al mismo tiempo fue un lote de selección familiar, se aplicó una presión de selección entre familias ( $P_B$ ) de 67%, lo que permitió seleccionar a las 60 familias superiores con base al peso de fruto y peso de cien semillas. Se seleccionaron las Familias 66, 70 y 81, las que, a pesar de tener bajo peso de fruto registraron un alto peso de semilla.

Los resultados obtenidos en el segundo ciclo de evaluación de las 60 FMHM de calabaza pipiana evaluados en agosto a diciembre de 2017 se presentan en el Cuadro 2, en donde se observa que la mejor familia (48) presentó un promedio de peso de fruto de 2.43 kg superando numéricamente en 1.4 kg a la familia de menor peso de fruto. Así mismo, se encontró una relación directa entre el peso de la semilla y el peso de 100 semillas. La mejor familia también sobresalió en los caracteres señalados. Sin embargo, la familia 43 aunque tuvo peso de fruto inferior de 0.68 kg comparado con la mejor familia, tiene peso de semilla sobresaliente dado que a menor peso de fruto aún mantiene un alto peso de semilla, solamente superado por

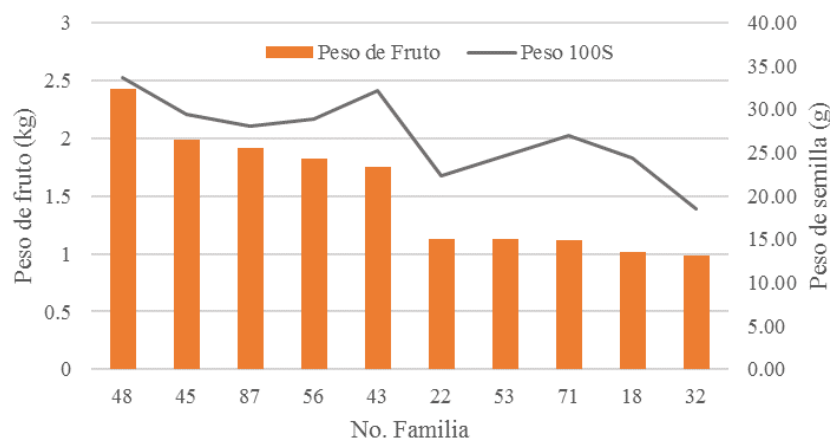


1.83 g por la mejor familia, lo que representa una mejor proporción de semilla en relación con el tamaño de fruto.

**Cuadro 2. Características de fruto y semilla de las cinco familias más y menos sobresalientes en el segundo ciclo de evaluación de SFMHM en verano-otoño 2017.**

Familia	Fruto				Semilla			
	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Forma	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso 100 Semillas (g)
48	2.43	21.00	16.00	4	86.79	27.70	14.50	33.70
45	1.99	17.83	17.17	3	58.02	27.30	13.80	29.38
87	1.92	15.00	16.00	2	58.35	26.60	15.20	28.06
56	1.82	15.70	16.26	2	68.65	26.04	14.00	28.87
43	1.75	15.83	16.43	3	84.96	27.17	14.57	32.09
22	1.13	13.75	13.80	1	45.58	23.88	12.73	22.36
53	1.13	14.83	14.33	1	42.07	25.90	13.47	24.65
71	1.12	14.19	14.10	2	42.50	25.69	13.06	27.00
18	1.02	13.00	15.00	2	63.63	25.50	13.40	24.45
32	0.99	13.00	13.40	4	47.55	25.50	14.00	18.54

Para fines de producción de semilla las cinco familias superiores presentan buena calidad de la misma, sobretodo porque presentan semillas de alto peso individual (Figura 2).

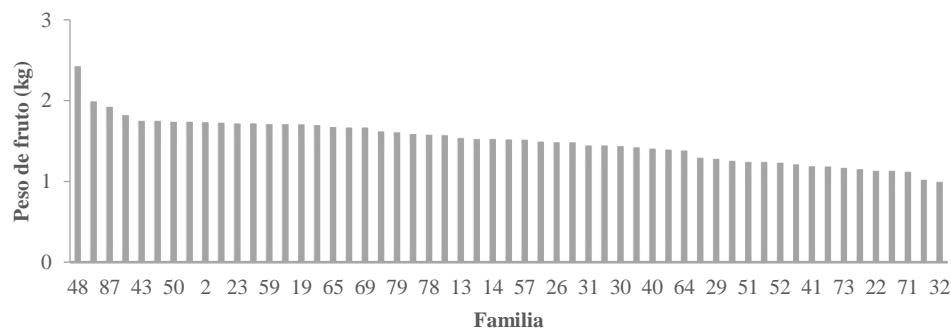


**Figura 2. Relación entre el peso de fruto y peso de cien semillas de familias en el segundo ciclo de SFMHM evaluadas en el 2017 en el CECOT. Nota: Peso 100S = peso de 100 semillas.**



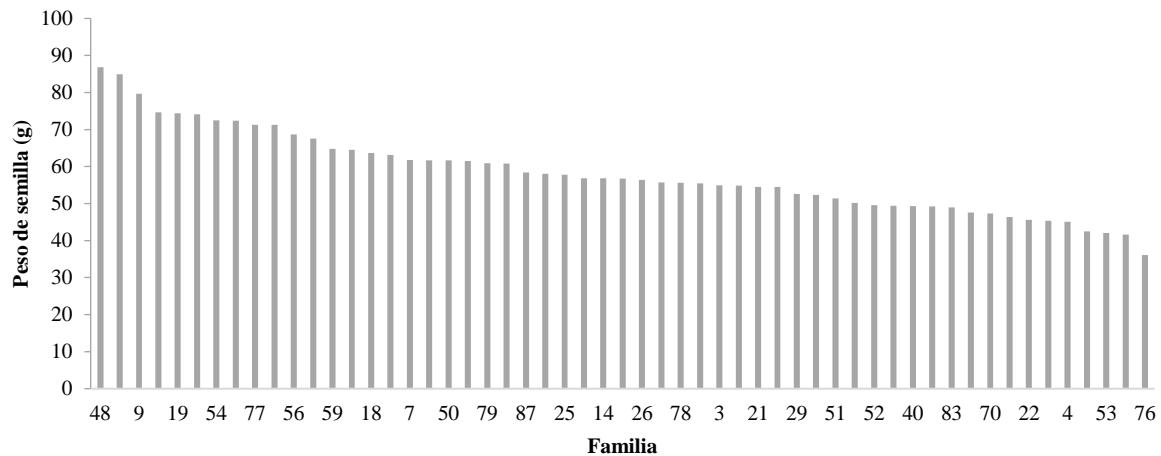


Al ser una población de amplia base genética, a pesar de estar en el segundo ciclo de selección familiar combinada, permite conservar la forma original del fruto, el cual es un aspecto a resaltar por considerarse que la presión de selección ha sido apropiada para no descartar ese tipo de características. Las formas anteriores siempre se presentarán debido a que la calabaza es una especie de polinización cruzada favorecida por la actividad de transporte de polen que realizan las abejas (Robinson y Decker-Walters, 1997) y, más aún, cuando en la población bajo selección se permitió la polinización natural, por lo que las múltiples visitas de las abejas sobre las flores masculinas, frecuentemente resulta en una deposición de polen mezclado en estigmas receptivos (Kirkpatrick y Wilson, 1988). La Familia 18 se considera sobresaliente desde el punto de vista genético, porque a pesar de tener un peso de fruto muy bajo, presenta buen peso de semilla por fruto (63.63 g) (Cuadro 2). La Figura 3 permite observar claramente que la Familia 48 sobresale muy por arriba del resto de familias, posteriormente un grupo de tres familias se ubican como las que mejor peso de semilla presentan. Con base en los resultados numéricos se aprecia que existe menos variación entre las familias.



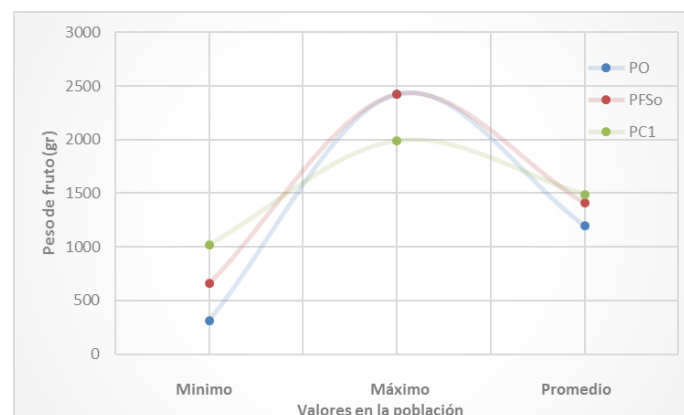
**Figura 3. Variabilidad en peso de fruto de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana.**

Situación muy distinta se encontró para el peso de semilla, en la cual tres familias (Familia 48, 43 y 9) son superiores al resto de familias. Sin embargo, existe mayor variación en el resto de las familias; es decir, aún hay mucha materia prima para continuar con el proceso de selección en la población de calabaza (Figura 4).



**Figura 4. Variabilidad en peso de semilla de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana.**

En la Figura 5 se muestra la tendencia en los valores del peso de fruto mínimo, máximo y promedio de la población original (PO) constituida por las 89 familias contra los valores promedio de la población de familias seleccionadas (PFS). Como era de esperarse, los valores en la PFS fueron superiores dado que se elige a lo mejor de toda la población. Conforme se avanza en los ciclos de selección, siempre se espera que la media de la población vaya incrementando en la variable de interés y en este caso el valor del peso de fruto ha aumentado, situación que se ha visto favorecido dado que el carácter es altamente heredable.



**Figura 5. Cambios en la población de familias a través de los ciclos de selección. Nota: PO = Población original, PFS = Población de familias seleccionadas de la población original, PC1 = población del ciclo 1.**



Como efecto de un ciclo de selección la amplitud de la diversidad se ha visto disminuida y resulta favorable sobre todo a que en la población no hay frutos por debajo de un kilogramo de peso, aunque esa ganancia se vio afectada porque los frutos demasiado grandes han tornado a menor peso y se observa una tendencia hacia la uniformidad en cuanto al peso de fruto. Estudios relacionados con selección familiar combinada en cucurbitáceas muestran que, a pesar de realizar selección, en los primeros ciclos de selección aun es factible encontrar características que están presentes en la población original (Meneses *et al.*, 2002).

## Conclusiones

1. En relación con las variables que determinan la calidad de fruto y semilla, tales como el peso promedio de fruto, peso seco de semilla por fruto y el peso de cien semillas, en el primer ciclo de selección se encontró que la familia 48 presentó el mejor potencial en cada una de ellas, por lo que es de gran importancia para el programa de mejoramiento genético y se incluirá en los subsecuentes ciclos de selección/evaluación.
2. Las familias 48, 43 y 9 tuvieron el mayor peso de semilla por fruto y supera en al menos 44 g a la familia que menos semilla produjo.
3. Con tan sólo un ciclo de selección familiar el valor promedio de peso de fruto de la población bajo selección ha sido favorable para incrementar en al menos 291 g.

## Literatura citada

- Cornide, M. T. 2001. La genética vegetal, el mejoramiento y la sociedad. *Cultivos Tropicales* 22(83): 73-82.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Koppen para adaptarlos a las condiciones de la república mexicana. 4ª edición. UNAM. México, D. F.



- Kirkpatrick, K. J. and Wilson, H. D. 1988. Interspecific gene flow in Cucurbita: *C. texana* vs *C. pepo*. American Journal Botanical 75(4): 519-527.
- Meneses, M. I., C. Villanueva V., J. Sahagún C., T. R. Vázquez R. y C. Merrick L. 2002. Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza *Cucurbita pepo* L. bajo el sistema milpa. Revista Chapingo Serie Horticultura 8(1): 5-14.
- Meneses, M. I., C. Villanueva V. y J. Sahagún C. 2009. Cambios en la calidad de fruto maduro de una población sintética de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 15(3): 269-274.
- Pérez, G. M., F. Márquez S. y L. Peña A. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. 380 p.
- Robinson, R. W. and Decker-Walters, D. S. 1997. Cucurbits. CAB International. University Press. Cambridge, UK. 226 p.
- Sánchez, H. M. A., C. Villanueva V., J. C. Sahagún C., Merrick, L. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Revista Chapingo Serie Horticultura 6(2): 221-240.





## SINCRONIZACIÓN DE LA FLORACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-567

Marcos V. Vázquez Hernández<sup>74\*</sup>, Flavio Rodríguez Montalvo<sup>74</sup> y Mauro Sierra Macías<sup>74</sup>

### Resumen

El maíz es el cultivo más importante en México y para mejorar su producción se ha recurrido al uso de semilla mejorada. La producción de semilla de variedades de maíz de polinización libre es relativamente sencilla; sin embargo, la producción de semilla híbrida requiere que se apliquen prácticas de campo adicionales que son esenciales para lograr una buena producción. El principal problema al que se enfrentan los productores de semilla de híbridos de maíz es la asincronía o desfase de la floración entre los progenitores hembra y macho. Cuando se presenta este desfase, la práctica más utilizada es realizar la siembra diferenciada, para lograr la sincronización de la floración, además, se deben realizar prácticas adicionales para lograr una buena producción y buena calidad de semilla. Con base en lo anterior, se evaluó el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis de ácido giberélico ( $GA_3$ ) (Biogib 10PS) y auxinas (Radix 10000) sobre la sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567. El estudio se realizó en parcelas de 32 m<sup>2</sup> por tratamiento, con una relación 6:2 hembra:macho, con 20 cm entre plantas y 80 cm entre hilera. La siembra de los progenitores se realizó en la misma fecha en las parcelas con los tratamientos. Los datos se analizaron bajo un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $p=0.05$ ). Los resultados mostraron que independientemente de las dosis utilizadas de Biogib o Radix 1000, se logró la sincronización de la floración de los progenitores del híbrido de maíz H-567, con resultados similares al obtenido en el testigo. La aplicación foliar del 100 mg/L de Biogib es suficiente para lograr la sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567 y obtener rendimientos al

<sup>74</sup> Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. \* [marcos\\_vh@hotmail.com](mailto:marcos_vh@hotmail.com), [vazquez.marcos@inifap.gob.mx](mailto:vazquez.marcos@inifap.gob.mx)



menos similares al testigo sin necesidad de realizar la siembra diferenciada de los progenitores.

**Palabras clave:** sincronía floral, hormonas, rendimiento

## Introducción

El maíz es el cultivo más importante en México. De acuerdo con el SIACON (2018), la superficie sembrada de maíz para grano a nivel nacional en el 2018 fue de 7.37 millones de ha, que representa el 34.8% del total de la superficie agrícola en México. El 66% de su producción anual se destina al consumo humano; por lo tanto, para garantizar la seguridad alimentaria del país, se necesita ofrecer al productor opciones orientadas a reducir los costos de producción (Vallejo *et al.*, 2008).

Para mejorar la producción de maíz se ha recurrido al uso de semilla mejorada, que presentan características agronómicas, productivas y de calidad sobresaliente bajo las condiciones ambientales que prevalecen en las zonas productoras (Virgen *et al.*, 2013). Aunque la producción de semilla de variedades de maíz de polinización libre es relativamente sencilla, la producción de semilla híbrida requiere que se apliquen prácticas de campo adicionales (siembra diferenciada o dividida, raleo de plantas, desespigamiento, entre otras) que son esenciales para lograr una buena producción (MacRobert *et al.*, 2015). En este sentido, la asincronía o desfasamiento floral entre los progenitores es uno de los principales problemas en la producción de semilla de maíz que repercute en la nula o deficiente polinización, lo que afecta la calidad de semilla y su rendimiento. Es por ello que, en el mantenimiento (refrescamiento) de los progenitores (líneas o cruza simples) y en la producción de semillas es necesario la implementación y seguimiento de protocolos específicos para cada material y región. Por eso, para la producción de semilla de maíz es necesario conocer las características genéticas de los progenitores (líneas y cruza simples), el ambiente (cantidad, la distribución de la precipitación, temperatura, radiación y características físico y químicas del suelo) y la interacción genotipo - ambiente, con



el fin de obtener el mejor rendimiento y calidad de semilla, al menor costo y con el uso eficiente de los insumos y recursos naturales (Virgen-Vargas *et al.*, 2014). En el caso de los progenitores, es básico conocer información relevante como son, los días a floración femenina (aparición de estigmas) y periodo en que estos permanecen receptivos, así como, días a floración masculina y el periodo de liberación de polen. Al respecto, Espinosa *et al.* (2001), mencionan que la coincidencia y el control de la polinización es fundamental, ya que se debe asegurar que haya polen funcional en la planta utilizada como macho cuando los estigmas de la hembra están receptivos. Por otra parte, Otahola-Gómez y Rodríguez (2001), señalan que, en los materiales de maíz prolíficos, la sincronización entre la maduración del polen y el periodo de receptibilidad de los estigmas debe asegurar una mayor polinización y fecundación de las mazorcas. Sin embargo, existen situaciones que pueden adelantar ligeramente la liberación del polen y provocar un retraso en la floración femenina, esto puede ocurrir cuando existe una deficiente nutrición, déficit hídrico o altas temperaturas, que afectan directamente al rendimiento (Papucci *et al.*, 2006).

Cuando los progenitores presentan diferentes fechas de floración, la práctica más utilizada es realizar la siembra diferenciada, que consiste en sembrar primero el progenitor más tardío y días después se siembra el progenitor más precoz, esto, con la finalidad de promover la floración simultánea en ambos progenitores. Sin embargo, esta práctica afecta a los costos de producción, ya que no solo implica sembrar en dos fechas de siembra, si no que pueden ocurrir complicaciones en la operatividad en campo, ya que podrían ser necesario realizar más labores como es la aplicación de riego, fertilizantes y plaguicidas, para lo que también se requiere de más jornales. Además, existe el riesgo de que algunas condiciones ambientales no previstas afecte a alguno de los progenitores (Vallejo *et al.*, 2008). Esto conlleva a la búsqueda o al desarrollo de una estrategia para lograr la sincronización floral en la producción de semilla de maíz sembrando los progenitores en la misma fecha.

Además de la siembra diferenciada, se puede realizar la siembra simultánea de hembras y machos con la implementación de algunas prácticas de manejo (Ruiz y Hernández, 2017; Vallejo *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2004; Beck, 2002), como son: el remojo de la semilla de 12-24 h si se realiza la siembra manual, corte o quemado de



hojas (con fuego o herbicidas), fertilización extra de N o P, dispersión manual del polen o con aire (cuando no hay suficiente plantas macho), adelanto del desespigamiento para adelantar la floración femenina, recorte de la cubierta de la mazorca (despunte de la mazorca) (MacRobert *et al.*, 2015). Algunas de estas no son fáciles de realizar a gran escala e implica riesgos para el cultivo y/o los trabajadores de campo, ya que puede requerirse de un equipo especial y causan un estrés significativo en las plantas, especialmente cuando se trata de líneas. Sin embargo, pueden ser una opción para resolver algún problema inesperado que se presente en un lote de producción de semilla de maíz (Vallejo *et al.*, 2008).

En el mercado existen productos comerciales que se han utilizado para adelantar o retrasar la floración en otras especies vegetales. Estos productos pueden contener nutrientes y/o fitohormonas que actúan como estimulantes de las actividades fisiológica de las plantas. Para la aplicación de estos productos, es necesario considerar la etapa fenológica del cultivo, las dosis de aplicación y la interacción con el ambiente. Al respecto, Ruíz y Hernández (2017) señalan que el uso de reguladores de crecimiento, usados para adelantar floración en machos o hembras, es responsabilidad del productor de semilla, ya que existe poca evidencia científica que avalen su efectividad en el cultivo de maíz.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis de ácido giberélico ( $GA_3$ ) (Biogib 10PS) y auxinas (Radix 10000), sobre la sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567.

## **Materiales y métodos**

El experimento se estableció en el ciclo P-V/2018 bajo condiciones de temporal, en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla, localizado en el km 94.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, Ver. ( $18^\circ 50'$  LN y  $96^\circ 10'$  LO), a 15 m de altitud. El clima es cálido subhúmedo Aw (w)(g), que corresponde a los subtipos menos húmedos de los cálidos subhúmedos (García,





1987), con temperatura media anual de 25.4 °C, con máxima de 42.5°C y una mínima de 7.0°C y 1 336.8 mm de precipitación anual (Díaz *et al.*, 2006). El suelo es de textura migajón-arcillosa, con pH ligeramente ácido (6.4).

El estudio se realizó en una parcela experimental destinada a la formación del híbrido H-567, con cuatro repeticiones. Se utilizó como hembra a la cruza simple LT164xLT165 y a la línea LT166 como macho.

Los productos y dosis de aplicación se muestran en el Cuadro 1. Los tratamientos fueron aplicados vía foliar 38 días después de la siembra a la línea que cumple la función de macho.

La fecha de siembra de ambos genotipos, hembra y macho, con excepción de la hembra del testigo que se sembró tres días después que el macho, se realizó de manera aislada el 17 de agosto del 2018 en parcelas de 32 m<sup>2</sup> por tratamiento, con una relación de 6:2 hembra:macho, con una distancia entre plantas de 20 cm y de 80 cm entre hileras, con una densidad de 62,500 plantas por ha. La fertilización (207-69-60), se realizó aplicando el 50% del N y K y el 100% del P en la primera fertilización (15 días después de la siembra) y el resto se aplicó 35 días después de la siembra. El control de malezas y plagas se realizaron de acuerdo a lo recomendado por el Programa de Maíz del CECOT, para la zona centro del estado de Veracruz (Palafox *et al.*, 2010).

**Cuadro 1. Diseño de tratamientos evaluados en la formación del híbrido H-567, en P-V 2018.**

Tratamiento No.	Producto	Dosis
1	Radix 10000	0.45 g/L
2	Radix 10000	0.90 g/L
3	Radix 10000	1.35 g/L
4	Biogib	10 mg/L
5	Biogib	100 mg/L
6	Biogib	1000 mg/L
7	Testigo	-

Las variables evaluadas fueron: 1). Altura de planta. Se realizó en 10 plantas tomadas al azar en cada parcela a los 90 días después de la siembra, midiendo en centímetros desde la base del tallo, hasta la inserción de la última hoja (hoja bandera); 2). Altura



de mazorca, medido desde la base del tallo, hasta la inserción de la mazorca; 3). Relación altura de mazorca/altura de planta; 4). Días a floración masculina (DFM), que se determinó como los días transcurridos a partir de la siembra y hasta cuando el 50% de las plantas se encontraron en estado de antesis; 5). Días a floración femenina (DFF), determinada a partir de la siembra hasta cuando el 50% de las plantas se encontraron con los estigmas receptivos (estigmas de 3-5 cm); 6). Asincronía floral, determinado como los días de diferencia en que se presentó la floración masculina y femenina; 7). Porcentaje de mala cobertura de mazorca; 8). Porcentaje de mazorca podrida; 9). Porcentaje de mazorcas mal polinizadas y 10). Rendimiento, expresado en t/ha.

El análisis estadístico se realizó con el software Infostat 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

Con excepción del rendimiento (Figura 1), en las otras variables no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 2). La sincronización de la floración, similar, entre plantas tratadas con fitohormonas y el testigo, indica, que se puede evitar la siembra diferenciada de los progenitores con cualquiera de las dosis evaluadas de Biogib o Radix, ya que adelantaron la floración masculina por tres días en promedio. Con base en estos resultados, es posible realizar la siembra de ambos progenitores en una misma fecha, reduciendo los costos de producción al no requerirse de más tiempo y jornales para realizar la siembra diferenciada. Al respecto, Vallejo *et al.* (2008) señalan que la sincronía entre la floración masculina del progenitor macho con la receptividad de los estigmas del progenitor hembra es uno de los principales problemas que se enfrentan los productores de semilla híbrida de maíz. Por otra parte, MacRobert *et al.* (2015) señalan que lo ideal es que las plantas “macho” empiecen a producir polen cuando los primeros estigmas de las hembras aparecen y que sigan produciendo polen todo el tiempo que los



estigmas de las hembras estén emergiendo. Sin embargo, esto no siempre ocurre debido a que sus tasas de crecimiento son diferentes y a las variaciones ambientales. Cualquier falla en la sincronización de la floración entre hembras y machos reduce el rendimiento, además de exponer al progenitor hembra a ser contaminado con polen foráneo.

**Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre algunas variables en la formación del híbrido H-567.**

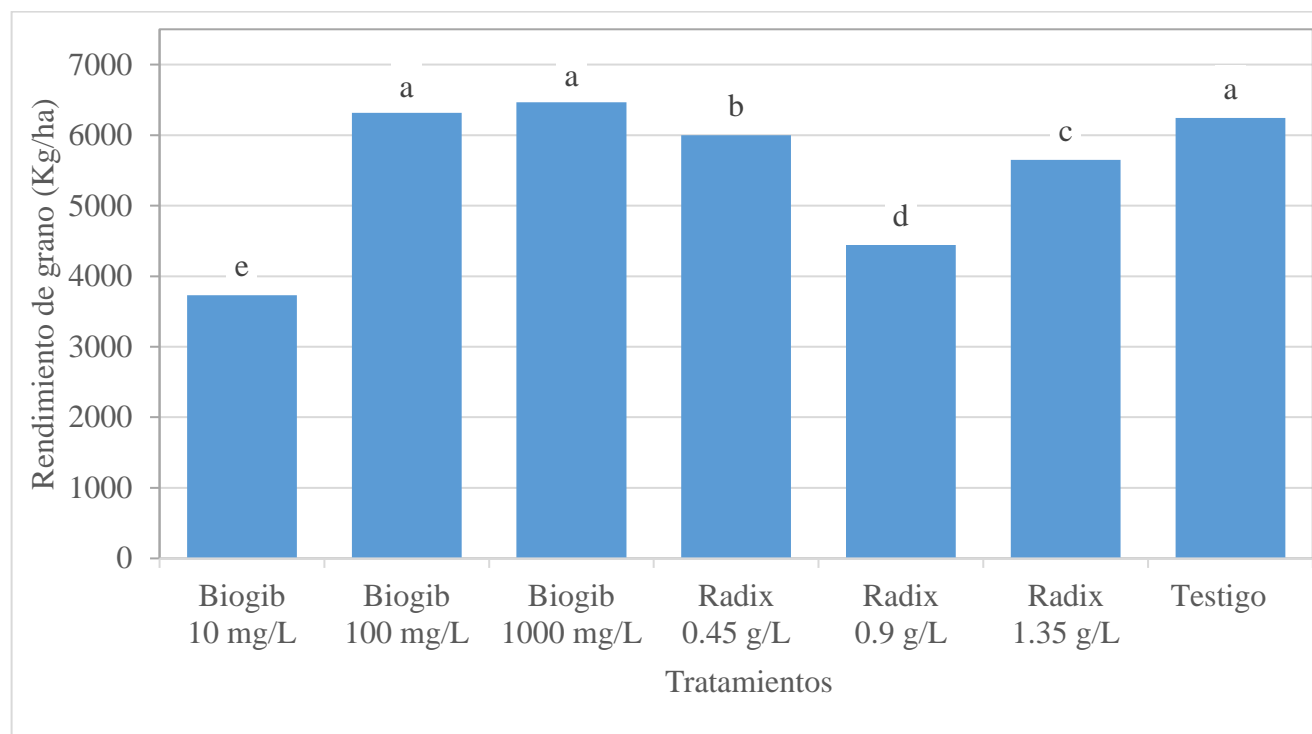
Tratamiento	DFM	DFF	AF	AP	AM	RAM/AP	MMC (%)	MP (%)	MMP (%)
Biogib 10 mg/L	56.25b <sup>¥</sup>	57.25	1	170.25	84.5	0.50	0.59	4.02	15.32
Biogib 100 mg/L	56.50b	57.5	1	171.00	86.25	0.50	0.25	1.75	9.47
Biogib 1000 mg/L	56.25b	57.25	1	175.75	87.50	0.50	0.41	4.48	6.04
Radix 0.45 g/L	56.75b	57.75	1	180.75	88.75	0.49	0.18	2.44	15.61
Radix 0.9 g/L	56.50b	57.50	1	178.25	90.00	0.51	0	1.95	8.70
Radix 1.35 g/L	56.50b	57.50	1	174.00	86.25	0.49	0.20	1.65	10.56
Testigo (agua)	55.75a	56.75	1	184.75	89.50	0.48	0.38	1.64	6.15
CV	1.29	1.27	0	10.10	15.02	6.75	241	96.28	89.20
DMS (0.05)	1.7	1.70	-	41.62	30.72	0.08	1.61	5.76	21.39
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

DFM: Días a floración masculina, DFF: Días a floración femenina, AF: Asincronía floral (días), AP: Altura de planta (cm), AM: Altura de mazorca (cm), RAM/AP: Relación altura de mazorca/altura de planta, MMC: Mazorcas con mala cobertura (%); MP: Mazorcas podridas (%), MMP: Mazorcas mal polinizadas (%). <sup>¥</sup>En una misma columna, medias seguidas de la misma indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos (Tukey, p=0.05)

Con respecto a la altura de planta y altura de la mazorca, aunque no se encontraron diferencias significativas, se puede observar una reducción de hasta 14.5 y 5 cm, en la altura de planta y de mazorca, respectivamente, con los tratamientos con Biogib y Radix, comparado con el testigo. La altura de planta es determinante en la calidad y rendimiento de la semilla y grano de maíz, ya que existe alta correlación entre la altura de plantas con el acame, de ahí la importancia de formar híbridos de porte intermedio y bajo para minimizar el riesgo por acame (Sierra *et al.*, 2004) y su efecto sobre el rendimiento. De la misma manera el rendimiento y calidad se ven afectados por el tiempo en que las mazorcas mantienen el contacto con el suelo (Lafitte, 1993). El rendimiento de maíz fue mayor con los tratamientos Biogib 1000 mg/L, Biogib 100 mg/L y el testigo, con rendimientos de 6463.87, 6314.33 y 6245.46 kg/ha,



respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos (Figura 1). Estos tres tratamientos superaron significativamente a los tratamientos con Biogib 10 mg/L, y a las tres dosis de Radix (0.45, 0.90 y 1.35 g/L).



**Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de semilla del híbrido de maíz H-567.**

El rendimiento similar de semillas de maíz del híbrido H-567 entre el testigo y los tratamientos Biogib 100 y 1000 mg/L, no necesariamente significa que tienen la misma rentabilidad, ya que el costo de producción fue mayor en el testigo debido a que se realizaron dos fechas de siembra (la siembra del progenitor hembra tres días después de la siembra del progenitor macho). Esto significa una mayor inversión en tiempo e mano de obra, además si tomamos en cuenta el precio de la semilla sobre el diferencial del rendimiento, el uso de fitohormonas representa un ingreso mayor para el productor de semilla.





## Conclusiones

1. La aplicación foliar de Biogib y Radix 10000, al progenitor masculino, 38 días después de la siembra, adelantó la floración masculina hasta por tres días y favoreció la sincronización de la floración en la formación del híbrido H-567, sin necesidad de realizar la siembra diferenciada de los progenitores, independientemente de la dosis utilizada.
2. La aplicación foliar del 100 mg/L de Biogib es suficiente para lograr la sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567 y obtener rendimientos al menos similares al testigo sin necesidad de realizar la siembra diferenciada de los progenitores.

## Literatura citada

- Beck, D. 2002. Manejo de la producción de semilla de maíces híbridos. Notas del curso de semillas del CIMMYT. 59 p.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.
- Espinosa, A., M. Tadeo., H. Medina., R. Gutiérrez J. y M. Luna. 2001. Alternativas para favorecer la polinización y producción de semilla del híbrido H-311 de Maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(002):229-235.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- Lafitte, H. R. 1993. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. CIMMYT. México, D.F. 112 p.
- MacRobert, J. F., P. Setimela, J. Gethi y R. M. Worku. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. CYMMYT. México, D.F. 26 p.



- Otahola, G. V. y Z. Rodríguez. 2001. Comportamiento agronómico de maíz (*Zea mays* L.) tipo dulce bajo diferentes densidades de siembra en condiciones de sabana. *Revista UDO Agrícola* 1 (1): 18-24.
- Palafox, C. A., M. Sierra M., F. A. Rodríguez M. y F. J. Ugalde A. 2010. Tecnología de producción para maíz de grano y elote para el trópico húmedo de México. Folleto para productores Núm. 14. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México. 14 p.
- Papucci, S., M. Cruciani., A. González. y S. Pirles. 2006. Efecto del sistema de labranza y la fertilización nitrogenada sobre la biología floral en maíz. *Revista Agromensajes*. 48-56.
- Ruiz, R. S. y R. Hernández V. 2017. Producción de semilla de maíz Caso CIR Pacífico Centro. Folleto técnico Núm. 4. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal. México. 61 p.
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Agroalimentaria de Consulta). 2018. Modulo Agrícola. Resumen nacional por cultivo. SIAP-SADER. México.
- Sierra, M., M., E. N. Becerra L., A. Palafox C., S. Barrón F., O. Cano R., A. Zambada M., et al. 2004. Caracterización de híbridos de MAÍZ (*Zea mays* L.) con alta calidad de proteína por su rendimiento y tolerancia a pudrición de mazorca en el sureste de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22 (2): 268-276.
- Torres, F., J. L., D. Beck L., A. Carballo C. y J. A. Estrada G. 2004. Técnicas para sincronizar floración en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agricultura Técnica en México*, 30(1):89-100.
- Vallejo, D., H. H., J. L. Ramírez D., M. Chuela B. y R. Ramírez Z. 2008. Manual de producción de semilla de maíz estudio de caso. Folleto Técnico Núm. 14. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Michoacán, México. 84 p.
- Virgen, V. J., R. Zepeda B., M. A. Ávila P., A. Espinosa C., J. L. Arellano V., A. Gámez-V. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):323-335.
- Virgen, V. J., R. Zepeda B., J. L. Arellano V., M. A. Ávila P., I. Rojas M. 2013. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de valles altos en dos fechas de siembra. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México* 1(1): 26-32.



## MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Sierra Macías Mauro<sup>75\*</sup>, Rodríguez Montalvo Flavio<sup>75</sup>, Gómez Montiel Noel<sup>76</sup>, Espinosa Calderón Alejandro<sup>77</sup>, Ugalde Acosta Francisco Javier<sup>75</sup> y Andrés Meza Pablo<sup>78</sup>

### Resumen

Durante más de seis décadas de investigación continua en mejoramiento genético de maíz para el trópico mexicano en el Campo Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, se han liberado 16 híbridos, 6 variedades de polinización libre y 5 sintéticos, los cuales han sido comercializados a través del tiempo con muy buena aceptación por los agricultores. Los métodos de mejoramiento utilizados han sido principalmente el mejoramiento poblacional a base de selección recurrente, la cual aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones de maíz y generan subproductos que son las variedades de polinización libre, integración de compuestos de amplia base genética las cuales se utilizan tanto en el mejoramiento poblacional y como fuente de derivación de líneas endogámicas que a su vez forman mejores híbridos y/o sintéticos; la hibridación que aprovecha el tipo de acción génica, desviación de aditividad y el efecto de heterosis al cruzar individuos con relativa divergencia genética y con buena aptitud combinatoria específica. En la formación de los primeros híbridos H-503 y H-507, se utilizó el patrón heterótico Trópico húmedo x Trópico seco. Así también, las variedades sintéticas, mismas que se forman con la recombinación genética de líneas endogámicas seleccionadas por su buen comportamiento *per se* y buena aptitud combinatoria general. Se han logrado avances en la formación de variedades de polinización libre, sintéticos, híbridos y sus progenitores tanto en rendimiento, adaptación, como en características agronómicas, con facilidad y rentabilidad en la producción comercial

<sup>75</sup> Investigadores del programa de maíz Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP, Km 34 Carr. Veracruz Córdoba, Mpio. de Medellín, Ver., \*Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx, mauro\_s55@hotmail.com

<sup>76</sup> Campo Experimental Iguala, INIFAP.

<sup>77</sup> Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

<sup>78</sup> Universidad Veracruzana.



de semilla. Los genotipos que se encuentran en uso actual son los híbridos H-520, H-564C y H-519C, las variedades VS-536 y V-537C, con buen rendimiento, altura de planta y de mazorca baja, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca y con adaptación a la región tropical húmeda en altitudes de 0 a 1200 msnm.

**Palabras clave:** hibridación, mejoramiento poblacional, sintéticos, *Zea mays* L.

## Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y ocupar el 20% de la población económicamente activa. El uso principal es en la alimentación humana con un consumo *per cápita* aparente de 209.8 kg (Morris y López, 2000). La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 18 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo humano 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36% es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización (SAGARPA, 2012). Anualmente se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. En la región tropical del país se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego, en las cuales, es factible el uso de semilla de híbridos y variedades sintéticas (Sierra *et al.*, 2004). En México existen 31 millones de personas con desnutrición, de los cuales 18 millones padecen desnutrición severa (Espinosa *et al.*, 2006), se trata de diez millones de indígenas y el resto es población urbana de bajos ingresos. De estos, el 50% corresponden a niños menores de 5 años de las áreas rurales y el 30% de las urbanas (Espinosa *et al.*, 2006). El maíz con alta calidad de proteína se deriva del aprovechamiento del gene mutante *opaque 2*, expresado en su versión homocigótica recesiva con mayor contenido de Lisina y Triptofano, aminoácidos esenciales en la alimentación (Mertz *et al.*, 1994). Por su parte, Vasal y Villegas (2001),





incorporaron genes modificadores de la textura del endospermo. Estos genes confieren al endospermo una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia del maíz normal. Larkins *et al.* (1994) indicaron que, los maíces con el gene *o2o2* contienen de 40 a 50% más Lisina y de 35 a 40% más Triptofano.

En el mejoramiento de maíz se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz. Los recursos genéticos que han servido de base en el mejoramiento genético han sido colectas de maíz criollo, integración de compuestos germoplásmicos de maíz con amplia base genética (CABGs) que funcionan como almacenes genéticos para la derivación de líneas o bien para selección recurrente y poblaciones avanzadas provenientes de la raza Tuxpeño, raza de mayor distribución y uso en el sureste mexicano.

El programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla, a partir de su creación en 1954 ha realizado investigaciones en el cultivo de maíz, con el fin de aportar a los productores, la tecnología que permita incrementar el rendimiento, mejorar el beneficio económico y el abasto de este grano básico y ha tenido como objetivos: a) Desarrollar variedades, híbridos y sintéticos de elevado potencial de rendimiento y amplia adaptación al trópico, que minimicen riesgos en la producción con buena cobertura de mazorca, arquetipo eficiente, tolerantes al acame y a enfermedades; b) Mejorar la calidad nutritiva e industrial del maíz; c) Desarrollar la tecnología de producción para granos y semillas; d) Producción de semilla de alto registro; e) Dar a conocer a los agricultores y agentes de cambio los resultados obtenidos en los proyectos de investigación en maíz. Con el presente trabajo se pretende elaborar una reseña histórica sobre el mejoramiento genético de maíz para el trópico, de las variedades, híbridos y sintéticos de maíz mejorados liberados y en uso comercial.

## **Materiales y métodos**

El área tropical húmeda y subhúmeda de México engloba, de acuerdo con García (1981) al grupo climático A, que corresponde a los climas cálidos húmedo y subhúmedo en altitudes que van de 0 a 1200 msnm (*Aw0*, *Aw1*, *Aw2*, *Am* y *Af*) y cubre principalmente, la región costera del Golfo de México y del Océano Pacífico.



El mejoramiento genético de maíz en el trópico húmedo de México, se inició en 1943 por los organismos antecesores del actual INIFAP como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), formado a su vez por la fusión del Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) y la Oficina de Estudios Especiales (OEE) (Reyes, 1971). Durante más de seis décadas de investigación continua se han liberado 16 híbridos, 6 variedades de polinización libre y 5 sintéticos de la serie 500, los cuales han sido comercializados con muy buena aceptación por los productores. Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con gran potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones tropicales húmedas del estado de Veracruz y Sureste de México, entre los que destacan por su uso actual H-520, VS-536, H-564C, H-519C, V-537C, V-556AC (Sierra *et al.*, 2008; Sierra *et al.*, 2002; Sierra *et al.*, Sierra *et al.*, 2011).

### **Mejoramiento poblacional**

El mejoramiento poblacional en el cultivo de maíz aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones y además genera subproductos que son variedades de polinización libre de alto rendimiento y amplia adaptación. En la hibridación, el mejoramiento poblacional también es importante porque se está en posibilidades de obtener líneas superiores que a su vez forman mejores combinaciones híbridas. El principio de la selección recurrente es acumular genes favorables para la característica que se pretende seleccionar y es importante que exista variabilidad genética; para lograr mayor eficiencia se debe eliminar o reducir la componente ambiental del modelo  $F=G+E+GE$ , es decir, Fenotipo=Genotipo+Ambiente+Interacción Genotipo-Ambiente, y esto generalmente se logra a través de la estratificación en el caso de la selección masal y el uso de diseños experimentales, repeticiones y ambientes de evaluación en caso de selección de familias.

El mejoramiento del maíz en el trópico se inicia con las colectas de maíz criollo que fueron evaluadas y seleccionadas, en las cuales, se realizaron los primeros ciclos de selección recurrente para rendimiento y características agronómicas, mismas que dieron origen a las primeras variedades de maíz entre ellas: Papaloapan 1, V-520C y posteriormente, en 1975, V-522. En una población a base de germoplasma Tuxpeño



trabajada por el CIMMYT, se practicó selección recurrente hacia planta baja, fue evaluada y definida por el INIA (Organismo antecesor del actual INIFAP), de manera que el 11° ciclo de selección dio origen a la variedad de maíz V-524 (Tuxpeño) ampliamente usado por los agricultores en los años 80s, debido a que se redujo significativamente el riesgo de acame de planta.

La selección recurrente mediante progenies de hermanos completos es un medio eficiente para mejorar las poblaciones de maíz, debido a que el coeficiente de la varianza genética aditiva entre familias es relativamente grande y se han obtenido ganancias de hasta 3% promedio por ciclo (Hallauer y Miranda, 1981). Durante los años 80s se utilizó este método de selección en las poblaciones de maíz Sintético Tropical Dentado (STD), Tuxpeño Tropical Cristalino (TTC) y Población Elite Tropical (PET); a partir de estos trabajos se obtuvieron cuatro variedades de polinización libre que fueron adoptadas por un gran número de agricultores en la región tropical del Sureste de México: V-530 que se sembró comercialmente en el estado de Veracruz, V-531 para la región costera del Pacífico, V-532 en la península de Yucatán y V-534 en la región central de Chiapas (Sierra *et al.*, 1991; Ramírez *et al.*, 1990) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Selección recurrente de hermanos completos en las poblaciones de maíz Sintético Tropical Dentado, Tuxpeño Tropical Cristalino y Población Elite Tropical.**

Año y ciclo	Actividad	Localidad
1982A	Formación de hermanos completos del 1er Ciclo de Selección Recurrente	Cotaxtla
1982B	Evaluación de familias de hermanos completos	Trópico Húmedo
	Derivación de líneas $S_1$	Cotaxtla
1983A	Formación de variedades experimentales	Cotaxtla
	Primer ciclo de recombinación de líneas $S_1$	Cotaxtla
	Avance endogámico a $S_2$ para hibridación	Cotaxtla
1983B	Obtención de las variedades en $F_2$	Cotaxtla
	2ª recombinación	Cotaxtla
1984A	Formación de hermanos completos 2º ciclo de selección	Cotaxtla
1984B	Evaluación de hermanos completos 2º ciclo	Trópico Húmedo
1985A	Formación de variedades experimentales $F_1$ , del 2º ciclo de selección	Cotaxtla e Iguala
1985B	Avance de variedades experimentales a $F_2$	Cotaxtla e Iguala
1986B	Evaluación de variedades experimentales	Trópico Húmedo

A =Ciclo otoño invierno; Ciclo B= Ciclo primavera verano.



## Hibridación

**Desarrollo de líneas endogámicas.** La integración y uso de poblaciones de amplia base genética que funcionan como almacenes genéticos para la derivación de líneas o para practicar alguna variante de la selección recurrente es una herramienta importante en los procesos de mejoramiento genético; para el caso del maíz, se dispone de una amplia base genética de ciclo intermedio y grano blanco, a partir de la cual, se han derivado líneas endogámicas con cinco niveles de autofecundación. Considerando el comportamiento *per se* y aptitud combinatoria general de estas cinco líneas endogámicas se identificó un grupo importante de líneas entre ellas la LT156, progenitor macho del H-520.

Con el fin de aprovechar el germoplasma élite de los diferentes programas de mejoramiento de maíz en el trópico, así como la divergencia genética inferida por la diferencia ecológica, de acuerdo con Reyes (1985), se formó un dialelo con líneas provenientes de los programas de maíz de Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro. y Río Bravo, Tamps. Con líneas de buena aptitud combinatoria general se formaron las variedades sintéticas VS-535, VS-536, y el híbrido de cruza doble H-512. La variedad VS-536 es el germoplasma de mayor uso en el sureste mexicano (Sierra *et al.*, 1993; Sierra *et al.*, 1992). La Aptitud Combinatoria General (ACG), describe el comportamiento promedio de un progenitor en sus cruzamientos, mientras que la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) se refiere a las combinaciones significativamente superiores a lo esperado. En ausencia de epistasis, la ACG refleja los efectos aditivos y la ACE, los de dominancia.

Una opción para identificar las líneas sobresalientes de un programa de mejoramiento, es el uso de probadores y la estimación de la regresión mestizo-línea; este método ofrece la ventaja de poder ser aplicado a cualquier tipo de probador, inclusive los no emparentados. Los mestizos de un sólo probador, por lo tanto, no sólo difieren en su aportación genética a las líneas, sino también por la forma en que interaccionan con el probador, dominancia, sobredominancia o epistasis.

**Desarrollo de híbridos.** En híbridos, se aprovecha la varianza genética, desviación de aditividad y la heterosis que se expresa en la producción de maíz al cruzar





progenitores con relativa divergencia genética (Reyes, 1985). Reyes (1971) usó en la formación de los primeros híbridos de maíz para el trópico el H-503 y H-507 el patrón heterótico Trópico húmedo x Trópico seco. Wellhausen (1978) sugirió utilizar el patrón heterótico entre complejos germoplásmicos cristalinos y dentados. Así también, para reducir los riesgos por acame, a través del método de retrocruzas, se introdujo el carácter braquíptico que permitió reducir la altura de planta y de mazorca en las líneas endogámicas progenitoras del H-503 y H-507, cuyos resultados dieron origen a los híbridos de planta baja H-508 y H-509.

Durante el ciclo otoño-invierno 1983/84 y primavera-verano 1984, con la formación y evaluación de cruza dialélicas de líneas endogámicas de maíz provenientes de los programas de maíz de Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., y Río Bravo, Tamps., se identificaron las mejores líneas por su comportamiento *per se* y aptitud combinatoria específica; esta información sirvió de base para predecir el rendimiento de híbridos de cruza doble mediante el Método "b" de Jenkins; con este método se seleccionaron los mejores híbridos, mismos que fueron formados durante el ciclo otoño-invierno en 1987 y evaluados en el ciclo primavera-verano del mismo año en siete localidades en el trópico mexicano. Del análisis de parámetros de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966), se encontró un grupo de híbridos sobresalientes, entre ellos la cruza doble (LE36xLE37) (LRB14xD-539) con buen rendimiento y caracterizado como estable, donde la primera cruza simple fue generada en el Campo Experimental Cotaxtla para condiciones de trópico húmedo, mientras que la cruza LRB14xD-539 utilizó un par de progenitores provenientes de Río Bravo, Tamps., (LRB14) y del programa de maíz de Iguala Guerrero (D-539), ambos en condición de trópico seco. Este patrón heterótico fue usado por Reyes (1971) en la formación de los primeros híbridos H-503 y H-507. Esta cruza doble experimental fue inscrita ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), como H-512 (Sierra *et al.*, 1993).

Cuando el objetivo del mejorador es separar grupos divergentes de líneas avanzadas, lo conveniente es usar como probadores dos líneas que formen un par heterótico, es decir, con alta ACE (Sierra *et al.*, 2004; Reyes, 1985; Hallauer y Miranda, 1981). Con probadores de este tipo se pueden identificar también líneas con alta



ACG, mismas que se pueden usar en la formación de variedades sintéticas (Reyes, 1985). Cuando se identifican dos grupos heteróticos de líneas, éstas pueden ser útiles en un esquema de selección recíproca recurrente (Reyes, 1985).

El uso de probadores para la selección de líneas avanzadas, al mismo tiempo que la evaluación *per se*, aptitud combinatoria general y específica, representa una estrategia metodológica alternativa para la generación de híbridos de maíz, ya que permite dirigir de manera eficiente los cruzamientos de las líneas seleccionadas y así lograr mejores combinaciones híbridas.

Derivado del aprovechamiento de líneas pertenecientes a diferente grupo heterótico fueron definidos como sobresalientes el híbrido de cruza simple H-513 y el híbrido trilineal LT154xLT155xLT156, definida para su liberación oficial como H-520, con ventajas en la producción de semillas en virtud de que usan como progenitor hembra la cruza simple LT154xLT155 de alto rendimiento (Sierra *et al.*, 2004). Del maíz con alta calidad de proteína, fueron liberados los genotipos de grano blanco H-519C H-553C, H-564C y V-537C y la variedad V-556AC de grano amarillo (Sierra *et al.*, 2011).

**Varietades sintéticas de maíz.** Las variedades sintéticas de maíz aprovechan el buen rendimiento *per se* de líneas endogámicas y su aptitud combinatoria general para obtener variedades de alto rendimiento y amplia adaptación. También ofrecen la ventaja de mayor adaptabilidad, además, el productor puede usarlas por varios ciclos de siembra sin que se afecte el rendimiento de grano, también es más fácil la producción de su semilla, Reyes (1985). Sprague (1955) define las variedades sintéticas como las generaciones avanzadas de un híbrido múltiple siendo este formado por más de cuatro líneas. Ortiz, (1961), encontró que el número óptimo de líneas para formar sintéticos es entre 8 y 12 líneas.

Con respecto a la predicción del rendimiento de las variedades sintéticas, varios investigadores han usado la fórmula de Wright descrita por Sprague (1955), de la siguiente manera:

$$F_2 = F_1 - \frac{F_1 - p}{n} \quad \text{donde,}$$



$F_2$  = Estimación del comportamiento del sintético

$F_1$  = Comportamiento medio de los híbridos simples posibles entre las líneas que intervienen

$p$  = Comportamiento medio de las líneas de progenitores

$n$  = Número de líneas progenitoras incluidas

La variedad sintética de maíz VS-536, se desarrolló en el Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y se formó mediante la recombinación genética de nueve líneas endogámicas: las líneas LE27 derivada de la población Braquíticos, LE36 de la población La posta, LE37 del Tuxpeño Opaco, LE73 Blanco Cristalino, formadas en el Campo Experimental Cotaxtla; D471, D-539, D368, del programa de maíz de Iguala, Gro., finalmente, OCOT2 y LRB14-413-7 líneas provenientes de los programas de Ocotlán, Jal., y Río Bravo, Tamps., respectivamente (Sierra *et al.*, 1992).

Con la evaluación de cruas dialélicas de líneas endogámicas de maíz provenientes de los programas de maíz de Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., y Río Bravo, Tamps., se identificaron las mejores líneas por su comportamiento *per se* y aptitud combinatoria general (ACG) y se formaron nueve variedades sintéticas. La evaluación se realizó de 1987 a 1990 a través de 33 experimentos conducidos en el trópico de México bajo condiciones de temporal donde sobresalió el Sintético 4, con un rendimiento promedio de 5.45 t/ha y fue definido para su liberación oficial como VS-536. Durante 1991 y 1992 se hizo la caracterización de VS-536 y en 1992 se obtuvo un registro provisional por parte del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS); en 2004 se obtuvo el registro definitivo de VS-536 siguiente: MAZ-511-251104 (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Proceso de obtención de VS536. Campo Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.**

<b>Año y ciclo</b>	<b>Descripción de actividades</b>
1984A	Formación de cruzas dialélicas con líneas de Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., Río Bravo, Tamps., y Ocotlán Jal.
1984B	Evaluación de cruzas dialélicas en Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro. y Ocozocuahtla, Chis.
1985A	Predicción de sintéticos en base al comportamiento de las cruzas dialélicas
1986B	Formación de cruzas simples de líneas que participan en los sintéticos
1987A	Recombinación genética de compuestos balanceados
1987- 1990	Evaluación de Sintéticos en 33 ambientes del trópico de México
1991A	Definición del Sintético 4 para ser liberado como VS-536
1991-1992	Caracterización de VS-536 de acuerdo con el formato de UPOV
1992	Registro provisional ante el SNICS
2004	Registro definitivo ante el SNICS

A= Ciclo otoño-invierno; B= Ciclo primavera-verano.

## Resultados y discusión

### Híbridos y variedades de maíz para el trópico

Durante más de seis décadas de investigación continua en el programa de maíz para el trópico húmedo, se han liberado 16 híbridos, 6 variedades de polinización libre y 5 sintéticos de la serie 500, los cuales han sido comercializados con muy buena aceptación entre los productores; actualmente se encuentran en uso los híbridos H-520, H-564C, H-519C y las variedades VS-536, V-537C y V-556AC con adaptación a la región tropical húmeda en altitudes de 0 a 1200 msnm (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Híbridos y variedades de maíz liberados para el trópico húmedo de México en el periodo de 1952 a 2009.**

<b>Genotipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Número de registro</b>	<b>Año</b>
V-520C	Variedad de polinización libre		1952
H-503	Híbrido de crusa doble		1955
H-507	Híbrido de crusa doble		1961
V-522	Variedad de polinización libre		1975
VS-523A	Variedad sintética		1975
V-524	Variedad de polinización libre		1975
H-510	Híbrido de crusa doble		1975
VS-525	Variedad sintética		1981
H-511	Híbrido de crusa simple		1981



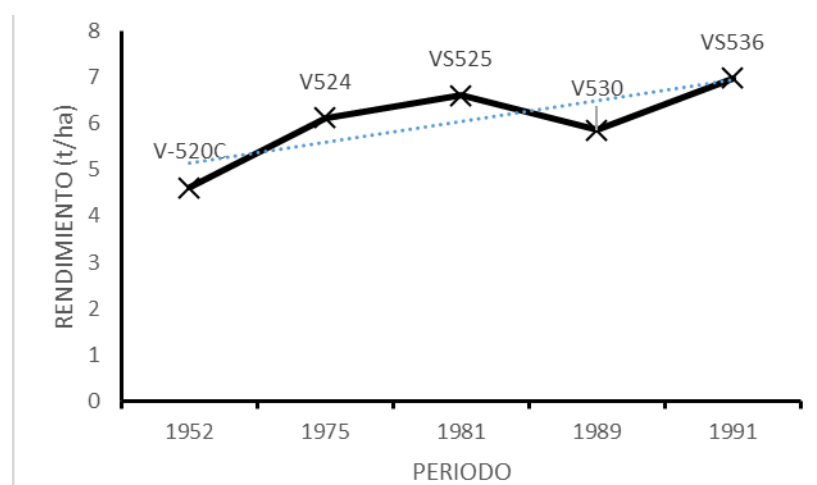


Genotipo	Descripción	Número de registro	Año
V-530	Variedad de polinización libre	MAZ-501-251104	1989
V-531	Variedad de polinización libre		1990
V-532	Variedad de polinización libre		1990
V-534	Variedad de polinización libre	MAZ-502-251104	1990
VS-536*	Variedad sintética	MAZ-200292-170	1991
H-512	Híbrido de cruza doble	MAZ-181292-172	1992
H-513	Híbrido de cruza simple	MAZ- 080394-183	1994
H-519C*	Híbrido con alta calidad de proteína	1308-MAZ-551-150800/C	2000
V-537C*	Variedad con alta calidad de proteína	1322-MAZ-565-200900/C	2000
V-556AC*	Variedad con alta calidad de proteína y grano amarillo	1587-MAZ-759-230703/C	2003
H-520*	Híbrido trilineal	1648-MAZ-807-140404/C	2004
H-564C*	Híbrido trilineal con alta calidad de proteína	2257-MAZ-1133-300609/C	2009

\* En uso actual.

### Progreso del mejoramiento genético de maíz para el trópico

La Figura 1 muestra el progreso del mejoramiento para rendimiento de grano en variedades de maíz de 1952 a 1991, en la que se observa un avance importante de 1952 a 1975 y 1981 con las variedades V-524 y VS-525; para 1989 hay una aparente disminución en el rendimiento, sin embargo, la variedad V-530 liberada en ese año fue caracterizada como tolerante a sequía y recomendada principalmente para las áreas con clima Aw0 de la región central del estado de Veracruz, atributo que no se expresa en esta evaluación.

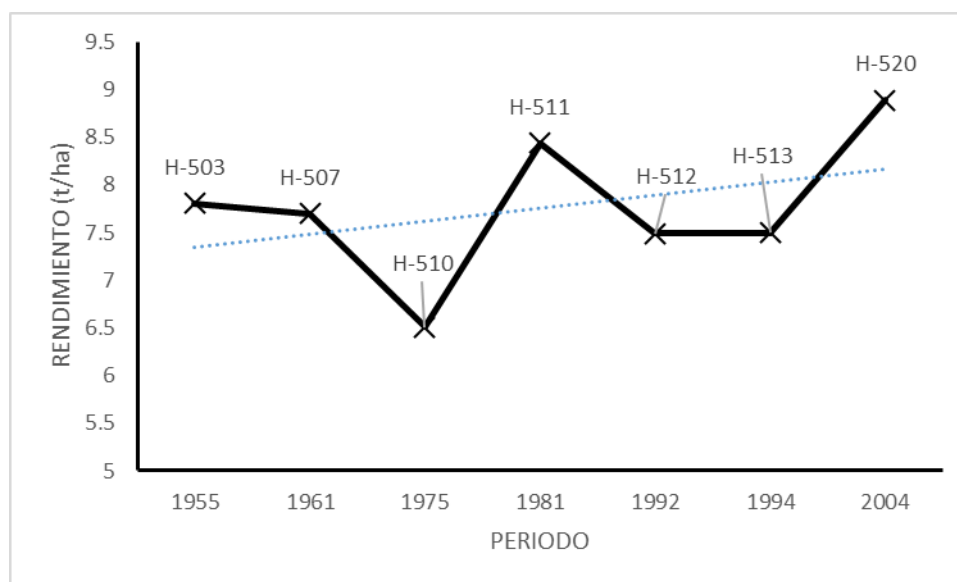


**Figura 1. Progreso del mejoramiento genético para variedades de maíz en el trópico de México.**



En 1991 fue liberada oficialmente la variedad sintética VS-536, la cual registró un incremento en el rendimiento, pero sobretodo fue bien adoptada por los agricultores en el sureste mexicano y por las empresas semilleras para su producción y distribución masiva.

La Figura 2 muestra el progreso del mejoramiento en híbridos en el trópico mexicano para rendimiento de grano de 1955 al 2004. Se observa que los primeros híbridos liberados en 1955 y 1961, H-503 y H-507 respectivamente, registraron buen potencial de rendimiento, mismos que fueron adoptados por los agricultores, particularmente, el H-507 se distribuyó comercialmente por más de 30 años. El H-510 liberado en 1975 no tuvo mayores ventajas en el rendimiento y su uso fue limitado. En 1981 fue liberado el H-511 y aunque hay un avance significativo en el rendimiento del híbrido, este no se distribuyó comercialmente, debido entre otras razones a que se trata de un híbrido de cruce simple cuyos progenitores mostraban limitaciones en su mantenimiento y en la producción comercial. El híbrido trilineal H-520 de más reciente liberación el cual registra el mayor rendimiento y en la producción comercial usa como progenitor hembra una cruce simple de alto rendimiento.



**Figura 2. Progreso del mejoramiento genético para híbridos de maíz en el trópico de México.**



## Rendimiento y características agronómicas de genotipos de maíz en uso comercial

**VS-536.** La variedad sintética VS-536, presenta potencial de rendimiento de 6.0 t/ha en siembras comerciales, se adapta muy bien a las condiciones del sureste mexicano, se recomienda su siembra durante los ciclos agrícolas primavera-verano en condiciones de temporal y en el ciclo otoño-invierno en condiciones de riego y tonalmil. Por lo que se refiere a las características agronómicas, VS-536 presenta un ciclo vegetativo intermedio con 52-55 días a la floración, 90 días a madurez fisiológica y 120 días a cosecha, altura de planta y mazorca intermedia lo que le permite adaptación a los diferentes sistemas de producción y tolerancia al acame, presenta buena cobertura de mazorca y es tolerante a las principales enfermedades de planta y de mazorca, es de grano blanco, textura semidentada, buena calidad nixtamalera y harinera de acuerdo con las normas y estándares internacionales lo que le permite buena aceptación en el mercado (Figura 3).



**Fig. 3 VS-536, variedad sintética de maíz de mayor uso en el sureste de México**

**H-520.** El híbrido H-520 es de altura de planta y mazorca intermedia con 228 y 139 cm para cada variable respectivamente, en el ciclo primavera – verano bajo condiciones de temporal con 54 días a la floración masculina y 53 a la floración femenina, alcanza su madurez fisiológica entre 90 y 100 días y la cosecha puede efectuarse a los 110 a 120 días. Es tolerante al acame, con buen aspecto y sanidad de planta y mazorca, excelente cobertura de mazorca, con 14 hileras y grano blanco semidentado (Figura 4). H-520 registró los porcentajes más bajos de plantas con



síntomas, la menor severidad y los porcentajes más bajos de mazorcas con daño de “achaparramiento”. (Sierra *et al.*, 2008). Por su facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla el híbrido H-520 es el de maíz de mayor uso en el sureste mexicano.



**Figura 4. El híbrido H-520 presenta buen aspecto y sanidad de planta y mazorca, es de grano blanco y de textura dentada**

**H-519C.** Es un híbrido trilineal con alta calidad de proteína adaptado a la región tropical, es de ciclo intermedio con 55 a 56 días a la floración masculina y femenina, 90 a 100 días a madurez fisiológica y 120 días a cosecha. Registra una altura de planta intermedia con una relación altura de mazorca/planta de 0.53, lo cual favorece su tolerancia al acame. Presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca. La mazorca es cilíndrica con 14 a 16 hileras y tiene excelente cobertura de la mazorca, el grano es de color blanco y de textura cristalina (Sierra *et al.*, 2001).

**V-537C.** Es una variedad de maíz de polinización libre, de planta y mazorca baja y una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.47 que le confiere tolerancia al acame. La mazorca es cilíndrica con 14 hileras, el grano es de color blanco y textura semidentada (Sierra *et al.*, 2001).

**V-556AC.** Ofrece una posibilidad en la industria forrajera y en alimentos balanceados, contiene más Lisina y Triptofano que el maíz normal. Los climas tropicales más favorables para su desarrollo son Aw0 y Aw1. Se adapta a la región tropical del sureste de México, en altitudes de 0 a 1000 msnm con rendimiento de hasta 6.0 t/ha de grano y 50 t/ha de forraje. Es de altura de planta y mazorca intermedia, con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.51 y es





tolerante al acame. Su grano es de color amarillo y de textura semicristalina con buena cobertura de mazorca.

**H-564C.** El híbrido trilineal de maíz H-564C con alta calidad de proteína, se adapta a la región tropical en el sureste mexicano, representa una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz y mejorar la nutrición de los consumidores. Este híbrido registra buen rendimiento, características agronómicas favorables: buena cobertura de mazorca, buen aspecto y sanidad de planta y mazorca y tolerancia al achaparramiento”. La mazorca es de grano blanco semicristalino de forma cilíndrica con 12 a 14 hileras regulares y su apariencia es prácticamente similar a la del maíz normal

### **Uso de semilla mejorada**

La semilla es sin lugar a duda el insumo número Uno en la producción, pues representa el potencial de rendimiento y la calidad del producto. Después de la liberación oficial de un genotipo, es importante dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y productores de semilla, las bondades del material genético, así como el comportamiento y las ventajas en cuanto a la producción comercial de semilla, se requiere pues contar con semilla de alta calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Tadeo y Espinosa, 2003). El INIFAP produce semilla de maíz en categorías básicas y registradas de las variedades, híbridos y de sus progenitores de genotipos sobresalientes, adaptados a la región tropical en el sureste de México. Con dicha semilla se abastece a los productores y/o empresas que producen la semilla certificada para su uso comercial por parte de los agricultores. Durante 2007 al 2012, se distribuyó semilla básica y registrada de los genotipos de maíz normal VS-536, H-520 y con alta calidad de proteína V-537C, H-519C y H-564C, de grano blanco y V-556AC de grano amarillo a Organizaciones de productores y empresas semilleras nacionales para la producción de semilla certificada, la cual, durante ese período, permitió impactar una superficie total de 643,959 hectáreas de siembra comercial en el sureste mexicano (Cuadro 4). La variedad sintética VS-536 y el híbrido H-520 son los materiales genéticos con el mayor uso en el sureste mexicano.



**Cuadro 4. Superficie sembrada con semilla de maíz producida por el INIFAP Campo Experimental Cotaxtla para el Sureste Mexicano. 2007-2012.**

Genotipo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
VS-536	57625	21800	40138	82563	84,556	84,200	370,882
H-520	6150	9546	3631	51274	10,150	30,520	111,271
V-537C	25250	9300	-----	15,800	-----	16,400	66,750
H-519C	-----	4603	-----	4500	5250	-----	14,353
H-564C	-----	-----	-----	4650	3700	6072	14,422
V-556AC	125	5400	3200	1200	55756	600	66,281
Total	89,150	50,649	46,969	159,987	159,412	137,792	643,959

## Conclusiones

1. El programa de maíz para el trópico ha generado híbridos y variedades de maíz con ventajas agronómicas, arquetípicas y con ventajas en la producción comercial de semilla.
2. Existe germoplasma sobresaliente de maíz que ha sido adoptado por empresas y grupos productores de semilla y por agricultores en el sureste de México

## Literatura citada

- Eberhart, S. A. and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Espinosa, C. A., M. Gómez N., M. Sierra M., M. Betanzos E., y F. Caballero H. 2006. Variedades e híbridos de calidad proteínica. *Revista Ciencia. Academia Mexicana de las ciencias* 57(2): 1-10.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema climático de Köppen. UNAM. 3ª ed. 252 p.
- Gómez, M. N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 8: 3-19.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. *Quantitative genetics in maize breeding.* Iowa State University press.



- Larkins, B. A., F. Dannehofer D., O. Bostwick E., A. Moro G. and M. A. Lopez. 1994. Opaque 2 modifiers, what they are and how they work. December 1-3:133-148. *In: Quality protein maize. 1964-1994. Proc. of the international symposium on quality protein maize. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas MG Brasil.*
- Mertz, E. T. 1994. Thirty years of opaque 2 maize. p 1-10. *In: Quality Protein Maize. 1964-1994. Proc. of Symp. of Quality Protein Maize. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas M. G. Brasil.*
- Morris, M. L. y M. A. López P. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. Reporte. México. CIMMYT. 45 p.
- Ortiz, C. J. 1961. Determinación del número óptimo de líneas seleccionadas en la formación de variedades sintéticas. Tesis Profesional Escuela Nacional de Agricultura (ENA), Chapingo, Texcoco, México.
- Ramírez, F. A., B., Coutiño E., N. Gómez M. y M. Sierra M. 1990. V-534, Nueva variedad de maíz de polinización libre para la región central de Chiapas. Folleto Técnico Núm. 3. CECECH, CIFAP Chiapas. INIFAP. SARH. 14 p.
- Reyes, C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. 460 p.
- Reyes, C. P. 1971. Genotecnia del maíz para tierra caliente. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de ciencias agropecuarias y marítimas. Departamento de agronomía. Monterrey, N.L. 138 p.
- Reyes, C. P. J. Molina G. y A. Rodríguez V. 1959. Maíz. Cotaxtla contribuye al mejoramiento de maíz tropical. p. 13-23. *In: Campo Experimental Cotaxtla, 4 años de labores. Oficina de Estudios Especiales (OEE). Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).*
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012) *Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.* <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 11/2014).
- Sierra, M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., G. Vásquez C., N. Gómez M. y S. Barrón F. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 2(1): 71-84.
- Sierra, M. M., A Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., G. Vásquez C., N. Gómez M., et. al. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34(1): 119-122.



- Sierra, M. M., F. Márquez S., R. Valdivia B., H. Córdova O., R. Lezama G. y A. Pescador R. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). *Agric. Téc. Méx.* 30 (2): 169-181.
- Sierra, M. M., A. Palafox C., O. Cano R., F. A. Rodríguez M., A. Espinosa C., A. Turrent, F., *et al.* 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., R. E. Preciado O., R. Castillo G., J. Ortiz C., F. Márquez S., *et al.*1993. H-512 híbrido de maíz de cruza doble para el trópico húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 3 Campo Cotaxtla. SARH. INIFAP. CIRGOC. 13 p.
- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., R. Castillo G., R. E. Preciado O., y F. Márquez S. 1992b. VS-536 variedad sintética de maíz para el trópico de Veracruz y regiones similares. Folleto Técnico Núm. 2 Campo Cotaxtla. SARH. INIFAP. CIRGOC. 11 p.
- Sierra, M. M., R. E. Preciado O., J. Martínez C., N. Gómez M., R. Valdivia B., F. Caballero H. *et al.*1991. V-530 nueva variedad de maíz para las áreas tropicales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 13 (2): 204.
- Sierra, M. M., R. E. Preciado O., J. Alcázar A. y F. A. Rodríguez M. 1991. Selección familiar de progenies de hermanos completos en poblaciones de maíz para el trópico mexicano. *Revista Turrialba* 41(2) 202-210.
- Sprague, G., F. 1955. *Corn breeding in: Corn and corn improvement.* Academic press. New york p. 255
- Tadeo, R. M., A. Espinosa C. 2003. Microempresas de semillas con híbridos "Pumas de maíz" alternativa para abastecimiento en México. *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria* 3(8): 5-10.
- Vasal, S. K. and Villegas E. 2001. The quality protein maize revolution. Improved nutrition and livelihoods for the poor. CIMMYT. El Batán Texcoco, Mex. 7p.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, J. Crossa and D. L. Beck. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop sci.* 32(4): 884-890.
- Wellhausen, E. J. 1978. Recent development in maize breeding in the tropics. p. 59-84. *In: Walden, D. B. (ed.). Maize breeding and genetics.* Wiley, NY, USA.





## APLICACIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ EN TRES LOCALIDADES DEL TRÓPICO HÚMEDO

Ángel Capetillo Burela<sup>79</sup>, Catalino Jorge López Collado<sup>80</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>79</sup>, Sergio Uribe Gómez<sup>79</sup>, Cristian Matilde Hernández<sup>79</sup> e Isaac Meneses Márquez<sup>79</sup>

### Resumen

Uno de los factores más importantes que limitan la producción de maíz es la inadecuada fertilización mineral. Aunque existen métodos para estimar dosis de nutrimentos, éstos son costosos, imprácticos y sólo determinan el requerimiento de fertilizante para una condición ambiental; sin embargo, existen otros de bajo costo y de mayor amplitud agroecológica como los modelos predictivos para la estimación de dosis de fertilización. El objetivo fue aplicar un modelo conceptual de fertilización para generar dosis adecuadas de nitrógeno para maíz en la costa del golfo de México. Se aplicó un modelo de balance entre demanda de nitrógeno del cultivo menos el suministro de nitrógeno por el suelo entre la eficiencia del fertilizante aplicado, en cuatro tratamientos (VS-536 con y sin fertilizante, y V-537 C con y sin fertilizante). Los parámetros fisiotécnicos evaluados en las tres localidades (Jamapa, Paso Real y El Rincón) donde se realizó esta investigación son: demanda del cultivo, suministro de nutrimentos por el suelo y eficiencia del fertilizante. La demanda de nitrógeno en el tratamiento fertilizado fue estadísticamente superior a la no fertilizada; mientras que el suministro, ambos tratamientos fueron estadísticamente similares. La eficiencia del fertilizante fue menor al 50% en las tres localidades. Las dosis óptimas de nitrógeno estimadas con el modelo conceptual fueron diferentes en las tres localidades (Jamapa 85 kg N/ha; Rincón 55 kg N/ha; y

<sup>79</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Cotaxtla. Km. 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Apdo. Postal 429. C. P. 94270, Medellín de Bravo, Veracruz, México. Teléfono: 8000 88 22 22, ext. 87230. \*Correo para correspondencia: [capetillo.angel@inifap.gob.mx](mailto:capetillo.angel@inifap.gob.mx), [cjlc2000@hotmail.com](mailto:cjlc2000@hotmail.com)

<sup>80</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Km, 26.5 carretera federal Veracruz-Xalapa. AP.421, C.P.91700, Veracruz, Ver.,



Paso Real, 72 kg N/ha) en comparación con la dosis aplicada (150 kg N/ha), lo que representa una sobre fertilización del 44%, 64% y 52% para Jamapa, Rincón y Paso Real, respectivamente. Se concluyó que este modelo conceptual permitió generar dosis adecuadas de N, en menor tiempo y con una menor inversión.

**Palabras clave:** *Zea mays*, demanda, eficiencia de fertilizante

## Introducción

En un país como México, en el que una parte importante de la actividad económica depende de la producción de cultivos como el maíz, es necesario contar con tecnología que responda a las características y necesidades de las unidades de producción, tales como la fertilización química nitrogenada y orgánica para mejorar los rendimientos (Jugenheimer, 1988).

En el estado de Veracruz, la superficie cultivada con maíz abarca 558,791 ha, de las cuales 80% son sembradas en temporal (SIAP, 2018). En esta condición, se presenta una baja producción, con rendimientos promedio de 2.2 t/ha (Palafox-Caballero et al., 2003), vinculado entre otros factores, a las dosis de fertilización y oportunidad de aplicación, de acuerdo a estudios realizados mediante el método productor-experimentador en diferentes áreas maiceras de Veracruz, que han determinado que uno de los principales factores que afectan al rendimiento es la fertilización, debido a que los productores no lo aplican en la cantidad ni en el momento en que la planta lo requiere, lo cual sólo incrementa los costos de producción. La fertilización es uno de los factores clave y controlables para la obtención de un mejor rendimiento en maíz, ejerciendo alta influencia sobre los componentes de rendimiento y sobre las características agronómicas (Flores, 1988); la cantidad de fertilizante que debe agregarse a los cultivos se ha determinado tradicionalmente mediante experimentos de campo (Laird, 1977). En estos experimentos se mide la respuesta del cultivo a la aplicación de dosis crecientes de fertilizantes y a partir de esta información, se obtiene una dosis óptima económica. Estos ensayos deben



repetirse con cada cultivo de interés para una zona dada. Una aproximación aceptable de la dosis óptima económica sólo se logra estableciendo durante varios años un número elevado de ensayos que cubran el máximo posible de condiciones edáficas y climáticas de una región.

El enfoque anterior ha permitido en México, estratificar la respuesta de un cultivo en áreas de respuesta homogéneas llamadas agrosistemas, los cuales presentan condiciones relativamente uniformes en los factores de producción (Turrent, 1978; 1981). En otras palabras, para un mismo estrato de suelo y clima, solo se diferencian de su capacidad de suministro de nutrimentos para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, este procedimiento no presta mucha atención a las razones que determinan una respuesta dada, porque visualizan el proceso de un sistema en que sólo se analizan las entradas (dosis de fertilizantes) y las salidas (rendimientos).

Las recomendaciones que se generan de lo anterior son de carácter estático, puesto que la adición de fertilizantes y enmiendas orgánicas al suelo generalmente provocan un aumento en la disponibilidad de los nutrimentos en el tiempo, lo cual significa que el suministro nutrimental del suelo es dinámico y que lógicamente deben serlo las dosis (Estrella, 1973). El reconocimiento de que la aplicación de fertilizantes es una función directa de la disponibilidad del nutrimento en cuestión; es decir, del suministro por el suelo, llevó a México a establecer programas para medir esta disponibilidad mediante procedimientos químicos, lo cual se conoce comúnmente como análisis de suelo (Pieck *et al.*, 1977). Las técnicas tradicionalmente usadas, requieren de un gran esfuerzo técnico, de tiempo y económico para generar recomendaciones de fertilización, por lo que dadas las condiciones económicas actuales de los países en desarrollo, responsables de generar esta información, es casi imposible reeditar las experiencias del pasado, además de que se debe agregar que desde un punto de vista agronómico, científico y académico es conveniente explicar la naturaleza de los fenómenos de respuesta, en función de las leyes y principios que las rigen. En este sentido, el modelo conceptual de fertilización es aquel que se utiliza para estimar dosis de fertilización utilizando un número reducido de parámetros que correspondan a los procesos que determinan la nutrición de los cultivos (Etchevers *et al.*, 1990). Los componentes que



integran al modelo antes mencionado es la demanda del cultivo, el suministro de nutrimentos, y la eficiencia del fertilizante; los cuales se describen a continuación: a) La demanda del cultivo es la cantidad teórica que este requerirá para alcanzar el máximo rendimiento posible con cierto grado de probabilidad, y se calcula con base en una concentración crítica requerida por el cultivo; b) Suministro de nutrimentos por el suelo comprende la capacidad del suelo para suministrar los nutrientes, así como la eficiencia de la planta para absorber los nutrimentos disponibles, y c) La eficiencia del fertilizante es la cantidad de nutrimento aplicado al suelo que es aprovechado por la planta, y depende de factores como el tipo de cultivo, clase de suelo, fuente del fertilizante, época y forma de aplicación (Rodríguez y Matus, 1994). Por ello, el modelo conceptual de fertilización es una alternativa que permite generar a corto plazo, dosis de fertilización para cultivos anuales y perennes, el cual puede ser aplicado a nivel de planta, parcela, localidad o municipio, es decir, no presenta límites definidos. Este modelo fue propuesto por Stanford (1966), en Estados Unidos, el cual para generarlo propuso un algoritmo denominado modelo de la hoja de balance, que estima el requerimiento del fertilizante; el cual es calculado con base en la demanda de nutrimentos por el cultivo menos en suministro proporcionado por el suelo y el resultado así obtenido es entonces dividido por la eficiencia del fertilizante a aplicar. El objetivo de este trabajo es aplicar un modelo conceptual de fertilización para el cultivo de maíz, en tres localidades del municipio de Jamapa, Ver., México, que permita generar dosis de fertilización nitrogenada para tres clases de suelos.

## **Materiales y métodos**

La investigación se llevó a cabo en tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz (El Rincón, Jamapa y Paso Real), el cual se localiza a 30 km del puerto de Veracruz, presenta un clima  $AW_2$  (García, 1987), una altitud de 53 m, temperatura promedio anual de 25° C y precipitación promedio anual de 1400 mm. La siembra del experimento se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano 2006/2006. Las





coordenadas cartesianas de cada uno de los sitios donde se estableció el experimento son las siguientes: localidad Jamapa  $19^{\circ} 02' 16''$  N y  $96^{\circ} 14' 01''$  W; localidad Rincón  $19^{\circ} 01' 47''$  N y  $96^{\circ} 13' 19''$  W y localidad Paso Real  $19^{\circ} 03' 02''$  N y  $96^{\circ} 14' 14''$  W, las cuales fueron delimitadas con un GPS (Meridian Gold, modelo 211836).

El experimento fue establecido bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo factorial completo  $2 \times 2$  (variedad  $\times$  fertilizante) y cuatro tratamientos (VS-536 con y sin fertilizante, y V-537 C con y sin fertilizante); en el cual cada una de las unidades experimentales contaban con 10 surcos de 8 m de longitud, espaciados a 0.80 m. Cada experimento fue dividido en ocho parcelas con fertilizante y ocho parcelas sin fertilizante, haciendo un total de 16 parcelas experimentales por localidad (Cuadro 1). La dosis de fertilización aplicada en las tres localidades en estudio fue la 150-46-30 de N, P y K, respectivamente, recomendada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para la zona central del estado de Veracruz (Turrent *et al.*, 1991; Tinoco-Alfaro *et al.*, 2002).

**Cuadro 1. Detalle de los tratamientos evaluados en el ejido el Jamapa, Rincón y Paso Real.**

Tratamiento	Descripción	Observaciones
1	VS-536 con fertilizante	a) 4 repeticiones por localidad (16 unidades experimentales; de los cuales 8 son con fertilizante y 8 sin fertilizante) b) Tres diferentes localidades c) Tres tipos de suelos diferentes
2	VS-536 sin fertilizante	
3	V-537 C con fertilizante	
4	V-537 C sin fertilizante	

Los terrenos fueron preparados mediante barbecho a 30 cm de profundidad, dos pasos de rastra en forma cruzada y surcado a 80 cm; posteriormente se sembraron dos semillas de maíz a una distancia de 20 cm entre planta y 80 cm entre surco (misma situación para ambas variedades y localidades). Los fertilizantes se aplicaron de la siguiente manera: al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno en forma de urea (46% de N), todo el fósforo como superfosfato de calcio triple (46% de  $P_2O_5$ ) y todo el potasio con fuente de cloruro de potasio (60% de  $K_2O$ ). A los 30 días después de la siembra (dds), se realizó la segunda fertilización de N con urea.



La forma de aplicación de los fertilizantes químicos es la recomendada por el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). A los 15 dds se realizó un aclareo dejando una planta por mata de maíz, con la finalidad de evitar competencia entre ellas por nutrimentos, y mantener una población aproximada de 62,500 plantas/ha.

Las variables que se evaluaron en parcelas con y sin fertilizante en cada experimento fue el índice de la concentración interna de nitrógeno en planta, raíz y grano, índice de cosecha, raíz y humedad, y rendimiento (López, 2005). Para estimar los valores de cada variable del modelo fueron usadas dos plantas por parcela experimental de 8 x 8 m<sup>2</sup>. Para la estimación del índice de cosecha, fueron cosechados 7.2 m<sup>2</sup> de cada parcela experimental eliminado a la vez el efecto de orilla.

### **Demanda de nitrógeno por el cultivo de maíz**

En la parcela útil de cada localidad, fueron cosechadas por tratamiento y repetición dos plantas completas, a las cuales por separado se le cosecharon las mazorcas y se extrajeron las raíces por separado de cada una de esas dos plantas. Para el caso de las plantas, estas fueron cortadas, pesadas en fresco, y secadas en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 h para obtener el peso seco. El grano de maíz de las dos mazorcas cosechadas fue pesado en fresco y se determinó el porcentaje de humedad con un determinador portátil marca "Multi grain", modelo Dickey-John, posteriormente fueron sometidos en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 h para la obtención del peso seco. En el caso de las raíces, éstas fueron obtenidas de las plantas que se describieron anteriormente; estas se colectaron a 70 cm de profundidad y diámetro. Las raíces fueron lavadas con agua limpia a presión en una malla de 0.5 mm, secadas a la sombra, y se les tomó peso fresco con una balanza digital marca ACCULAB modelo V-6000. Una vez secadas a la sombra, fueron puestas en una estufa de aire forzado para obtener el peso seco de las mismas. Las muestras secas de plantas, raíces y grano fueron molidas en un molino de mesa, marca Thomas Wiley, y se clasificaron, etiquetaron, y se les determinó la concentración de nitrógeno total, mediante el método de micro Kjeldahl AOAC; con



los datos obtenidos se determinó la demanda de N por el cultivo de acuerdo a la siguiente fórmula (López, 2005):

$$\text{Demanda de nitrógeno} = \frac{(\text{ICIN}) \times (\text{IR} + 1) \times (\text{IH} - 1) \times \text{REND}}{\text{IC}}$$

Donde:

ICIN= Índice de la concentración interna de nitrógeno (kg/kg); IR= Índice de raíz (kg/kg); IH= Índice de humedad del grano a la cosecha (kg/kg); REND= Rendimiento (kg o t); IC= Índice de cosecha (kg/kg).

### Suministro de nitrógeno al suelo

Este parámetro se obtuvo mediante el procedimiento de incubación aeróbica a muestras de suelo para estimar el nitrógeno disponible mineralizable (Anderson, 1982, Bundy y Meisinger, 1994; Franzluebbbers *et al.*, 2000), mediante la siguiente fórmula: N inicial + N mineralizado = Suministro. Para ello, las muestras de suelo colectadas fueron secadas, molidas y tamizadas, después de la cosecha en cada una de las parcelas. Posteriormente, dentro de un frasco de plástico transparente con capacidad de 3.75 litros, se introdujeron 3 frascos de cristal con capacidad de 50 mL cada uno de la siguiente manera: uno con 10 mL de KOH a 1N para capturar el CO<sub>2</sub> producido por los microorganismos en su respiración, otro frasco de cristal con 10 mL de agua destilada para mantener una humedad constante en el interior del frasco de mayor volumen, y un tercer frasco también de cristal con siete gramos de suelo a capacidad de campo; el cual una vez introducido los tres frascos de cristal dentro del frasco de 3.75 L fue cerrado herméticamente para evitar intercambio de gases con el exterior. Todos los frascos de 3.75 L fueron colocados dentro de una estufa incubadora a 25°C, y fue observado su comportamiento al día 0, 1, 3, 11, 21 y 30 días a partir del desarrollo de esta actividad; cabe hacer mención que, en los días de observación antes mencionados, fue rellenado el frasco que contenía agua destilada, y cambiado en su totalidad el de KOH de cada frasco de cristal; mientras que al frasco que contenía las muestras de suelo no se les realizó ninguna hasta esas fechas. En el día 30, después de haber estado las 48 muestras de suelo a 25°C, se retiró el frasco de y que contenían cada una de las muestras de suelo. A esta muestra



de suelo se les agregaron 28 mL de cloruro de potasio (KCl) 2N y fueron agitadas por 30 min en un agitador mecánico en matraces de cristal de 50 mL cada uno.

Posteriormente, las muestras de suelos fueron filtradas en papel Whatman número 42 y del total del extracto obtenido, solamente 10 mL fueron necesarios para determinarle la concentración de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  (análisis colorimétrico) por espectrofotometría de emisión de luz visible y luz ultravioleta. Para ello se utilizó un espectrofotómetro marca Spectronic Genesys, modelo TH, fabricado por la empresa Wesprime, S. A. de C. V., México, D. F.

### Eficiencia del fertilizante

La fórmula que se utilizó para determinar la eficiencia del fertilizante utilizada por López (2005) fue la siguiente:

$$EF = \frac{[NCF] \times PSPRG - [NSF] \times PSPRG}{FA}$$

Donde:

EF: Eficiencia del fertilizante

[N CF] = Concentración de N en parcelas con fertilizante  $\left( \frac{\text{kg de nitrógeno}}{\text{kg de materia seca}} \right)$

PSPRG = Peso seco de planta, raíz y grano (kg)

[N SF] = Concentración de N en parcelas sin fertilizante  $\left( \frac{\text{kg de nitrógeno}}{\text{kg de materia seca}} \right)$

FA: Fertilizante aplicado (kg)

Este método utiliza la concentración de nitrógeno en parcelas con y sin fertilizante, así como el peso seco de las mismas. El resultado de la diferencia entre los tratamientos con y sin fertilizante anterior se dividió entre la cantidad en kilogramos de fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo de maíz. Con este procedimiento se obtuvo el parámetro "eficiencia del fertilizante nitrogenado"; el cual se requiere para poder aplicar el modelo conceptual de fertilización. Este procedimiento se realizó en cada una de las tres localidades seleccionadas.

Los datos obtenidos en cada parámetro del modelo conceptual de fertilización nitrogenada (demanda, suministro y eficiencia del fertilizante), fueron analizados





con el paquete de diseños experimentales de la Universidad de Nuevo León, versión 2.5 y, finalmente se hicieron pruebas de t con el programa de Microsoft Office Excel 2003 a las dosis generadas con el modelo contra la dosis de fertilizante nitrogenado aplicada al cultivo de maíz.

## Resultados y discusión

### Demanda de nitrógeno por el cultivo de maíz

En el Cuadro 2, se muestra la demanda nutrimental del cultivo de maíz en parcelas con y sin fertilizante en localidades del municipio de Jamapa, Veracruz, México. La localidad que presentó una mayor demanda en parcelas con fertilizante fue Jamapa con 86.2 kg de N/ha, seguido Rincón con 58.8 kg de N/ha y por último Paso Real con 66.7 kg de N/ha y por último el. Lo anterior posiblemente obedece a que en las localidades que presentaron mayor demanda, tienen suelos pobres en fósforo y aunque los análisis de suelo presentaron cantidades aprovechables de nitrógeno y materia orgánica posiblemente no está disponible para las plantas. Estos resultados se relacionan con lo encontrado por Palafox-Caballero *et al.* (2001) donde mencionan que, con la adición de fertilizantes al suelo, las plantas de maíz demandan una mayor cantidad de nutrimentos incluido el nitrógeno, los cuales, al ser absorbidos por éstas, favorecen el incremento de la biomasa total y del rendimiento.

**Cuadro 2. Demanda de nitrógeno del cultivo de maíz (kg/ha de N), en tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz.**

Tratamiento	Descripción	Jamapa	Rincón	Paso real
1	VS-536 con fertilizante	80.8	64.6	68.6
2	VS-536 sin fertilizante	52.0	35.7	36.9
3	V-537 C con fertilizante	91.6	53.0	64.8
4	V-537 C sin fertilizante	71.9	32.8	35.8

Suministro de nitrógeno por el suelo en localidades de Jamapa, Veracruz. En el Cuadro 3, se muestran los kilogramos de nitrógeno por hectárea, que suministró el



suelo en parcelas con y sin fertilizante en localidades de Jamapa, Rincón y Paso Real. La localidad Jamapa en parcelas con fertilizante, fue el que suministró mas nitrógeno al suelo con 107.7 kg/ha, seguido de El Rincón con 80.3 kg/ha y Paso Real con 99.2 kg/ha. Las parcelas que no se les suministró fertilizante, en las tres localidades en estudio presentaron una demanda similar. Lo anterior refleja el efecto que tiene el fertilizante nitrogenado en esos suelos, ya que de acuerdo con los datos obtenidos de los análisis de suelos practicados en cada sitio experimental y con López (2005), se encontró que éstos, son suelos pobres en su contenido de nutrimentos tales como N, P, K Ca, Mg y MO, y la cantidad de nitrógeno que suministran no es la requerida por el cultivo de maíz; por tal motivo fue necesario en cada uno de ellos hacer uso de los fertilizantes químicos nitrogenados. El suelo que más suministró nitrógeno hacia el cultivo en parcelas sin fertilizante fue en la localidad de Jamapa, seguido de Paso Real y el Rincón; estos resultados se deben a las diferentes propiedades físicas y químicas que presentan cada uno de los suelos donde se llevó a cabo la investigación.

### **Cuadro 3. Suministro de nitrógeno del suelo en tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Jamapa</b>	<b>Rincón</b>	<b>Paso real</b>
1	VS-536 con fertilizante	98.8	79.7	96.9
2	VS-536 sin fertilizante	54.6	42.0	35.9
3	V-537 C con fertilizante	116.6	80.9	101.6
4	V-537 C sin fertilizante	57.2	31.9	37.9

### **Eficiencia del fertilizante nitrogenado en localidades de Jamapa, Veracruz, México**

En el Cuadro 4, se muestra la eficiencia del fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz en las tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz. En el mismo cuadro se observa que en Jamapa se tuvo una eficiencia del 35%, en el Rincón, la eficiencia del fertilizante fue de 41.5%, en y finalmente en Paso Real de 43%. En general, las tres localidades tuvieron un promedio en la eficiencia del fertilizante del 39.8%. Lo anterior está relacionado con lo reportado por Rodríguez (1990), que menciona que, en suelos y cultivos de maíz bien manejados, la eficiencia del fertilizante



nitrogenado por lo general varía entre un 30% y 55%; y la diferencia de estas cifras, el nitrógeno se pierde principalmente por desnitrificación, lixiviación y volatilización. Al respecto Palma (1994) encontró para dos tipos de suelos de Tabasco, un Vertisol y un Fluvisol, coeficientes de utilización de fertilizantes nitrogenados de 55 y 70% respectivamente medido con  $N^{15}$  y de 87 y 72%, respectivamente, por el método de la diferencia, utilizando una variedad criolla de maíz.

**Cuadro 4. Eficiencia del fertilizante en localidades de Jamapa, Veracruz.**

Tratamiento	Descripción	Jamapa (%)	Rincón (%)	Paso real (%)
1	VS-536 con fertilizante	0.30	0.37	0.48
2	VS-536 sin fertilizante	0.00	0.00	0.00
3	V-537 C con fertilizante	0.39	0.46	0.38
4	V-537 C sin fertilizante	0.00	0.00	0.00

### Dosis de fertilización en localidades de Jamapa, Veracruz, México

En el Cuadros 5 se observa que las dosis de fertilización obtenidas con el modelo conceptual de fertilización en las tres localidades mostraron una alta diferencia estadística contra la aplicada (150 kg de nitrógeno). Los resultados en cuestión se relacionan con los datos obtenidos por López (2005), que encontraron que, en trabajos de campo con maíz, este modelo tuvo una exactitud del 54%.

**Cuadro 5. Dosis de fertilización nitrogenada en kg/ha calculada con el modelo conceptual de fertilización contra la dosis aplicada en tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz.**

Tratamiento	Descripción	Dosis aplicada (kg/ha)	Jamapa (%)	Rincón (%)	Paso real (%)
1	VS-536 con fertilizante	150	86.25	63.00	67.75
2	VS-536 sin fertilizante	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V-537 C con fertilizante	150	83.50	47.00	76.75
4	V-537 C sin fertilizante	0.00	0.00	0.00	0.00

### Conclusiones

1. La mayor concentración interna de nitrógeno lo presento el grano, seguido de la raíz y biomasa aérea (tallos y hojas).



2. Los índices de raíz, cosecha y humedad fueron constantes en los tres ejidos, así como en parcelas con y sin fertilizantes; lo cual indica que este parámetro no tiene un efecto entre el manejo del cultivo ni el tipo de suelos.
3. La demanda de fertilizante para el cultivo de maíz, obtenida con el modelo conceptual de fertilización fue diferente en parcelas con y sin fertilizante; Jamapa obtuvo en parcelas con fertilizante una demanda de 86.2 kg de N/ha, Rincón con 58.8 kg de N/ha y Paso Real con 66.7 kg de N/ha.
4. La estimación del suministro de nutrimentos por el suelo con el método de incubación aeróbica no presentó diferencias estadísticas entre cada uno de ellos ya que Jamapa suministró 107.7 kg N/ha, Rincón 80.3 kg N/ha y Paso Real 99.2 kg N/ha.
5. Las eficiencias del fertilizante en las localidades en estudio fueron estadísticamente similares: Jamapa 35%, Rincón 42% y Paso Real 43%
6. La dosis de nitrógeno obtenida con el modelo conceptual de fertilización, fueron diferentes en las tres localidades donde se llevó a cabo la investigación (Jamapa 85 kg N/ha Rincón 55 kg N/ha; y Paso Real 72 kg N/ha) en comparación con la dosis aplicada (150 kg N/ha), lo que representa una sobrefertilización del 44%, 64% y 52% para Jamapa, Rincón y Paso Real respectivamente. Se concluyó que este modelo conceptual permitió generar dosis adecuadas de N, en menor tiempo y con una menor inversión.

## Literatura citada

- Anderson, J. P. E. 1982. Soil respiration. p. 831–871. *In* A.L. Page *et al.* (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
- Bundy, L. G. and J. J. Meisinger. 1994. Nitrogen availability indices. p. 951-984. *In* R.W. Weaver *et al.* (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. monogr. 5. SSSA, Madison, Wisconsin.





- Estrella, CH. N. 1973. Relaciones empíricas entre el rendimiento de maíz de temporal y algunos factores ambientales de la región de Chalco-Amecameca, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Etchevers, B. J. D.; J. S. Rodríguez; y A. S. Galvis. 1990. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. *Terra* 9:3-10.
- Flores, M. J. P. 1988. Determinación de clases de fertilización nitrogenada para maíz y cebada en el estado de Tlaxcala mediante un modelo simplificado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo. México. p. 15.
- Franzluebbers, A. J.; R. L. Haney; C. W. Honeycutt; H. H. Schomberg and F. M. Hons. 2000. Flush of carbon dioxide following rewetting of dried soil relates to active organic pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:613-623.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adecuarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 130 p.
- Jugenheimer, R. W. 1988. Maíz, Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Segunda Edición. Editorial LIMUSA. México, D. F. p.51-59.
- Laird, R. J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- López, C. C. J. 2005. A conceptual model to estimate the nitrogen requirement of corn (*Zea mays* L). Thesis of sciences doctor. Texas A&M University. 202 p.
- Palafox-Caballero, A.; M. Sierra-Macías; A. Turrent-Fernández; O. H. Tosquy-Valle; S. Barrón-Freyre y O. Cano-Reyes. 2001. Respuesta de híbridos normales y de alta calidad de proteína a niveles de fertilización y densidad. *In: Memoria de la XIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria 2001*. Veracruz, Ver. México.
- Palafox-Caballero, A.; O. H. Tosquy-Valle; M. Sierra-Macías A. Turrent-Fernández y Calderon, E. 2003. Respuesta de híbridos de maíz normales y de alta calidad de proteína a la fertilización química. *Terra Latinoamericana*. p. 129-130.



- Palma, L. D. J. 1994. Contribution a l'étude des potentialités agricoles et des flux azotés dans divers sols cultivés en maïs. Tesis de Doctorado en Ciencias. Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Nancy, France. 228 p.
- Pieck, T. R.; L. T. Cope and D. A. Whitney. 1977. Soil testing. Correlating and interpreting the analytical results. ASA special publication 29. American Society of Agronomy, Madison Wisconsin.
- Rodríguez, S. J. 1990. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. p. 45-50.
- Rodríguez, S.; y J. Matus. 1994. Modelo simple para estimar el suministro de nitrógeno en el suelo. Ciencia e Investigación Agraria 15:2.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera). 2018. SADER. LIGA: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do)
- Stanford, G. 1966. Nitrogen requirements of crops for maximum yield. P. 237-272. In: M. H. McVicker, W. P. Martin, I.E. Miles, and H. H. Tucker. (Eds). Agricultural anhydrous ammonia technology and use. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Tinoco A., C. A.; F. A. Rodríguez M.; R. J Sandoval; S. Barron F.; A. Palafox C.; M. Sierra M.; V. A. Esqueda E. y J. Romero M. 2002. Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco. Folleto Técnico número 9, INIFAP. CIRGOC. Campo experimental Cotaxtla, Veracruz, México. 159 p.
- Turrent, F. A. 1978. El agrosistema un concepto útil dentro de la disciplina de productividad. Asuntos sobre la metodología de la investigación en productividad 3. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Turrent, F. A. 1981. El método CP para el diseño de agrosistemas. Agrociencia 44:17-16.
- Turrent-Fernández, A.; L. J. A. Aguilar; L. J. G. Zuñiga; V. A. Esqueda-Esquivel; y J. V. Barradas. 1991. Manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo de maíz en el estado de Veracruz. SARH. Publicación especial No. 5. Veracruz, Ver.



## EFFECTO DE TRES ANTIBIÓTICOS ADMINISTRADOS A *Bactericera cockerelli* Sulc. PARA ELIMINAR A *Candidatus Liberibacter solanacearum*

Pablo Ulises Hernández Lara<sup>81\*</sup>, Ernesto Cerna Chávez<sup>82</sup>, Yisa María Ochoa Fuentes<sup>82</sup>,  
Agustín Hernández Juárez<sup>82</sup>, Juan Carlos Delgado Ortiz<sup>83</sup> y Yolanda Rodríguez Pagaza<sup>83</sup>

### Resumen

Los insectos albergan una amplia gama de microorganismos intracelulares, ya sea como microorganismos simbiotes distribuidos en muchas partes del mismo huésped o como simbiotes restringidos a un solo tipo de célula del insecto. *Bactericera cockerelli* “*B. cockerelli*” transmite a *Candidatus Liberibacter solanacearum* “CaLsol”, bacteria obligada a floema de las plantas y al sistema digestivo del insecto vector, no cultivable y de difícil control. Actualmente de manera natural un alto porcentaje de estos psílidos son positivos con dicha bacteria. El control de este patógeno se enfoca en disminuir fuentes de inóculo usando plantas sanas, remoción de plantas sintomáticas, control químico del insecto vector y el uso de antibióticos para reducir la transmisión de la bacteria. Se establecieron estrategias de aplicación de antibióticos, método de esqueje (M.E) y método de película residual (M.P.R), que fueron eficientes para eliminar a CaLsol directamente del insecto vector logrando sentar las bases para el desarrollo de una estrategia de aplicación de antibióticos bajo el sistema *B. cockerelli*, CaLsol, antibiótico. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de tres antibióticos (Ampicilina, Tetraciclina y Rifampicina) administrados a *B. cockerelli* en presencia de CaLsol dentro del insecto con la finalidad de que sean utilizados para futuras

<sup>81</sup> \*Estudiante de Postgrado. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923. Buenavista. C.P 25315. Saltillo, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: p.ulises.h@gmail.com

<sup>82</sup> Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923. Buenavista. C.P 25315. Saltillo, Coahuila, México.

<sup>83</sup> CONACYT-UAAAN. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923. Buenavista. C.P 25315. Saltillo, Coahuila, México.



investigaciones encaminadas a la eliminación de este microorganismo. Mediante qPCR se observó de manera eficiente el uso de los antibióticos, los cuales eliminaron completamente a la bacteria intracelular *CaLsol*. El M.E con ampicilina a 2.5 µg/mL eliminó a *CaLsol*. Con el M.P.R, los antibióticos tetraciclina a 75 µg/mL y rifampicina a 7.5 µg/mL eliminaron a *CaLsol*. Por lo que se recomienda el uso de estos antibióticos para la eliminación de *CaLsol* o de microorganismos de similar patogenicidad.

**Palabras clave:** ampicilina, tetraciclina, rifampicina

## Introducción

Las bacterias *Candidatus Liberibacter* son importantes patógenos a nivel mundial. Se alojan en los tubos cribosos del floema de las plantas y en el sistema digestivo del insecto vector, presentan formas redondas cuando termina su ciclo celular. Se transmite por insectos vectores donde se encuentra en la hemolinfa y las glándulas salivales (Jagoueix *et al.*, 1994). *CaLsol* es una  $\alpha$ -proteobacteria, Gam negativa, parasita obligada, no cultivable *in vitro* que posee una triple capa de pared celular (Hansen, 2008; Lin *et al.*, 2009). La morfología es similar a un bacilo midiendo aproximadamente 0.2 µm de ancho y 0.4 µm de largo cuando termina su ciclo celular. Se transmite por el insecto vector *B. cockerelli*, siendo este la fuente de inóculo más importante debido a que se presenta en altas poblaciones (Olivas, 2013). *B. cockerelli* (Hemíptera: Triozidae) también llamada paratrioza, psílido de la papa y el tomate o salerillo, es una plaga importante en cultivos hortícolas a nivel mundial. Al alimentarse presenta dos tipos de daños, el daño directo, que se da cuando succionan la savia provocando amarillamientos en las plantas debido a la inyección de una toxina (List, 1935) y el daño indirecto considerado el más perjudicial, ya que transmite organismos intracelulares y a *CaLsol* (Liefting *et al.*, 2009).

Después del Huanglongbing conocido también como enverdecimiento de los cítricos, siendo la enfermedad más devastadora a nivel mundial de estos (Gottwald,





2010), *CaLsol* se considera una bacteria de similar patogenicidad con una alta agresividad y difícil de controlar. En México se presentan tres enfermedades de importancia agrícola ocasionadas por este agente causal en cultivos de solanáceas que han originado cambios importantes en la agricultura del país. En el cultivo de papa la enfermedad zebra chip (ZC) (Munyanza *et al.*, 2007), en tomate, permanente del tomate (PT) (Garzón *et al.*, 2009) y en chile, variegado del chile (VC) (Elizalde y Adriana, 2016). Las tres enfermedades son descritas con signos similares de aborto de flor, retraso en el crecimiento, clorosis y oscurecimiento de tejido vascular en la base del tallo y raíz de las plantas.

El control de este patógeno se enfoca en disminuir fuentes de inóculo usando plantas sanas, remoción de plantas sintomáticas, control químico del insecto vector y el uso de antibióticos para reducir la transmisión de la bacteria. Se consideró importante realizar un estudio donde se aplica el uso de antibióticos para el control de *CaLsol* directamente en el insecto vector *B. cockerelli* y con ello determinar sus efectos sobre este microorganismo donde los resultados proporcionaran una base para el desarrollo de nuevos protocolos para la manipulación de insectos endosimbióticos, además de ser utilizada como control negativo para futuras investigaciones encaminadas a la eliminación de este microorganismo o de agentes infecciosos de similar patogenicidad, ya que actualmente, de manera natural estos psílidos se encuentran en su mayoría positivos con dicha bacteria, además de que solamente se han realizado investigaciones para el control de bacterias emparentadas a *Candidatus* en insectos como áfidos, pulgones, nematodos, partes vegetales de plantas, principalmente para el control del Huanglongbing en cítricos, por lo que no hay información al respecto con *CaLsol*, su vector *B. cockerelli* y con el uso de antibióticos. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de tres antibióticos (ampicilina, tetraciclina y rifampicina) administrados a *B. cockerelli* en presencia de *CaLsol* dentro del insecto vector con la finalidad de que sean utilizados para futuras investigaciones encaminadas a la eliminación de este microorganismo o de agentes infecciosos de similar patogenicidad.



## Materiales y métodos

### **Establecimiento de la colonia de *B. cockerelli* y plántulas de chile morrón (*Capsicum annuum*)**

Para la realización de los bioensayos en esta investigación fue necesario contar con una colonia de insectos de *B. cockerelli* y plantas de chile morrón. Se trabajó con adultos de *B. cockerelli* provenientes del Ejido de Huachichil, Arteaga, Coahuila, los cuales se recolectaron directamente de campo con ayuda de un aspirador entomológico en una plantación de papa (*Solanum tuberosum*). Los insectos se colocaron en frascos de 100 mL y se llevaron al invernadero del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con la finalidad de establecer una colonia para futuras investigaciones. El periodo de estudio fue de agosto 2017 – agosto 2019. La colonia se colocó en jaulas entomológicas hechas a base de madera y organiza manteniéndose viable sobre plantas de la familia solanaceae (papa, tomate y chile). Las temperaturas promedio oscilaban entre 25-28°C. Del mismo modo, se germinaron semillas de chile morrón variedad *California wonder* en charolas de unicel en un sustrato a una proporción (2:1) de Peat Moss y Perlita, respectivamente. Las plántulas fueron regadas cada tercer día y se mantuvieron en invernadero para su posterior uso en los bioensayos correspondientes.

### **Extracción de DNA de *Bactericera cockerelli***

Se le llama extracción al método por el cual se obtiene el DNA a partir de material biológico. La extracción consiste en el aislamiento y purificación de moléculas de DNA con el fin de poder estudiarlo, analizarlo o manipularlo. La extracción de DNA se realizó con la metodología descrita por (Doyle y Doyle, 1990) modificada, la cual consistió en macerar insectos de *B. cockerelli* agregando 300 µl de buffer de lisis (Tris-HCL 100 mM pH 8, EDTA 50 mM pH 8.5, NaCl nM, SDS 2%), se maceraron dentro de un tubo eppendorf de 1.5 mL con ayuda de un pistilo, agregando 200 µl más para lavarlo, se agitó 30 seg en vórtex. Se adicionó un volumen de 500 µl de cloroformo: alcohol-isoamilico (24:1) en frío (24mL x 1mL) para la separación de DNA y residuos,



se centrifugó a 12,000 rpm x 15 min, se recuperó el sobrenadante y se adicionó el mismo volumen de isopropanol frío, se dejó precipitar el DNA durante toda la noche a -20°C. Posteriormente se centrifugó a 12,000 rpm x 10 min, se eliminó el sobrenadante y se lavó en 300 µl de etanol al 70%, se dejó secar el tubo durante 30 min y se resuspendió en 30 µl de agua destilada estéril. El DNA extraído se almacenó a -20°C para su posterior análisis.

### **Verificación de la integridad del DNA**

Se realizó la extracción de DNA de forma individual de 10 psíidos colectados. Lo primero que se hizo fue una PCR en punto final amplificando un fragmento de 500 pb del gen Citocromo Oxidasa subunidad 1 del insecto con los primers CO1F3 (5´-TACGCCATACTAGCAATCGG-3´) y CO1R3 (5´-GAGTAACGTCGTGGTATTCC-3´) para verificar que el DNA extraído de los insectos tuviera la suficiente integridad y con ello detectar mediante PCR en punto final a la bacteria *CaLsol*. El volumen de reacción fue de 15 µl que contenía 7.5 µl de Taq Master Mix 2X (Genscript), 1.5 µl de cada primers (CO1F3 y CO1R3) (10 µM), 3 µl de agua destilada estéril y 1.5 µl de DNA. La reacción fue procesada en un termociclador Px2 Thermal Cycler THERMO ELECTRON CORPORATION con predesnaturalización a 95°C por 5 min, seguida de 40 ciclos a tres temperaturas: desnaturalización a 95°C por 30 seg, hibridación/alineamiento a 59°C por 30 seg y extensión a 72°C por 1 min; con una temperatura final de 72°C por un tiempo de 10 min. Los fragmentos de DNA amplificados fueron separados por electroforesis a 80 voltios por 45 min con buffer TAE 1X en un gel al 1% de agarosa. Para la visualización de los productos de amplificación se tiñó el gel con bromuro de etidio y se observaron en un fotodocumentador GelDoc-it Imaging System con luz UV (Figura 1).

### **Detección de *CaLsol* por PCR en punto final**

La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es la técnica más utilizada debido a la especificidad y rapidez con que se realiza. La detección mediante PCR de *CaLsol* está dirigida a la amplificación de la región 16S rDNA de su genoma (Texeira *et al.*, 2005). Para la detección de *CaLsol* en los psíidos de *B. cockerelli* se realizó la técnica



de PCR en punto final usando los primers CL514F (5´-CTCTAAGATTTCCGGTTGGTT-3´) y CL514R (5´-TATATCTATCGTTGCACCAG-3´) los cuales son específicos para este microorganismo y que amplifican un fragmento de 669 pb del gen 16S rDNA (Crosslin, 2009). El volumen de reacción fue de 15 µl que contenía 7.5 µl de Taq Master Mix 2X (Genscript), 1.5 µl de cada primers (CL514F y CL514R) (10 µM), 3 µl de agua destilada estéril y 1.5 µl de DNA. La reacción fue procesada en un termociclador Px2 Thermal Cycler THERMO ELECTRON CORPORATION con predesnaturalización a 95°C por 5 min, seguida de 42 ciclos a tres temperaturas: desnaturalización a 95°C por 30 seg, hibridación/alineamiento a 51°C por 30 seg y extensión a 72°C por 1 min; con una temperatura final de 72°C por un tiempo de 10 min. Los fragmentos de DNA amplificados fueron separados por electroforesis a 80 voltios por 45 min con buffer TAE 1X en un gel al 1% de agarosa. Para la visualización de los productos de amplificación se tiñó el gel con bromuro de etidio y se observaron en un fotodocumentador GelDoc-it Imaging System con luz UV (Figura 2).

### **Bioensayos**

Para esta investigación se optó por utilizar dos estrategias de aplicación de antibióticos, los cuales se eligieron en base a revisión de literatura en investigaciones hechas con insectos vectores de bacterias emparentadas a *Candidatus* como los son mosca blanca, áfidos, nematodos y en partes de plantas, principalmente en cítricos para el control del HLB, donde se han utilizado antibióticos similares a los utilizados en esta investigación que actúan de manera sistémica a través de la vía del floema de las plantas.

### **Estrategia de aplicación de antibióticos, método de esqueje (M.E)**

Se estableció la siguiente metodología para el M.E. Los antibióticos que se utilizaron fueron, ampicilina, tetraciclina y rifampicina aplicándose a las siguientes concentraciones; ampicilina y tetraciclina a 0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10 µg/mL y rifampicina a 0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0 µg/mL. Lo primero que se hizo fue la preparación de los antibióticos a las dosis correspondientes para cada uno de ellos, una vez teniendo listas las soluciones, a la plántula de chile morrón que en promedio tenía entre ocho





y diez hojas verdaderas se le hizo un corte a ras de raíz dejándola en la solución 24 h con la finalidad de que éste se traslocara vía sistémica por toda la plántula, transcurrido ese tiempo, se tomaron tres hojas con todo y peciolo de la parte baja de la plántula, preferentemente las que no tenían daño, debido a que estas fueron las que adquirieron más rápido el antibiótico, a estas hojas se les colocó un algodón envuelto en el peciolo remojado con la misma solución y cubierto con cinta parafilm para evitar su deshidratación. Posteriormente estas hojas se colocaron con el envés hacia arriba en una caja petri a la que se le agregaron cinco insectos adultos de *B. cockerelli*. Por lo tanto, se aplicaron tres antibióticos con cinco concentraciones repitiéndose tres veces cada una de ellas, dando un total de 45 unidades experimentales y un total de 225 insectos utilizados. Este bioensayo se evaluó por un periodo de siete días donde se observó el comportamiento de *B. cockerelli* además de mantener hidratadas a las hojas. Se evaluó la mortandad de los insectos durante ese mismo lapso de tiempo. Los insectos se colocaron en tubos eppendorf de 1.5 mL, etiquetados con la leyenda al tratamiento y repetición a la que pertenecían y se guardaron en alcohol al 70% para su posterior extracción de DNA y amplificación de PCR.

### **Estrategia de aplicación de antibióticos, método de película residual (M.P.R)**

Se estableció la siguiente metodología para el M.P.R. Los antibióticos que se utilizaron fueron, ampicilina, tetraciclina y rifampicina aplicándose a las siguientes concentraciones; ampicilina y tetraciclina a 0, 25, 50, 75 y 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y rifampicina a 0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Lo primero que se hizo fue la preparación de los antibióticos a las dosis correspondientes para cada uno de ellos, una vez teniendo listas las soluciones, se tomaron tres hojas con todo y peciolo de la plántula de chile morrón, preferentemente las que no tenían daño, sumergiéndolas en la solución por un periodo de cinco a diez seg con la finalidad de contaminarlas con el antibiótico, dejándose secar sobre papel absorbente, a estas hojas se les colocó un algodón envuelto en el peciolo remojado con la misma solución y cubierto con cinta parafilm para evitar su deshidratación. Posteriormente estas hojas se colocaron con el envés hacia arriba en una caja petri a la que se le agregaron cinco insectos adultos de *B.*



*cockerelli*. Por lo tanto, se aplicaron tres antibióticos con cinco concentraciones repitiéndose tres veces cada una de ellas dando un total de 45 unidades experimentales y un total de 225 insectos utilizados. Este bioensayo se evaluó por un periodo de siete días donde se observó el comportamiento de *B. cockerelli* además de mantener hidratadas a las hojas. Se evaluó la mortandad de los insectos durante ese mismo lapso de tiempo. Los insectos se colocaron en tubos eppendorf de 1.5 mL, etiquetados con la leyenda al tratamiento y repetición a la que pertenecían y se guardaron en alcohol al 70% para su posterior extracción de DNA y amplificación de PCR.

### **Detección de *CaLsol* por qPCR o PCR tiempo real**

La PCR cuantitativa qPCR o PCR en tiempo real es una variante de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizada para amplificar y simultáneamente cuantificar de forma absoluta el producto de la amplificación de ADN. Para la detección de *CaLsol* por qPCR mediante la estrategia del M.E al igual que para la detección de *CaLsol* por qPCR mediante la estrategia del M.P.R consistió en el diseño de las placas de reacción para las diferentes estrategias de aplicación de los antibióticos a evaluar, las cuales fueron de 48 pozos donde la reacción para cada muestra se realizó por triplicado en un volumen de 10  $\mu$ l que contenía 5  $\mu$ l de Eva Green 2X, 0.66  $\mu$ l de cada primer (CL514F y CL514R) a una concentración de 150 nM, 1  $\mu$ l de ROX (Fluoróforo de Fondo) y 2.68  $\mu$ l de ADN, además de agregar NTC con agua destilada estéril (controles negativos) al iniciar la descripción de los tratamientos en cada placa. La reacción fue procesada en el termociclador Applied Biosystems StepOne™ Real-Time PCR System, con predesnaturalización a 95°C por 5 min, seguida de 42 ciclos a tres temperaturas: desnaturalización a 95°C por 30 seg, hibridación/alineamiento a 51°C por 30 seg y extensión a 72°C por 1 min. Los resultados se observaron en el Software System Versión 2.2.3.



## Resultados y discusión

Las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp., son importantes a nivel mundial debido que afectan el rendimiento de las plantas de manera considerable. Los vectores de esta bacteria son de gran importancia. Para el caso de solanáceas, el principal vector es *B. cockerelli*. De manera natural hoy día es difícil encontrar psílicos que no estén infectados con *CaLsol*, en su mayoría las poblaciones de este insecto vector se encuentran positivas a dicha bacteria fitopatógena.

Actualmente, la estrategia más efectiva para controlar esta enfermedad es enfocarse al psílido mediante el control químico, utilizando sustancias activas como el Imidacloprid®, además de realizar aplicaciones de Abamectina® y Spiromesifen®. Aunque es importante considerar que un manejo más efectivo de este insecto plaga, requiere también del conocimiento de su biología, ecología, distribución geográfica y dinámica poblacional (Munyanenza *et al.*, 2011; Gharalari *et al.*, 2009).

Debido a las características biológicas de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y su relevancia como plaga de importancia económica, es importante implementar estrategias de detección con una alta efectividad y confiabilidad para el desarrollo de programas de manejo de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y su vector *Bactericera cockerelli*. En esta investigación se muestra la efectividad de tres antibióticos administrados al insecto vector *B. cockerelli* con la finalidad de eliminar a *CaLsol* como una alternativa para el control de organismos intracelulares de insectos vectores transmisores de enfermedades.

### Verificación de la integridad del DNA

Amplificación de PCR en punto final del DNA extraído de forma individual de 10 psílicos colectados con una amplificación esperada de 500 pb donde se detectó la presencia del gen Citocromo Oxidasa. Carril 1 marcador de peso molecular, carril 2-11 amplificación del gen citocromo oxidasa en *B. cockerelli*. Electroforesis en gel de agarosa al 1%. Marcador de Peso Molecular 1 kb.



**Figura 1. Verificación de la integridad y calidad del DNA. Amplificación del gen Citocromo Oxidasa en *Bactericera cockerelli* usando los primers CO1F3 y CO1R3.**

### Detección de CaLsol por PCR en punto final

Amplificación de PCR en punto final del DNA extraído de forma individual de 10 psíldos colectados con una amplificación esperada de 669 pb del gen 16S rDNA donde se detectó la presencia de CaLsol. Carril 1 marcador de peso molecular, carril 2 control positivo, carril 3 control negativo, carril 4-13 amplificaciones de CaLsol en *B. cockerelli*, carril 14 control negativo, carril 15 control positivo, carril 16 marcador de peso molecular. Electroforesis en gel de agarosa al 1%. Marcador de Peso Molecular 1 kb.



**Figura 2. Detección de *Candidatus Liberibacter solanacearum* por PCR en punto final. Amplificación de CaLsol en *Bactericera cockerelli* usando los primers CL514F y CL514R.**

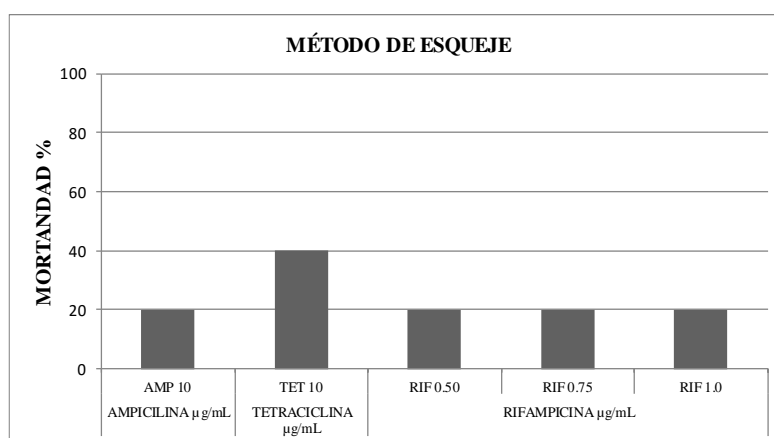
### Mortandad

La mortandad registrada durante el tiempo del bioensayo fue relativamente baja, donde el total de insectos utilizados para cada estrategia de aplicación fue de 225. Por lo que para el M.E la mortandad en general fue de 18 insectos correspondiendo a un 8% y para el M.P.R la mortandad en general fue de 9 insectos correspondiendo a un 4%. De manera particular para cada antibiótico, la mortandad evaluada durante el tiempo del bioensayo fue relativamente baja para ambas estrategias de





aplicación. Por lo tanto, a cada antibiótico le correspondieron 75 insectos divididos en 15 por repetición para cada concentración. Para el M.E, ampicilina a 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  la mortandad fue de tres insectos correspondiendo a un 20%, tetraciclina a 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  la mortandad fue de seis insectos correspondiendo a un 40% y rifampicina a 0.50  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.75  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y 1.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  la mortandad fue de tres insectos para cada una de ellas correspondiendo a un 20%, respectivamente. Para el M.P.R ampicilina a 25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  la mortandad fue de tres insectos para cada una de ellas correspondiendo a un 20%, respectivamente, tetraciclina a 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  la mortandad fue de tres insectos correspondiendo a un 20% y en rifampicina no se presentó mortandad.



**Figura. 3. Mortandad de *Bactericera cockerelli* para el método de esqueje.**

### Presencia/ausencia de *CaLsol* por qPCR o PCR en tiempo real

Mediante la técnica de qPCR se observó de manera eficiente el uso de los antibióticos probados en esta investigación los cuales eliminaron completamente a la bacteria intracelular *CaLsol*. Para el M.E (Cuadro 1), se observó que el antibiótico ampicilina a 2.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  eliminó por completo a *CaLsol*. De igual para el M.P.R (Cuadro 2), los antibióticos tetraciclina a 75  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y rifampicina a 7.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  eliminaron a *CaLsol*. Por lo que se recomiendan debido a la eficiencia en la eliminación de la bacteria *CaLsol* además de que en estos no se observó mortandad causada por dichos antibióticos.



**Cuadro 1. Presencia/ausencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* por qPCR mediante el método de esqueje.**

Antibiótico	Dosis µg/mL	Presencia/ausencia de CaLsol
Ampicilina	T0	++
	2.5 <sup>Y</sup>	-
	5	+
	7.5	+
	10	++
Tetraciclina	T0	++
	2.5	+
	5	+
	7.5	++
	10 <sup>Z</sup>	-
Rifampicina	T0	++
	25	+
	50	+
	75	+
	100	++

\*Ampicilina a 2.5 µg/mL<sup>Y</sup> eliminó a CaLsol de *Bactericera cockerelli* por el método de esqueje sin que se presentara mortandad de insectos.

\*Tetraciclina a 10 µg/mL<sup>Z</sup> eliminó a CaLsol de *Bactericera cockerelli* por el método de esqueje con presencia de mortandad de insectos.

<sup>Y</sup>= sin mortandad, <sup>Z</sup>= con mortandad. Dónde: ++ Hay presencia de CaLsol, + Bajo la presencia de CaLsol pero no la eliminó y - Eliminó a CaLsol

**Cuadro 2. Presencia/ausencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* por qPCR mediante el método de película residual.**

Antibiótico	Dosis µg/mL	Presencia/ausencia de CaLsol
Ampicilina	T.0	++
	25 <sup>Z</sup>	-
	50	++
	75	++
	100	++
Tetraciclina	T.0	++
	25	++
	50	++
	75 <sup>Y</sup>	-
	100	++
Rifampicina	T.0	++
	2.5	++
	5	++
	7.5 <sup>Y</sup>	-
	10	++

\*Tetraciclina a 75µg/mL<sup>Y</sup> y Rifampicina a 7.5 µg/mL<sup>Y</sup> eliminaron a CaLsol de *Bactericera cockerelli* por el método de película residual sin que se presentara mortandad de insectos.

\*Ampicilina a 25 µg/mL<sup>Z</sup> eliminó a CaLsol de *Bactericera cockerelli* por el método de película residual con presencia de mortandad de insectos. <sup>Y</sup>= sin mortandad, <sup>Z</sup>= con mortandad. Dónde: ++ Hay presencia de CaLsol, + Bajo la presencia de CaLsol pero no la eliminó y - Eliminó a CaLsol



## Conclusiones

1. Para el método de esqueje las concentraciones que eliminaron a *CaLsol* fueron ampicilina a 2.5 µg/mL y tetraciclina a 10 µg/mL.
2. Para el método de película residual las concentraciones que eliminaron a *CaLsol* fueron ampicilina a 25 µg/mL, tetraciclina a 75 µg/mL y rifampicina a 7.5 µg/mL.
3. Para poder obtener una colonia de *B. cockerelli* se recomienda utilizar mediante el método de esqueje el antibiótico ampicilina una concentración de 2.5 µg/mL debido a que elimino a *CaLsol* sin que se presentara mortandad de insectos y para el método de película residual los antibióticos tetraciclina y rifampicina a concentraciones de 75 y 7.5 µg/mL respectivamente eliminaron a *CaLsol* sin que se presentara mortandad de insectos.
4. En nuestro conocimiento y bajo el respaldo de esta investigación, se puede decir que hasta el momento no se han administrado concentraciones de antibióticos con la finalidad de bajar y/o eliminar a la bacteria intracelular *CaLsol* directamente en el insecto vector *B. cockerelli*. Por lo tanto, al ser un nuevo reporte para su control se puede comprobar científicamente la efectividad de los antibióticos utilizados en esta investigación.

## Literatura citada

- Crosslin, J. A. 2009. First report of *Candidatus Liberibacter psyllauros* in zebra chip symptomatic potatoes from California. *Plant Disease*, 93.
- Doyle, J. J and Doyle, J. L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12:13–15.
- Elizalde, B., Adriana, L. 2016. Efecto de la radiación UV-B sobre plantas de *Solanum tuberosum* L. (papa) infectadas con *Candidatus Liberibacter*. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. UAEM. Toluca Edo. De Méx. México. 54 p



- Garzón, T. J. A., Cárdenas, O. G., Bujanos, R., Marín, A., Becerra, A., Velarde, S., Reyes, C., González, M y Martínez, J. L. 2009. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad "Permanente del Tomate" en México. *Agricultura Técnica de México* 35(1):61-72.
- Gharalari, A. H., Nansen, C., Lawson, D. S., Gilley, J., Munyaneza, J. E., Vaughn, K. 2009. Knockdown mortality, repellency, and residual effects of insecticides for control of adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal Economic Entomology* 102: 1032-1038.
- Gottwald, T. R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annu. Rev. Phytopathology*. 48:119-139.
- Hansen, A. K., Trumble, J. T., Stouthamer, T and Paine, T. D. 2008. "A new huanglongbing species, *Candidatus Liberibacter psyllaurous*, found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* Sulc". *Applied and Environmental Microbiology*, 74(18), 5862-5865.
- Jagoueix, S., Bové, J. M and Garnier, M. 1994. The phloem limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the  $\alpha$  subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44, 379-386. DOI: 10.1099/00207713-44-3-379.
- Liefting, L. W., Pérez, E. Z. C., Clover, G. R. G and Anderson, J. A. D. 2009. A new '*Candidatus Liberibacter*' species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease* 92(10), 1474. doi: 10.1094/PDIS-92-10-1474A.
- Lin, H., Doddapeneni, H., Munyaneza, J. E., Civerolo, E. L., Sengoda, V. G., Buchman, J. L and Stenger, D. C. 2009. "Molecular characterization and phylogenetic analysis of 16S RNA from a new *Candidatus Liberibacter* strain associated with zebra chip disease of potato (*Solanum tuberosum*) and the potato psyllid (*Bactericera cockerelli* Sulc)". *Journal of Plant Pathology* 1:215-219. <http://www.sipav.org/main/jpp/volumes/0109/010927.pdf>. Septiembre 2015.
- List, G. M. 1935. Psyllid yellows of tomatoes and control of the psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) by the use of sulfur. *Journal of Economic Entomology*. 28: 431-436.
- Munyaneza, J. E., Crosslin, J. M and Upton, J. E. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra chip", a new potato disease in Southwestern United States and Mexico. *J. Econ. Entomol.* 100: 656-663.





- Munyanza, J. E., Buchman, J. L., Sengoda, V. G., Fisher, T. W., Pearson, C. C. 2011. Susceptibility of selected potato varieties to zebra chip potato disease. *American Journal Potato of Research* 88: 435-440.
- Olivas, A. F. 2013. Etiología, Detección Molecular y Manejo Integrado del Síndrome de la Punta Morada de la Papa en México. Retrieved from <http://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/procariontes/2AlbertoFloresOlivas.pdf>.
- Texeira, C. D., Saillard, C., Eveillard, S., Danet, L. J., Da Costa, P., Ayres, J. A and Bové, J. (2005. "*Candidatus Liberibacter americanus*", associated with citrus huanglongbing (greening disease) in Saõ Paulo State, Brazil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55, 1857–1862. DOI:10.1099/ijs.0.63677-0.



## OCURRENCIA DE AISLAMIENTOS SEVEROS DEL *Citrus tristeza* VIRUS EN ÁRBOLES DE NARANJA DULCE EN VERACRUZ

Eric Eugenio López Vera<sup>84</sup>, Santiago Domínguez Monge<sup>85\*</sup>, Ricardo Santillán Mendoza<sup>85</sup>,  
Cynthia Rodríguez Quibrera<sup>85</sup> y Narciso Martínez Rivera<sup>86</sup>

### Resumen

En este estudio se realizó la caracterización molecular de 3 aislamientos de *Citrus tristeza* virus (CTV) colectados en 2017 en el municipio de Cazones, Veracruz, México, con el objetivo de detectar algún cambio en la estructura poblacional de este virus, mediante las relaciones filogenéticas con el gen de la proteína de la cápside (CP), putativamente asociado con patogenicidad. La extracción de ARN se realizó por el método de CTAB y la RT-PCR por punto final utilizando los primers específicos para el gen. Los 3 aislamientos fueron secuenciados y subsecuentemente analizados con el programa MEGAX. Se utilizó el método de Máxima Verosimilitud con 1000 réplicas de bootstrap para generar el árbol filogenético. En el análisis comparativo de secuencias se incluyeron secuencias de 9 aislamientos mexicanos y secuencias de 8 aislamientos de otros países (T30, T385, T36, VT, SY568, NUagA, NZ-M16 y NZ-B18) obtenidas en el GenBank. Los aislamientos V1 y V2 se agruparon con los aislamientos débiles (100%). El aislamiento V3 fue de tipo severo con una homología mayor a 99% con TAM11, un aislado de Tamaulipas que causa aclaramiento de nervaduras y picado de tallo severo en limón mexicano injertado sobre *Citrus macrophylla*. En la región centro-norte de Veracruz, la diversidad de aislamientos de CTV sugiere una mezcla de variantes virales debido a la presencia regional de *Toxoptera citricida* (Tc). Estos resultados sugieren que Tc está aparentemente induciendo cambios en la estructura poblacional de CTV hacia un incremento de variantes severas en Veracruz. Esta información puede ser usada para la vigilancia de aislamientos

<sup>84</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería.

<sup>85</sup> Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, Campo Experimental Ixtacuaco. \*Autor de correspondencia: dominguez.santiago@inifap.gob.mx

<sup>86</sup> Servicios Especializados en Fitosanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.



específicos o para el análisis recurrente de la estructura poblacional en regiones del estado con propósito de monitorear riesgos epidémicos.

**Palabras clave:** *Citrus sinensis*, CTV, *Toxoptera citricida*, epidemiología

## Introducción

El *Citrus tristeza virus* (CTV, familia *Closteroviridae*, género *Closterovirus*) es el agente causal de la tristeza de los cítricos, considerada históricamente una de las enfermedades más destructivas en el cultivo de los cítricos y la responsable de la muerte de más de 100 millones de árboles durante el siglo pasado (Moreno *et al.*, 2008; Ruíz-García *et al.*, 2009).

El CTV se presenta en campo como una población de variantes, las cuales exhiben una variabilidad de síntomas dependiendo de su agresividad y del tipo de hospedante. En México, las variantes prevalentes son de tipo moderado con una condición asintomática (Domínguez-Monge *et al.*, 2014).

A nivel poblacional se ha demostrado que existe una variabilidad espacio-temporal en la estructura de secuencias, propiciando cambios de prevalencia, pero, sin un aparente efecto de variantes de tipo severo, incluso, con la introducción regional del vector *Toxoptera citricida* (Rivas-Valencia *et al.*, 2010). A pesar de la presencia actual de aislamientos asintomáticos de CTV y su aparente baja prevalencia en México, dos aspectos sugieren que el CTV se debe de integrar a un modelo de vigilancia direccionado a razas específicas: 1) el establecimiento y dispersión de *T. citricida* en México y su actual desplazamiento a nuevas áreas cítricas en el territorio mexicano y 2) un posible cambio en la estructura poblacional de alta prevalencia de haplotipos moderados a una eventual prevalencia regional de un haplotipo o aislamiento severo, debido a, modificaciones en la frecuencia de haplotipos en regiones con presencia de *T. citricida* y por la predominancia de naranjo agrio, uno de los genotipos más usado comúnmente en los huertos cítricos y también uno de los más susceptibles a CTV. En este contexto, el objetivo de este estudio fue caracterizar



molecularmente aislamientos de CTV con la finalidad de detectar algún cambio en la estructura poblacional de este virus, derivado de la presencia de *T. citricida*, que sustente la aplicación de métodos de predicción y manejo de la tristeza de los cítricos en las condiciones particulares de la región citrícola de naranja dulce en Veracruz.

## Materiales y métodos

### Aislamientos del virus

Los aislamientos de CTV fueron colectados en un huerto comercial de naranja dulce del Municipio de Cazonas, Veracruz en el 2017. Se colectaron dos brotes jóvenes de los cuatro puntos cardinales de los árboles sintomáticos a CTV.

### Caracterización molecular de aislamientos del CTV

- *Extracción del RNA total, amplificación por RT-PCR, Secuenciación del gen CP*

El RNA viral se obtuvo a partir de árboles positivos con el método del bromuro de cetil-trimetil amonio (CTAB). El RNA final fue suspendido en 30  $\mu$ L de agua libre de RNAasas.

La reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa (RT-PCR) se realizó en dos pasos para la amplificación de un fragmento de 672 pb del gen CP. Los productos amplificados se observaron por electroforesis en geles de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio e irradiado con luz ultravioleta.

Aquellos fragmentos amplificados (CP) de CTV fueron sometidos a secuenciación. Por lo que se purificó y secuenció el producto de RT-PCR con MacroGen Inc (Korea). Las secuencias obtenidas fueron comparadas con las publicadas en el GenBank ([www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/)).

- *Alineamiento de secuencias y análisis filogenético*

Para construir los árboles filogenéticos, la historia evolutiva fue inferida con las secuencias del gen CP de los aislamientos de CTV, las cuales fueron analizadas bajo





el criterio de Máxima Verosimilitud con el programa MEGAX (Kumar *et al.*, 2018), usando una búsqueda heurística con intercambio de ramas TBR, excluyendo todos los sitios que contenían gaps y caracteres no informativos, quedando un total de 586 posiciones en la matriz final. El soporte de los nodos fue determinado por valores bootstrap con 1000 réplicas. El modelo de evolución molecular que se adecuó a los datos fue GTR+G+I. Adicionalmente, se incluyeron secuencias de CTV de diferentes regiones de México y de otros países reportadas en el GenBank.

## Resultados y discusión

### Caracterización molecular de aislamientos de CTV

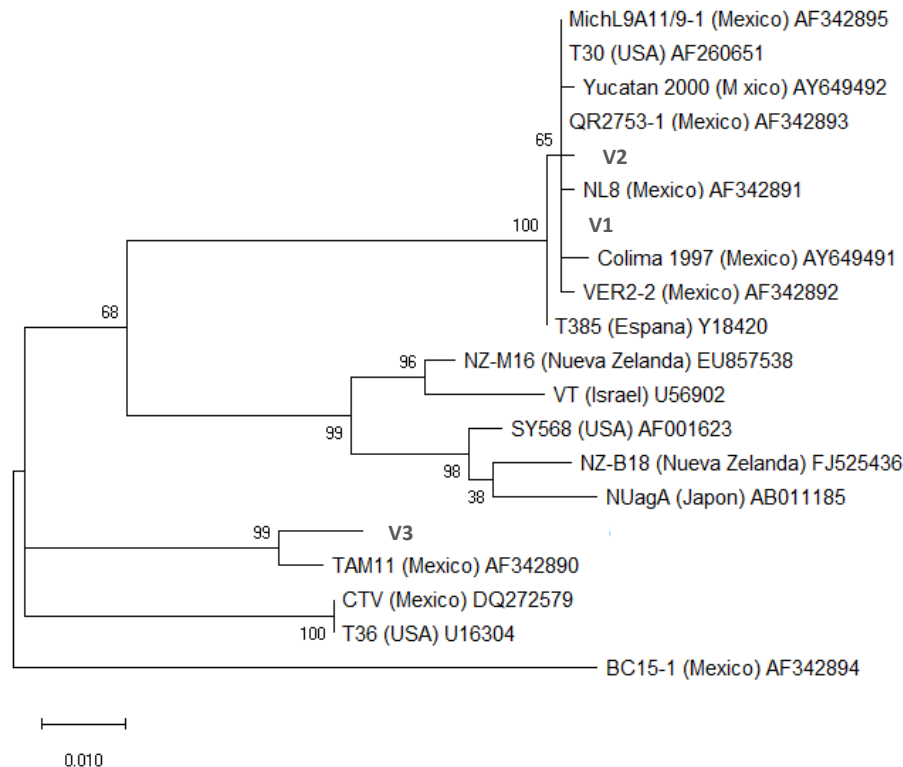
Los análisis filogenéticos de las secuencias veracruzanas del gen CP se agruparon de acuerdo a la patogenicidad de los aislamientos (Fig. 1). Se definieron dos grupos principales. Los aislamientos V1 y V2 se agruparon con los aislamientos débiles de Florida (T30), de España (T385) y, de otras regiones de México (Nuevo León, Veracruz, Quintana Roo, Michoacán, Colima y Yucatán). Este grupo fue consistente con valores de bootstrap de 100%. El aislamiento V3 fue ubicado en el grupo de aislamientos severos (tomados del GenBank) con un valor de bootstrap mayor a 99% junto con el aislamiento TAM11 de Tamaulipas que causa aclaramiento de nervaduras y picado de tallo severo en limón mexicano injertado sobre *C. macrophylla*.

A partir de la detección inicial del CTV en Tamaulipas, no se han presentado epidemias inducidas por aislamientos severos. Sin embargo, existen antecedentes de reportes aislados y de aparente no prevalencia en campo en la Península de Yucatán (Hernández-Nava, 2013).

En la región centro norte de Veracruz, la diversidad de aislamientos moderados y severos sugiere una mezcla de variantes virales posiblemente por la presencia regional del vector *Toxoptera citricida*. Esta actual condición epidémica, puede ser resultado de un desequilibrio poblacional en incremento de aislamientos severos, debido a la condición que se tiene en campo de exposición a infecciones múltiples



por distintos tipos de genotipos del virus dentro de las plantas. Por lo tanto, esta información puede ser usada para el análisis recurrente de la estructura poblacional en la región centro norte de Veracruz con el propósito de estimar riesgos epidémicos.



**Figura 1. Árbol filogenético de la región genómica CP para tres aislamientos de CTV generado por Máxima Verosimilitud. El árbol con el mayor logaritmo de verosimilitud es mostrado (-1443.06) empleando el modelo de evolución molecular GTR+G+I (General Time-Reversible+Gamma distribution+Invariable sites). Los soportes bootstrap basados en 1000 réplicas son mostrados arriba de los internodos. Las secuencias obtenidas en el presente estudio son mostradas con la nomenclatura V, seguida por su número de colección.**

## Conclusiones

Los resultados obtenidos indicaron la presencia de aislamientos de tipo severo. La detección de cambios en la estructura poblacional entre aislamientos de CTV sugiere un mayor riesgo de la expresión de decaimiento como respuesta a la



presencia de *T. citricida*, vector con capacidad de seleccionar y transmitir razas severas del virus.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. Pedro García por el apoyo en campo para la colecta del material biológico utilizado en el presente estudio.

## Literatura citada

- Domínguez, M. S., G. Mora A., E. Loeza K., M. A. Gutiérrez E., J. Flores S., G. Acevedo S. *et al.* 2014. Epidemiología molecular de aislamientos de *citrus tristeza virus* de la Península de Yucatán. *In: XVI Congreso Internacional y XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Ixtapan de la Sal, Estado de México, México.
- Hernández, N. G. A. 2013. Prevalencia de *Toxoptera citricida* y tasa de adquisición del *Citrus tristeza virus* en la Península de Yucatán. Tesis Mc. Colegio de Postgraduados (COLPOS). Montecillo, Mex. 83 p.
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz and K. Tamura. 2018. Mega X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35(6): 1547-1549.
- Moreno, P., S. Ambros, M. R. Albiachi M., J. Guerri and L. Peña. 2008. *Citrus tristeza virus*: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Mol. Plant Pathol.* 9(2): 251-268.
- Rivas, V. P., E. Loeza, G. Mora, N. Ruiz, D. Ochoa, A. Gutiérrez. *et al.* 2010. Análisis espacio-temporal de aislamientos del Citrus tristeza virus de Yucatán y Tamaulipas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1: 493-507.
- Ruíz, G. N., G. Mora A., P. Rivas V., C. Góngora C., E. Loeza K., D. Ochoa M. *et al.* 2009. Sensibilidad de inmunoimpresión-ELISA y DAS-ELISA en el diagnóstico y muestreo de Citrus tristeza virus en huertos comerciales de Tamaulipas, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortíc.* 15: 41-47.



## PRESENCIA DE MOSCAS DROSOPHILIDAE (DIPTERA: EPHYDROIDEA) ASOCIADAS A HIGO EN MORELOS

Víctor López Martínez<sup>87</sup>, Santiago Domínguez Monge<sup>87\*</sup>, Arturo Martínez Mirafuente<sup>88</sup> y  
Dagoberto Guillen Sánchez<sup>87</sup>

### Resumen

Con el objetivo de identificar la diversidad de especies de moscas asociadas al cultivo de higo en el estado de Morelos, en el presente estudio se realizó un monitoreo de especies de la familia Drosophilidae en campo. En total, se colectaron 11,931 especímenes y 9 especies: *Zaprionus indianus*, *Drosophila busckii*, *Drosophila hydei*, *Drosophila repleta*, *Drosophila cardini*, *Drosophila immigrans*, *Drosophila melanogaster*, *Drosophila simulans* y *Drosophila suzukii* (Díptera: Drosophilidae) en plantaciones comerciales de higo en el estado de Morelos. Para la captura de los adultos, se usaron trampas tipo cubeta con el atrayente comercial Suzukii Trap®. Las especies más abundantes fueron *D. repleta* (3,657), *D. simulans* (2,404), *D. melanogaster* (2,270) y *D. hydei* (2,003), que fueron colectadas durante el periodo de este trabajo. Las especies de importancia económica representaron el 10% del total capturado. El incremento en la superficie sembrada de higo y la gran diversidad de especies encontradas en campo, sugiere que deberán establecerse estudios de dinámica poblacional de las especies de importancia económica para integrarse en programas de manejo integrado de plagas y así disminuir el impacto de estos insectos en la producción de higo en Morelos.

**Palabras clave:** *Ficus carica*, *Drosophila* spp, epidemiología

<sup>87</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias. \*Autor de correspondencia: [sdominguez07081981@gmail.com](mailto:sdominguez07081981@gmail.com) \*Autor de correspondencia: [sdominguez07081981@gmail.com](mailto:sdominguez07081981@gmail.com)

<sup>88</sup> Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos.





## Introducción

A nivel mundial, se reporta que los drosofilidos (Diptera: Drosophilidae) causan pérdidas de 26 a 100% (Sasaki y Sato, 1995). Constituyen un grave problema fitosanitario para diversas especies de frutales, siendo las especies *Drosophila suzukii* Matsumura y *Zaprionus indianus* Gupta las que representan un gran impacto para México (Lasa y Tadeo, 2015).

Las higueras (*Ficus carica* L.) cultivadas en México, tienen gran importancia económica, social y cultural. Sus frutos pueden ser consumidos en fresco como fuente de nutrientes, como fruto seco en almíbar, conserva, mermeladas, galletas, bombones y licor. Sin embargo, es una especie que ha sido poco estudiada en relación con otras plantas cultivadas, a pesar de ser una especie de fácil multiplicación vegetativa. En México se cultivan 1,200 hectáreas (SAGARPA, 2016). El estado de Morelos se destaca en producción con un 58% de la superficie plantada, seguido de Hidalgo (14%), Veracruz (10%), Baja California Sur (6.5%), Distrito Federal (3.5%), Puebla (2.6%), Durango (2.4%), San Luis Potosí (1.5%), Sonora (1.1%) y Baja California (0.4%) (SAGARPA, 2016).

La producción de higueras comunes comerciales es semi intensiva, con bajo desarrollo tecnológico y deficientes paquetes técnicos que optimicen su rendimiento. Otra pequeña parte, también se cultivan como ornamentales en traspatios sin ningún sistema de producción. Por lo que, uno de los factores más importantes en la producción de este cultivo es el manejo fitosanitario, el cual puede afectar la calidad y rendimiento de los frutos (Casadomet *et al.*, 2016).

En Morelos la información ha sido escasa sobre plagas en el cultivo de higo, se han identificado algunas especies con importancia fitosanitaria (López-Martínez *et al.*, 2015) y, recientemente se han estudiado aspectos ecológicos de drosofilidos en invernadero (Bautista *et al.*, 2017); sin embargo, no existe ningún estudio que caracterice su diversidad ni su monitoreo de poblaciones en campo. Por lo antes mencionado, el objetivo de este estudio fue identificar la diversidad de especies de moscas asociadas al cultivo de higo en el estado de Morelos, México.



## Materiales y métodos

### Muestreo para recolecta de material biológico por nivel de riesgo

Los muestreos se realizaron en los municipios del estado de Morelos donde se cultiva higo, considerando las áreas inductivas (Cuadro 1). El número de sitios de recolecta fue determinado con base en un método ponderativo de los subsistemas del sistema epidemiológico. Subsistema planta: *superficie de higo* mediante ponderación por cada municipio del estado. Del Subsistema plaga: área de *clima con condiciones favorables (Pond\_CCF)* de temperatura para el establecimiento y desarrollo de drosófilidos y la *posible dispersión de drosófilidos* en la región (*Pond\_Disper*).

La estimación del potencial de diversidad por municipio se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Potencial_{diversidad} = (Pond_{superficie} * Pond\_CCF_{drosófilidos} * Pond\_Disper_{drosófilidos})$$

Dónde:

$Potencial_{diversidad}$  = Nivel de diversidad de drosófilidos, por municipio agrícola de Morelos.

$Pond_{superficie}$  = Valor de ponderación en función de la superficie sembrada de higo.

$Pond\_CCF_{drosófilidos}$  = Área de clima con condiciones favorables de temperatura para el establecimiento y desarrollo de drosófilidos por municipio.

$Pond\_Disper_{drosófilidos}$  = Nivel de riesgo de la posible dispersión de drosófilidos por municipio.

**Cuadro 1. Sitios de monitoreo de moscas Drosophilidae en el cultivo de higo en Morelos.**

Municipio	Localidad	Nº de trampa	Tipo de trampa	Atrayente	Latitud	Longitud
<b>Ayala</b>	Tenextepango	108	Cubeta	Suzukii Trap	18.72936	-98.96728
<b>Ayala</b>	Xalostoc	60	Cubeta	Suzukii Trap	18.73135	-98.91264
<b>Axochiapan</b>	Marcelino Rodriguez	115	Cubeta	Suzukii Trap	18.57817	-98.75215
<b>Ayala</b>	Xalostoc	109	Cubeta	Suzukii Trap	18.7334	-98.91195
<b>Axochiapan</b>	Quebrantadero	120	Cubeta	Suzukii Trap	18.55449	-98.80054
<b>Tepalcingo</b>	Atlilco el Grande	121	Cubeta	Suzukii Trap	18.62189	-98.83516



## Muestreo sub-regional

### Trampeo

Se instalaron rutas de trapeo en áreas comerciales de higo con existencia de riesgo de infestación por la plaga. Se establecieron 2 trampas por cada sitio de muestreo con el atrayente comercial Suzukii Trap®. La colocación de las trampas fue en las orillas del predio, a la altura del estrato de fructificación y buscando protegerlas de la luz y temperatura. Las trampas se revisaron quincenalmente en busca de adultos, momento que se aprovechó para cambiar el atrayente.

Las trampas que se utilizaron tuvieron las siguientes características: a) Tipo cubeta (contenedores de plástico transparente con tapa de 1 L, b) 7 a 10 hoyos de 3.5 a 5 mm de diámetro, alrededor del contenedor, dejando un espacio de 2.5 cm entre hoyos y un espacio de 7.5 cm libre de hoyos para desechar el atrayente cuando se le dio servicio a la trampa, c) en los extremos se colocó un alambre de acero recubierto para colgar y asegurar la trampa en los hospedantes, y por último se adicionó el atrayente hasta alcanzar la marca de 2.5 a 4 cm de altura del contenedor de acuerdo con indicaciones de SINAVEF (2013).

## Resultados y discusión

### Diversidad y abundancia de moscas

Se colectó un total de 9 especies y 11,931 especímenes (Cuadro 2). *Zaprionus indianus* y *Drosophila suzukii*, consideradas de importancia económica, representaron el 10% del total capturado. *Drosophila busckii*, *D. cardini* y *D. immigrans*, fueron las menos colectadas siendo 4% del material colectado. El número de especies registrado aquí, incrementa en 200% el listado de la familia Drosophilidae para Morelos, al pasar de 3 a 9 especies (Bautista *et al.*, 2017).

*Zaprionus indianus* es nativo de África (Van der Linde *et al.*, 2006). En México, este díptero fue detectado por primera vez en el 2002 en el estado de Chiapas y recientemente en Morelos, se ha reportado afectando frutos de higo bajo invernadero (Bautista *et al.*, 2017). Por otro lado, *Drosophila suzukii* es considerada



una plaga invasiva en muchas áreas del mundo (Walsh *et al.*, 2011) y de amplia distribución en México. Es una plaga de importancia económica y en Morelos ya ha sido reportada afectando frutos de higos (Bautista *et al.*, 2017).

**Cuadro 2. Abundancia de moscas Drosophilidae colectadas en trampas tipo cubeta en áreas comerciales de producción de higo en el estado de Morelos.**

Mes	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<i>Zaprionus indianus</i>	591	163	46	17	16	21	157
<i>Drosophila busckii</i>	191	29	6	2	0	0	0
<i>Drosophila hydei</i>	1314	581	78	17	8	2	3
<i>Drosophila repleta</i>	1770	1370	225	165	46	17	64
<i>Drosophila cardini</i>	56	8	0	0	0	0	0
<i>Drosophila immigrans</i>	201	30	9	0	0	0	0
<i>Drosophila melanogaster</i>	1323	624	207	21	27	9	59
<i>Drosophila simulans</i>	1060	682	443	96	51	11	61
<i>Drosophila suzukii</i>	42	6	6	0	0	0	0

## Conclusiones

1) La abundancia de moscas en higo está compuesta por especies del género *Zaprionus* y *Drosophila*. 2) La gran diversidad de especies observadas en campo sugiere que deberán establecerse trabajos de dinámica poblacional a nivel regional de las especies de importancia económica, caso *Z. indianus* y *D. suzukii*, para integrarse en programas de manejo integrado de plagas y así disminuir el impacto de estos insectos en la producción de higo en Morelos.

## Agradecimientos

Agradecemos al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), por proporcionar una beca Posdoctoral al segundo autor en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.





## Literatura citada

- Bautista, N., C. P. Illescas R., E. Lopez B., L. J. Velazquez M. y C. García A. 2017. Presence of Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fig fruits in Morelos, Mexico. *Fla. Entomol.* 100(4): 813-816.
- Casadomet, E., M. López C., F. Pérez G., M. Senero, J. Pérez R. y J. Del Moral. 2016. Plagas y Enfermedades del cultivo de la higuera. Folleto técnico No. 2146. Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Extremadura (CICYTEX-La Orden). España. 32 p.
- Lasa, R. and E. Tadeo. 2015. Invasive drosophilid pests *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Veracruz, Mexico. *Fla. Entomol.* 98: 987-988.
- López, M. V., O. R. Vargas, I. Alia T., V. H. Toledo H., A. M. Corona L., H. Delfín G., D. *et al.* 2015. Xylophagous beetles (Coleoptera: Buprestidae and Cerambycidae) from *Ficus carica* in Morelos, Mexico *Coleopt. Bull.* 69(4): 780-788.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). 2016. Producción de higo en Morelos. <https://www.launion.com.mx/morelos/cuautla/noticias/100167-repunta-la-produccion-de-higo-en-morelos-sagarpa.html>.
- Sasaki, M. y R. Sato. 1995. Bionomics of the cherry drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Díptera: Drosophilidae) in Fukushima Prefecture [Honshu]. 1. *Drosophila* injured on cherry fruit. Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan 46: 164-166.
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF). 2013. Ficha Técnica Mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*). DGSV-CNRF. México, 21 p.
- Van der Linde, K., G. J. Steck, K. Hibbard, J. S. Birdsley, L. M. Alonso y D. Houle. 2006. First records of *Zaprionus indianus* (Díptera: Drosophilidae), a pest species on commercial fruits, from Panama and the United States of America. *Fla. Entomol.* 89: 402-404.
- Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhue, A. J. Dreves, J. Lee, D. J. Bruck, V. M. Waltonm, *et al.* 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integr. Pest Manag.* 2(1): G1-G7.



## RENTABILIDAD Y EFICIENCIA EN EL USO DE LA TIERRA DEL FRIJOL ASOCIADO Y EN MONOCULTIVO

José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>89\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>90</sup> y Ernesto López Salinas<sup>90</sup>

### Resumen

Hasta hace pocos años se desconocían las características de la asociación de cultivos. Recientemente la investigación en este tipo de sistemas de producción ha aumentado y muchos de sus beneficios potenciales se han hecho más evidentes. Los sistemas agrícolas asociados permiten cultivar dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno. El frijol asociado con limón persa es una buena alternativa para la región citrícola de Tlapacoyan, Veracruz; en esta zona, el frijol es un cultivo de autoconsumo; pero con un buen manejo agronómico puede existir un ingreso extra que permita un rendimiento competitivo, con una buena rentabilidad y uso eficiente de la tierra. En noviembre de 2017, se estableció un experimento en el Campo Experimental de Ixtacuaco, municipio de Tlapacoyan en el norte de Veracruz, con el objetivo de determinar la rentabilidad y la eficiencia en el uso de la tierra del frijol asociado con limón persa y el frijol en monocultivo. En ambos sistemas de siembra, se utilizó el genotipo de frijol T-39, de crecimiento indeterminado, arbustivo, tipo II, grano negro, opaco y pequeño. El análisis económico que se realizó tomó como base los costos fijos + los costos variables, con lo cual se consiguió el costo total, y con éste se determinó la relación beneficio/costo y la utilidad neta. También se obtuvo el Índice Equivalente de la Tierra (IET), para ello se utilizó el rendimiento del frijol asociado, dividido entre el rendimiento del frijol en monocultivo. La mayor rentabilidad por hectárea (\$19,686.70) se obtuvo con el frijol asociado con limón persa. La relación beneficio/costo que se obtuvo fue de 2.70, lo cual indica que por cada peso que se invierte se recupera la inversión y se tiene una

<sup>89</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco. INIFAP. \* rodriguez.jose@inifap.gob.mx

<sup>90</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.



ganancia de 1.70 pesos, mientras que con el frijol en monocultivo, la relación beneficio/costo fue de 1.99, es decir por cada peso invertido se ganan 0.99 centavos. El IET fue de 1.31, y señala que el sistema asociado de frijol con limón persa representa una buena opción para los productores de esta región, ya que permite hacer un uso más eficiente de la tierra.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, *Citrus latifolia*, costo-beneficio, índice de equivalencia de la tierra

## Introducción

En muchos lugares del mundo, especialmente en países en desarrollo, los agricultores realizan sus siembras en sistemas de producción asociados con otros cultivos más que en siembras en monocultivo. Los sistemas agrícolas asociados permiten cultivar dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno, y su combinación genera una sinergia positiva que complementa el desarrollo de los cultivos involucrados (Lithourgidis *et al.*, 2011; FAO, 2017). En la zona norte de Veracruz, el frijol generalmente es un cultivo de autoconsumo; aunque puede existir un ingreso extra, con un adecuado manejo agronómico, que permita obtener un rendimiento aceptable y competitivo y que proporcione una buena rentabilidad, ya que en términos generales los productores buscan en sus cultivos alcanzar un incremento en el rendimiento, mayor seguridad en la cosecha y una mayor redituabilidad de la inversión (Kohashi-Shibata, 1990).

Por otro lado, el IET es una herramienta que permite la evaluación de los cultivos asociados, ya que determina qué tan eficiente puede ser un sistema de siembra asociado, con respecto al monocultivo (Díaz-López *et al.*, 2012). Generalmente los sistemas asociados presentan mayor capacidad de producción en comparación con los monocultivos; de esta forma se hace un uso más conveniente de la parcela (Molina-Anzures *et al.*, 2016). El uso altamente eficiente de la tierra es importante no sólo en el desarrollo de los sistemas de cultivos, sino también en otras aplicaciones



que tienen un enorme potencial independiente de la rentabilidad. Es importante determinar si el cultivo asociado, en comparación con el monocultivo, seguirá siendo el sistema de siembra más rentable, productivo y eficiente en el uso de la tierra y de otros recursos (Dubey *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo de investigación fue comparar la rentabilidad y eficiencia en el uso de la tierra de frijol asociado con limón persa y en monocultivo.

## Materiales y métodos

El experimento se estableció en noviembre de 2017, en el Campo Experimental de Ixtacuaco, municipio de Tlapacoyan, en el norte del estado de Veracruz (20° 02' LN, 97° 5' LO y 88 m de altitud). Se evaluaron dos tratamientos: frijol asociado con limón persa (*Citrus latifolia*) y frijol en monocultivo. En ambos sistemas de producción se utilizó el genotipo de frijol T-39, de hábito de crecimiento indeterminado, arbustivo tipo II y grano negro, opaco y pequeño.

Tanto el frijol intercalado con cítricos, como el frijol en monocultivo se sembraron en franjas de 6 surcos separados 0.60 m x 60 m de longitud, la cual ocupó una superficie total de 216 m<sup>2</sup>; en cada sistema de cultivo se delimitaron cuatro áreas de siembra de frijol seleccionadas al azar, con cuatro surcos de 5 m de longitud (12 m<sup>2</sup>), se registraron los valores de las variables en los dos surcos centrales (6 m<sup>2</sup>) como parcela útil, y se consideraron como una repetición.

En la fase vegetativa del frijol se realizaron dos escardas manuales; se fertilizó con la fórmula 40N-40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-00K<sub>2</sub>O, con aplicación de urea (46-00-00) y DAP (18-46-00), en la etapa de hojas primarias. Hubo presencia de los insectos doradilla (*Diabrotica balteata*) y chicharrita (*Empoasca kraemeri*), estas plagas se controlaron con la aplicación de cipermetrina en dosis de 200 mL/ha de producto comercial.

La finca de limón persa tenía un año de edad, aún no se encontraba en etapa productiva, por lo que sólo se consideró el rendimiento del frijol, el cual se calculó con base a cuatro muestreos de cosecha a partir del peso del grano cosechado y





limpio en cada área delimitada, y se transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

Para realizar el análisis económico se tomaron como base los costos fijos + los costos variables, para obtener el costo total del cultivo por hectárea; la utilidad neta fue igual al rendimiento (kg/ha) por el precio de 1 kg de frijol (que para este caso fue de \$18.00/kg), menos el costo total, tanto para el sistema asociado como para el monocultivo, y con ellos se determinó el beneficio neto del sistema para una hectárea, de la manera siguiente:

Costo total = Costos fijos + Costos variables

Utilidad neta = (Rendimiento/ha x Precio de 1 kg de frijol) - Costo total

Para realizar la relación beneficio/costo, se dividió el beneficio bruto (costo total) entre el costo del cultivo, lo cual determinó el beneficio económico por cada peso invertido en ambos sistemas de siembra.

También se obtuvo el IET, para lo cual se utilizó el rendimiento relativo del frijol asociado (RA) dividido entre el rendimiento del frijol en monocultivo (RM) (Willey y Rao, 1980; Mead y Willey, 1980). Un valor >1 indica ventaja de la asociación; si el valor es = 1 indica que es indiferente utilizar cualquier sistema de siembra, y si el resultado es <1, el monocultivo es mejor (Vélez *et al.*, 2007).

## Resultados y discusión

Las condiciones de alta humedad relativa (87.1%), temperatura (<20.0°C), y alta precipitación (209.6 mm), durante la etapa de llenado de vainas (CEIXTA, 2018), favorecieron la incidencia del hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, causante de la enfermedad del moho blanco (CIAT, 1988), la cual fue más evidente en el sistema de producción de frijol en monocultivo (CIAT, 1987). Los menores daños en el sistema asociado, se deben en gran parte, a la modificación del microclima, por la disminución de la temperatura del aire y el efecto del sombreado. Para el control de este patógeno en el monocultivo, se aplicó el fungicida Benomilo en dosis de 0.600 kg/ha.



El rendimiento de frijol fue mayor cuando este cultivo se asoció con limón persa, en comparación con el obtenido con el frijol como monocultivo, resultados semejantes encontraron Vanlalhraia *et al.*, (2013), al intercalar limón con frijol francés, y Shirgure, (2013) al asociar mandarina con soya. Lo anterior se reflejó en una mayor utilidad neta por hectárea en el sistema asociado (Díaz-López *et al.*, 2012; Piña-González *et al.*, 2014; Dubey *et al.*, 2016); lo cual se debió principalmente a un menor costo de producción, ya que en este sistema no se aplicó fungicida para el control del hongo del moho blanco.

La relación beneficio/costo que se obtuvo con el frijol asociado con limón persa fue de 2.70, lo cual indica que por cada peso invertido se recuperó la inversión y se tuvo una ganancia de 1.70 pesos, mientras que, con el sistema de producción de frijol en monocultivo, la relación beneficio/costo fue de 1.99, es decir por cada peso invertido sólo se ganó 0.99 centavos. Esto demuestra que la asociación frijol-limón persa es una alternativa económicamente viable, tecnológicamente apropiada y aceptable como una de las estrategias que puede acelerar y garantizar el desarrollo sostenible de la agricultura (Pérez-García *et al.*, 2004; Vanlalhraia *et al.*, 2013; Dubey *et al.*, 2016) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Análisis de la relación beneficio/costo del frijol establecido en dos sistemas de cultivo en el Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver. Ciclo de otoño-invierno de 2017-18.**

Sistema de cultivo	Rendimiento (kg/ha)	Costo de producción (\$/ha)	Beneficio bruto (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	Relación B/C
Frijol asociado con limón Persa	1,734.70	11,537.90	31,224.60	19,686.70	2.70
Frijol en monocultivo	1,324.07	11,938.90	23,833.26	11,894.36	1.99

‡ Costo de producción mayor en monocultivo, por el precio del fungicida Benomilo (\$151.00) y su aplicación (\$ 250.00).

El valor obtenido en el IET mayor a la unidad, de 1.31, significa que es más ventajosa la siembra de frijol en asociación con limón persa, que la siembra del frijol en monocultivo, el cual necesitaría 31% más superficie, para obtener la misma producción (Vélez *et al.*, 2007; Moreno, 2007; Díaz-López *et al.*, 2012); los policultivos



o asociaciones, generalmente hacen un uso más eficiente del terreno, lo cual coincide con lo que señalan Díaz-López *et al.* (2012), en este sentido. El sistema de siembra frijol asociado con limón persa representa una buena opción para los productores citrícolas del norte de Veracruz (Willey y Rao, 1980; Mead y Willey, 1980; Molina-Anzures *et al.*, 2016); y también puede favorecer la disminución de riesgos en la producción por la diversificación de cultivos, y otras ventajas adicionales (Vanlalhruaia *et al.*, 2013; Piña-González *et al.*, 2014) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Índice de Equivalencia de la Tierra obtenido en dos sistemas de cultivo en el Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver. Ciclo de otoño-invierno de 2017-18.**

Sistema de cultivo	Rendimiento (kg/ha)	RA/RM <sup>†</sup>	IET <sup>††</sup>
Frijol asociado con limón Persa	1,734.70	1734.70/1324.07	1.31
Frijol en monocultivo	1,324.07		

RA/RM<sup>†</sup>= Rendimiento asociado/Rendimiento en monocultivo; IET<sup>††</sup>= Índice de Equivalencia de la Tierra.

## Conclusiones

Con el sistema de producción frijol asociado con limón persa se obtuvo mayor rendimiento y rentabilidad por hectárea, que con el frijol sembrado como monocultivo. La asociación también tuvo una mayor eficiencia en el uso de la tierra.

## Literatura citada

- Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTA). 2018. Estación climatológica. Datos históricos de precipitación (mm), temperatura (°C), y humedad relativa (%), 2017-2018. <http://www.clima.inifap.gob.mx> [consultado el 11 de junio de 2019].
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. *In*: Schoonhoven, A. van y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 56 p.



- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. El moho blanco y su manejo. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico. Schwartz, H. F., y M. Pastor C. Cali, Colombia. 38 p.
- Díaz, L. E., J. M. Campos P., A. Morales R., G. S., A. Castillo V. y H. Gil G. 2012. Uso Equivalente de la Tierra en combinación frijol ejotero-girasol en Toluca, México. *Revista Ciencias Agrícolas* 21 (2):86-96
- Dubey, S., N. Sharma, J. Sharma, A. Sharma and N. Kishore. 2016. Assessing citrus (lemon) based intercropping in the irrigated areas of northern plains of Haryana. *Indian J. Hort.* 73(3): 441-444.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Cultivos asociados. Cartilla Tecnológica No. 10. <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s00.htm> [consultado el 12 de junio de 2019].
- Kohashi, S.J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 44 p.
- Lithourgidis, A., C. Dordas, C. Damalas, D. Vlachostergios. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agricultura. *Australian Journal Crop Science* 5(4):396-410.
- Mead, R. and Willey, R.W. 1980. The concept of Land Equivalent Ratio (LER) and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16:217-228.
- Molina, A. M., J. L. Chavez S., A. Gil M., P. A. López, E. Hernández R. y E. Ortiz T. 2016. Eficiencias productivas de asociaciones de maíz, frijol y calabaza (*Curcubita pepo* L.), intercaladas con árboles frutales. *International Journal of Experimental Botany* 85:36-50.
- Moreno, A. 2007. Productividad de café en sistemas intercalados. p. 255-274. *In*: Arcila, J., F. Farfán, A. Moreno, L. Salazar, E. Hincapié (eds.) *Sistemas de producción de café en Colombia*. CENICAFE. Chinchiná, Col.
- Pérez, G. G., I. Estevao P y C. G. Damba. 2004. Evaluación de asociaciones de cultivo en rotación: frijol-girasol y boniato-maíz. *Ciencias Agropecuarias*, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. *Centro Agrícola*. 31:84-87.





- Piña G. J. L., E. Morales R., A. Domínguez L., J. Ramírez D., G. Estrada C. y O. Franco M. 2014. Razón equivalente de la tierra, rendimiento de grano y extracto etéreo de *Helianthus annuus* L. en monocultivo y asociado con *Pisum sativum* L. en función de urea estabilizada. PHYTON. Revista Internacional de Botánica Experimental. 83:101-108.
- Shirgure, P. 2013. Effect of different intercropping systems on soil moisture conservation, fruit yield and quality of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata*) in central India. Scientific Journal of Agricultural. 1(7): 168-176.
- Vanlalhruaia, H., B. Gopichand and F. Lalnunmawia. 2013. Study on economic feasibility of intercropping of lemon (*Citrus limon* Burm) with vegetables in the hilly terrain of Mizoram. Science Vision 13(1): 40-44.
- Vélez, V. L., J. Clavijo y G. Ligarreto. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.)-frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, Colombia 60(2):3965-3984.
- Willey, R., and R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercropping. Exp. Agric. 16:117-125



## CAMBIOS EN LA SEVERIDAD DE LA INFECCIÓN DE ROYA EN PLANTA INJERTADA DE CAFÉ ARABICA

Edgar Couttolenc Brenis<sup>91</sup>, Martín Mata Rosas<sup>92</sup>, Alfonso Méndez Bravo<sup>93</sup>, Luc Villain<sup>94</sup> y  
Gloria Carrión<sup>92</sup>

### Resumen

El efecto que tienen los portainjertos en los injertos para resistir la infección de patógenos ha demostrado que la severidad de la infección puede disminuir o aumentar dependiendo del portainjerto. En un estudio previo se evaluaron los cambios en la expresión de genes de defensa en plantas injertadas de café para identificar si el uso de portainjertos resistentes tenía efecto sobre la expresión diferencial de estos genes en injertos susceptibles. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los cambios en la severidad de la infección por roya (*Hemileia vastatrix*) en plantas injertadas de café bajo dos condiciones: injerto susceptible en portainjerto resistente e injerto resistente en portainjerto susceptible y como control se utilizaron plantas susceptibles y resistentes a pie franco. Se utilizaron las variedades Garnica y Oro Azteca caracterizadas como susceptible y resistente a la roya, respectivamente. Los parámetros medidos fueron: el índice de incidencia (IR), el área de la hoja dañada, el número de pústulas por hoja y el número de pústulas con esporas. La evaluación del IR se realizó a los 30, 60, 100, 130, 165, 208 y 236 días posteriores a la inoculación (dpi) y la de los otros parámetros pasando los 236 dpi. Los resultados mostraron que el injerto susceptible presentó una severidad menor en relación al tratamiento de pie franco y en el injerto resistente se observó un efecto contrario. Una forma de incrementar la resistencia a este patógeno es usar portainjertos resistentes.

<sup>91</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental Teocelo. \*couttolenc.edgar@inifap.gob.mx

<sup>92</sup> Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

<sup>93</sup> Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Morelia. Morelia, Michoacán, México

<sup>94</sup> La Recherche Agronomique pour le Développement. Montpellier, France



**Palabras clave:** resistencia contra patógenos, efecto del portainjerto, desarrollo de la enfermedad

## Introducción

La injertación ha sido una práctica común en la agricultura como una forma de propagación vegetativa, la cual consiste en colocar un órgano (lleva apical, lateral, tallo) de una planta, injerto, sobre el sistema radicular de otra, porta injerto (Goldschmidt, 2014). Esta práctica se ha utilizado tradicionalmente para inducir resistencia a plagas o enfermedades, cambiar la arquitectura de los árboles, proporcionar tolerancia a condiciones ambientales adversas e incrementar el vigor y el rendimiento (Jensen *et al.*, 2003; Gil-Izquierdo *et al.*, 2004; King *et al.*, 2008; Schwarz *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2011). En años recientes se han empezado a realizar investigaciones centradas en la interacción portainjerto - injerto, con el objetivo de entender los mecanismos que operan a nivel fisiológico, bioquímico y genético y sus efectos en la capacidad de respuesta de las plantas ante estreses bióticos y abióticos.

Con base a estos hallazgos se han propuesto hipótesis sobre el efecto que pudiera tener el portainjerto en el injerto y viceversa, en la expresión de respuesta a stress (Spiegelman *et al.*, 2013; Goldschmidt, 2014). En este sentido se plantearon dos interrogantes en relación al patosistema café-roya: ¿Existe una expresión diferencial de genes relacionados con la resistencia a enfermedades en plantas injertadas y no injertadas? y ¿Cuál es el efecto de la expresión diferencial en la severidad de la infección de roya?

En relación a la primera pregunta, investigaciones previas mostraron que si existe una expresión diferencial entre genes de reconocimiento de patogénesis y los relacionados con la vía del Ácido Salicílico durante las primeras 96 horas posteriores a la exposición al patógeno (Couttolenc-Brenis *et al.*, *sf*). En este trabajo se da seguimiento al desarrollo de la enfermedad desde los 30 hasta los 236 días posteriores a la exposición para evaluar la severidad de la infección en plantas.



## Materiales y métodos

### Material vegetal

Se utilizaron las variedades Garnica, una línea obtenida por el Instituto Mexicano del Café de la cruce de Caturra Amarillo y Mundo Novo (Rivera y Villarreal, 2015), como material susceptible y Oro azteca, una variedad desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a partir de la cruce del híbrido de Timor 832/1 con Caturra como material resistente. Las plantas fueron producidas a partir de semilla en bolsas de polietileno, con sustrato a base de composta de pulpa de café y tierra, en el vivero del Centro Internacional de Capacitación en Cafecultura y Desarrollo Sustentable, A.C. (CICADES).

### Inóculo

El inóculo de Roya (*Hemileia vastatrix*) fue colectado de hojas de plantas infectadas de la variedad Típica en los Municipios de Huatusco, Ixhuatlan del Café y Zentla. Se seleccionó una finca por cada municipio y se muestrearon 10 plantas. Las uredósporas se aislaron con ayuda de un microscopio estereoscopio Leica SE6 y se colocaron en tubos eppendorf. El inóculo se preparó en una solución con agua destilada y esterilizada con una concentración de  $1.5 \times 10^{-5}$  esporas mL y se agregó un agota de Tween 80 al 0.01%.

### Inoculación e incubación

La solución de esporas de *H. vastatrix* se asperjó con un atomizador en el primer y segundo par de hojas maduras por el envés (Silva *et al.*, 2002), el inóculo se distribuyó en toda la superficie inferior de la hoja. Las plantas se colocaron en una cámara de incubación bajo condiciones de 80% de humedad relativa (HR), temperatura promedio de 22°C. Las plantas se mantuvieron inicialmente en condiciones de obscuridad por 72 h para facilitar la germinación de las uredósporas. Posteriormente las plantas fueron colocadas en un invernadero a condiciones de 12 h ( $\pm 1$ h) de luz.





### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar. Los tratamientos fueron: 1) plantas de Garnica sin injertar (G); 2) plantas Oro Azteca sin injertar (OA); 3) plantas injertadas de G/OA; y 4) plantas injertadas de OA/G. Se usaron seis repeticiones de cada tratamiento por bloque, con un total de 24 plantas por tratamiento.

### **Variables evaluadas**

En el seguimiento al desarrollo de la infección en las plantas se evaluaron el número de hojas con lesiones. Las observaciones se hicieron a los 30, 60, 100, 130, 165, 208 y 236 días posteriores a la inoculación (dpi). Con los datos de estas observaciones se calculó el índice de incidencia (IR) propuesto por Alvarado *et al.* (2009), que se obtiene con la expresión:

$$IR = (NHI/NHT) / 100$$

Donde; NHI es el número de hojas infectadas y NHT son el número de hojas totales de la planta.

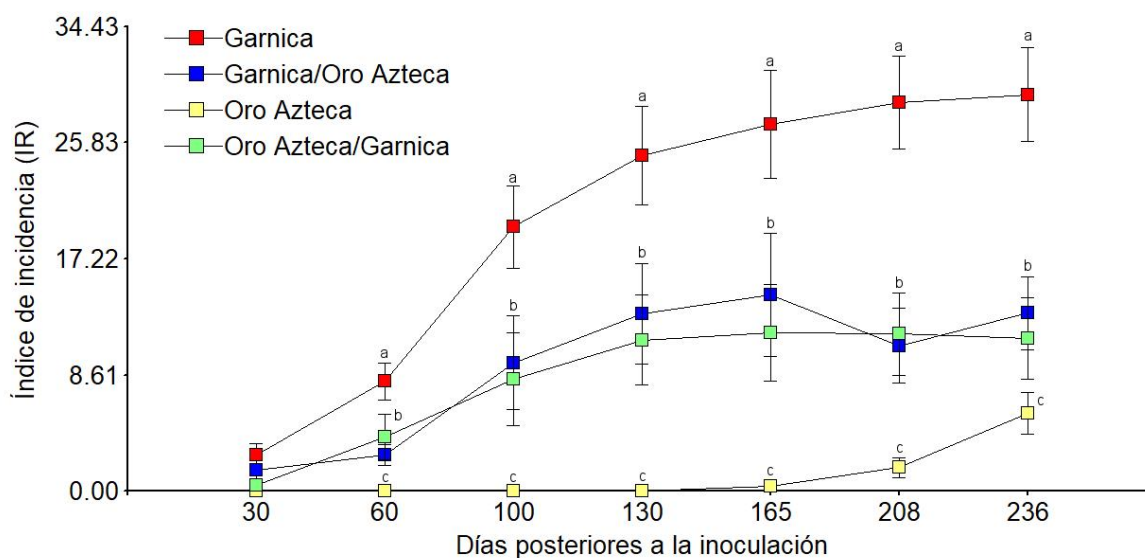
Para evaluar la severidad del ataque, después de los 236 dpi se registraron las variables de número de pústulas por hoja, número de postulas con esporulación por hoja y porcentaje de área con daño por hoja. Esta variable se midió usando la aplicación para Android BioLeaf®; con esto se evaluó el grado de severidad de la infección en todas las condiciones. Los datos obtenidos para estas tres variables se analizaron con un modelo lineal generalizado mixto en el programa estadístico Infostat®, considerando como efecto fijo la condición (G, G/OA, OA, OA/G) y la planta; y como efecto aleatorio las hojas. En el caso del porcentaje del área de la hoja afecta los datos se transformaron con la función arc seno.

### **Resultados y discusión**

Al comparar el Índice de Incidencia (IR) en los cuatro tratamientos para los periodos de muestreo evaluados (30, 60, 100, 130, 165, 208 y 236 dpi) se encontraron



diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en al menos uno de ellos. El índice mostró tres comportamientos en la incidencia de síntomas visibles. En Garnica se observó un mayor IR con respecto a los demás tratamientos desde los 30 dpi, llegando a un valor de 29.40 a los 236 dpi. Los injertos (G/OA y OA/G) no mostraron diferencias significativas entre ellos, obteniendo valores de IR inferiores a los de Garnica, siendo los valores más altos 14.55 y 11.75, respectivamente, a los 165 dpi. Oro Azteca no presentó síntomas hasta los 165 dpi donde registró un índice de 0.38. A partir de este periodo de muestreo se incrementó la presencia de síntomas en las plantas hasta alcanzar un IR de 5.73 a los 236 dpi. Este tratamiento siempre mostró un menor daño en comparación de los injertos y de Garnica (Figura 1).

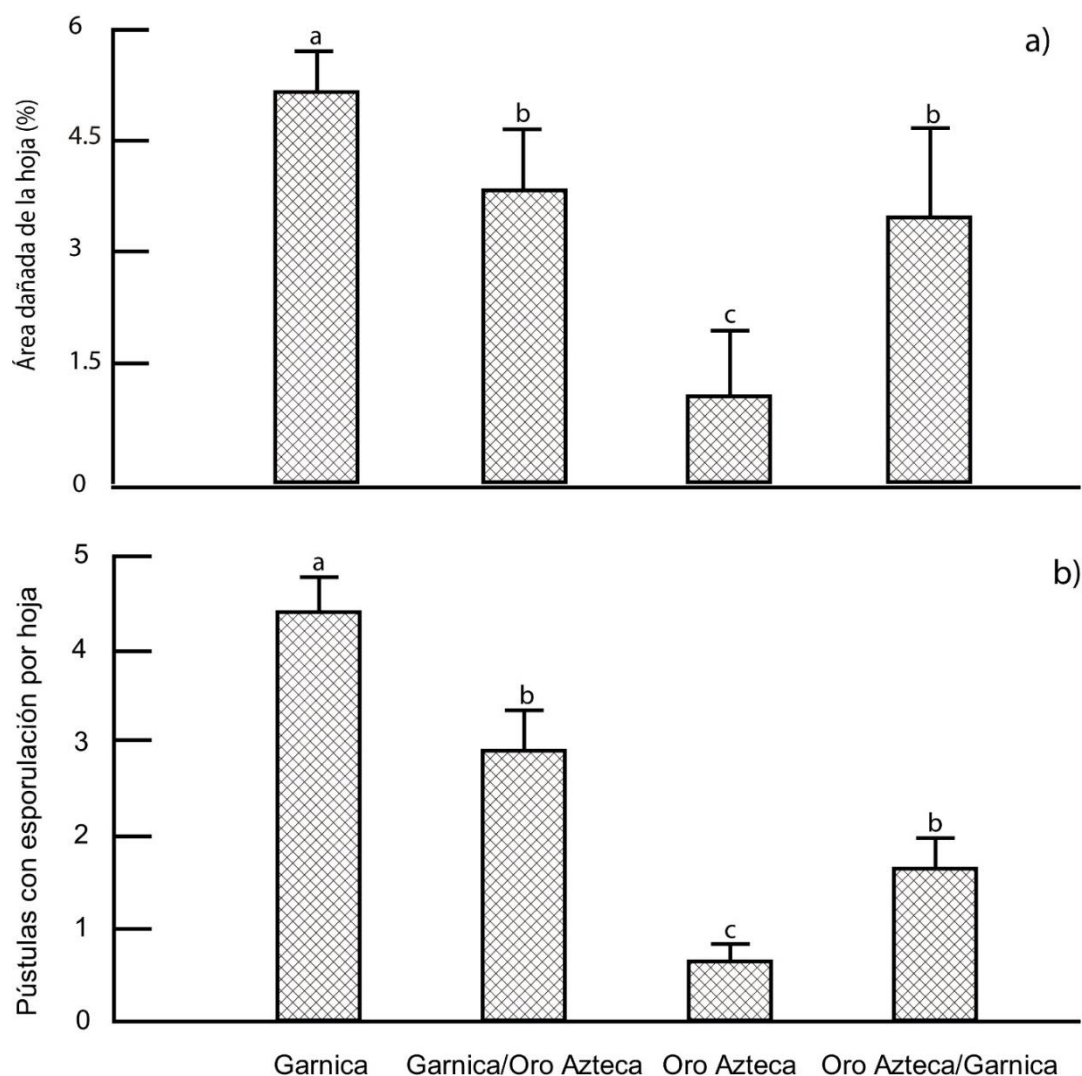


**Figura 1. Índice de incidencia de *H. vastatrix*, calculado como el cociente de hojas infectadas entre el total de hojas de las plantas. Letras distintas muestran diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ).**

Respecto a los parámetros de la severidad de la infección (porcentaje de área de la hoja afectada, número de pústulas por hoja y número de pústulas con esporulación), sólo la primera y la última fueron significativas ( $p < 0.05$ ). En el porcentaje de daño en la hoja, Garnica fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos y presentó la mayor área afectada. Los injertos (G/OA y OA/G) mostraron un comportamiento similar. Oro Azteca fue diferente de las demás



condiciones y mostró la menor área foliar afectada. En relación al número de pústulas con esporulación la comparación mostró la misma tendencia de agrupación donde Garnica fue la que presentó el mayor número de pústulas con esporulación por hoja y Oro Azteca la menor (Figura 2).



**Figura 2. a) Promedio del porcentaje del área foliar dañada por *H. vastatrix*. El promedio está estimado por cada hoja dañada que se revisó. b) Promedio de pústulas con esporulación en las hojas dañadas. Letras distintas indican diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ).**

Para otros cultivos se ha demostrado que el portainjerto tiene un efecto sobre la resistencia a enfermedades foliares. Por ejemplo, Jensen *et al.* (2003) encontraron en el cultivo de Manzana (*Malus pumila*) que el uso del portainjerto M.7 inducía una



mayor resistencia a la mancha del fuego (*Erwinia amylovora*). Este comportamiento es similar al aquí observado durante el monitoreo del desarrollo de la infección de Roya (*H. vastatrix*) en las plantas de café. El injerto de la variedad Oro Azteca disminuyó su resistencia al ser injertado sobre Garnica con respecto a Oro Azteca pie franco. De igual manera, Garnica al ser injertado en Oro Azteca mostró un incremento de su resistencia en comparación del tratamiento a pie franco. Gu *et al.* (2006), encontró evidencia similar del efecto del portainjerto en la resistencia al moho suave de la hoja (*Pseudoperonospora cubensis*) en Pepino (*Cucumis sativus*) injertado en portainjertos de Chilacayote (*Cucurbita ficifolia*). Sin embargo, aún no se han dilucidado los mecanismos que actúan en la transmisión de la resistencia del portainjerto al injerto. Así mismo, es necesario evaluar el comportamiento de las plantas en condiciones de campo, con la finalidad de establecer el efecto ambiental sobre el comportamiento de los tratamientos evaluados.

## Conclusiones

1. El uso de portainjertos induce cambios en los mecanismos de defensa de las plantas de *Coffea arabica* contra el ataque de la Roya
2. Se amplía el conocimiento con respecto a los efectos que tiene la injertación en *Coffea arabica*.

## Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el proyecto CB-2014, 242999 y fondos institucionales del Instituto de Ecología A.C. Además de la beca 311030 para realizar los estudios doctorales otorgada por CONACYT a favor del primer autor.





## Literatura citada

- Alvarado, G., Combes M. C., Romero G. and Lashermes P. 2009. Genetic analysis of partial resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) introgressed into the cultivated *Coffea arabica* L. from the diploid *C. canephora* species. *Euphytica* 167(1):57-67.
- Couttolenc-Brenis E., Mendez-Bravo A., Mata-Rosas M., Carrion G. y L. Villain. Sin fecha (sf). Expresión diferencial de genes de resistencia a *Hemileia vastatrix* en plantas injertadas de *Coffea arabica*. En revisión.
- Gil-Izquierdo, A., Riquelme M. T., Porras I. and Ferreres F. 2004. Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(2): 324-331.
- Goldschmidt, E. E. 2014. Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. *Frontiers in Plant Science* 5:727.
- Gu, J. T., Fan S. X. and Zhang X. C. 2006. Effects of rootstocks on the development, disease resistance and quality of *Cucumis sativus* L. *Acta Hort.* 771: 161-166.
- Huang, Y., Si Y. and Dane F. 2011. Impact of grafting on cold responsive gene expression in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Euphytica* 177(1): 25-32.
- Jensen, P., Rytter J., Detwiler E., Travis J. and McNellis T. 2003. Rootstock effects on gene expression patterns in apple tree scions. *Plant Molecular Biology* 53(4): 493-511.
- King, S. R., Davis A. R., Liu W. and Levi A. 2008. Grafting for disease resistance. *HortScience* 43(6): 1673-1676.
- Rivera, F. A. y R. Villareal C. 2015. La variedad Garnica de *Coffea arabica* L. *El Agro Veracruzano* Vol II: 46-57. Disponible en: [http://187.217.117.3/web/new\\_web/biblioteca/el-agro/El-Agro-Veracruzano-2015Vol\\_II/files/assets/basic-html/page6.html](http://187.217.117.3/web/new_web/biblioteca/el-agro/El-Agro-Veracruzano-2015Vol_II/files/assets/basic-html/page6.html)
- Schwarz, D., Roupheal Y., Colla G. and Venema J. H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae* 127(2): 162-171.



- Silva, M. C., Nicole M., Guerra-Guimarães L., and Rodrigues C. J. 2002. Hypersensitive cell death and post-haustorial defense responses arrest the orange rust (*Hemileia vastatrix*) growth in resistant coffee leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 60(4): 169-183.
- Spiegelman, Z., Golan G. and S. Wolf. 2013. Don't kill the messenger: long-distance trafficking of mRNA molecules. *Plant science* 213: 1-8.



## AVANCE GENETICO DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO GENERADAS PARA EL BAJÍO

María Rebeca Rendón Reyes<sup>95\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>95</sup>, Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>95</sup>,  
Brenda Karina Mendoza Gamez<sup>95</sup>, Aquilino Ramírez Ramírez<sup>95</sup> y Lourdes Ledesma  
Ramírez<sup>96</sup>

### Resumen

Los programas de mejoramiento trabajan en la búsqueda continua de combinaciones de genes que incrementen el rendimiento potencial de los cultivos para abastecer la demanda de alimentos de la población en crecimiento. El objetivo del estudio fue caracterizar fenotípicamente 20 poblaciones de líneas de trigo harinero, obtenidas a partir de genotipos con alto rendimiento potencial y determinar avance genético en el rendimiento. Se evaluó, en el ciclo O-I 2017/2018, los caracteres agronómicos de 20 familias derivadas de cruza biparentales de trigo con el objetivo de determinar su avance en rendimiento en relación a sus progenitores. Se evaluaron 10 líneas por cada una de las 20 familias obtenidas por el programa de mejoramiento genético de trigo del Campo Experimental Bajío, el experimento se sembró el 18 de diciembre de 2017. Con los datos agronómicos se realizó un análisis de componentes principales y análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias para cada uno de los caracteres evaluados. Los resultados indicaron que ocho familias superaron el rendimiento promedio de los progenitores que les dieron origen con rangos de 1 a 10%. En ninguno de los casos el promedio de las familias superó estadísticamente el rendimiento promedio de sus progenitores. Al considerar solo la línea más destacada dentro de cada familia se encontró que 15 cruza superaron el rendimiento promedio de los progenitores con avances genéticos de 2 al 34%. Los mayores avances genéticos se dieron entre

<sup>95</sup>Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222. \* rebeca.rendon@hotmail.com

<sup>96</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903.



progenitores de bajo rendimiento. Los progenitores más destacados solo generaron un avance de 2% total y 0.3% anual, aunque produjeron varias líneas con rendimientos similares o ligeramente superiores a su promedio. Seleccionando los progenitores de mayor rendimiento es posible seguir incrementando el rendimiento potencial a una tasa mínima de 1% anual. La segregación de estas líneas indica que en el germoplasma estudiado todavía existe varianza genética aditiva para rendimiento.

**Palabras clave:** mejoramiento genético, avance genético, segregación transgresiva

## Introducción

La producción mundial de trigo ha tenido un incremento positivo desde la campaña 2014-15 donde se produjeron 732.2 millones de toneladas (Mt), en la temporada 2015-16 alcanzó los 734.2 Mt, en la 2016-17 tuvo un aumento muy importante llegando a 757.2 Mt. Sin embargo, en la campaña 2017-18 se redujo a 756.8 Mt y se pronostica que la producción en la temporada 2018-19 será de solo 754.1 Mt (FAO, 2018). La ONU pronostica que la población mundial alcanzará los 9,400 millones en 2050. Por lo tanto, el mundo debe desarrollar la capacidad de alimentar a 10 mil millones de personas en los próximos 40-50 años. La mayor parte de esta capacidad deberá ser el resultado de mayores rendimientos en las tierras de cultivo existentes (Foulkes et al., 2007). Los constantes aumentos en la productividad desde la Revolución Verde están asociados con mejoras genéticas en el rendimiento potencial, resistencia a enfermedades y adaptación a estreses abióticos y a una mejora en las prácticas agronómicas (Reynolds y Borlaug, 2006). En el caso particular de México, de acuerdo con la última evaluación realizada por el Centro de Investigación en Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), se estima un consumo per cápita de 54 kg/año, considerando que el 78% de la producción se destina para el consumo humano y el resto se emplea principalmente como alimento para el ganado, por lo que esto representa que el nivel de consumo per cápita para nuestro país se encuentre por





la mitad del promedio mundial (Fundación Guanajuato Produce, 2018). El objetivo de este proyecto fue caracterizar fenotípicamente 20 poblaciones de líneas de trigo harinero, obtenidas a partir de genotipos con alto rendimiento potencial y determinar avance genético en el rendimiento.

## **Materiales y métodos**

La evaluación se realizó en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, ubicado a 20° 32' LN, 100° 48' LO y 1,752 m de altitud, con precipitación y temperatura media anual de 578 mm y 19.8 °C, respectivamente. El experimento se sembró el 18 de diciembre de 2017.

## **Desarrollo de poblaciones**

El material biológico consistió de 200 líneas avanzadas F7 de trigo adaptadas a la región del Bajío, provenientes del Programa de Mejoramiento de Trigo del Campo Experimental Bajío del INIFAP (Cuadro 1). Estas líneas fueron obtenidas de 20 cruza biparentales (10 por cruza) de diversos progenitores contrastantes en características asociadas al rendimiento. Las cruza se realizaron durante los ciclos O-I 2012/13 y 2013/14. En los ciclos (PV) 2013, 2014, 2015 y 2016 se sembraron en Texcoco edo. De México las generaciones F1, F3 y F5 en parcelas de dos hilos de 1 m de largo (F1) y de 2 hilos de 11 m de largo (F3 y F5). Las generaciones F2, F4 y F6 se sembraron en Celaya, Gto, durante los ciclos otoño invierno O-I 2013/14, 2014/15 y 2015/16 en parcelas de 11 m de largo (F2 y F4) y 1 m de largo (F6). En la F1 no se practicó selección. En las generaciones F2 a F4 se hizo selección masal, cosechando 100 espigas de cada población y formando un compuesto balanceado con la semilla cosechada. En la generación F5 se seleccionaron 10 espigas de la población y se sembró espiga por surco en la generación F6. La F6 se cosechó masivamente y las líneas F7 se evaluaron para rendimiento durante el ciclo O-I 2017 /2018.



**Cuadro 1. Cruzas biparentales incluidas en el estudio.**

Familias	Cruza
1	ABETO//COLIBRI/GAL
2	JADEITA/ABETO
3	JADEITA/3/COLIBRI/GAL
4	JADEITA/ACACIA
5	JADEITA/4/SOKOLL//PBW343*2/KUKUNA/3/ATTILA/P ASTOR
6	CONDOR/LIZ//ORO/COLIBRI
7	CORTAZAR S94/3/COLIBRI/GAL
8	CORTAZAR S94//FRAILECILLO/BIMBO40
9	URBINA//COLIBRI/KRONSTADF2003
10	URBINA//COLIBRI/GAL
11	COLIBRI//COLIBRI/TRAGOPAN
12	COLIBRI/DON CARLOS
13	COLIBRI//PLATA/PIROLUSITA
14	ICA 30.05/MONARCAF2007//PLATA/PIROLUSITA
15	COLIBRI/ACACIA
16	COLIBRI/TRAGOPAN/3/COLIBRI//FINSI
17	CONDOR/LIZ//MALAQUITA/DOLOMITA
18	COLIBRI/MONARCAF2007//ACACIA
19	HALITA/COLIBRI//THELIN/2*WBLL1
20	JADEITA/QUAIU

### Evaluación fenotípica

Las 200 líneas se sembraron en el ciclo O-I 2017/18 en un diseño alfa látice con dos réplicas en parcelas de dos surcos de 2 m de largo con separación de 0.75 cm. La parcela experimental y útil fue de 3 m<sup>2</sup>. Se aplicaron 10 riegos con intervalos de 12 días con el sistema de riego por microaspersión con una lámina aproximada de cuatro cm cada uno. Se fertilizó con la fórmula 240-60-00 recomendada por el INIFAP a los 48 días del riego de siembra. Se realizó el control químico de malezas. Las variables fenotípicas de estudio fueron: 1. Altura de planta (AP), 2. Días a espigamiento (DE), 3. Días a madurez (DM); 4. Rendimiento de grano (Ren), 5. Índice de cosecha (IC), 6. Biomasa (BIO), 7. Espigas por metro cuadrado (EPM2), 8. Granos por metro cuadrado (GPM2) y 9. Espiguillas por espiga (EE). Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa R studio versión 3.3.1, un análisis de conglomerados, análisis de varianza, contrastes ortogonales y pruebas de comparaciones de medias utilizando el programa SAS versión 9.3



## Resultados y discusión

### Análisis de la variabilidad de las poblaciones

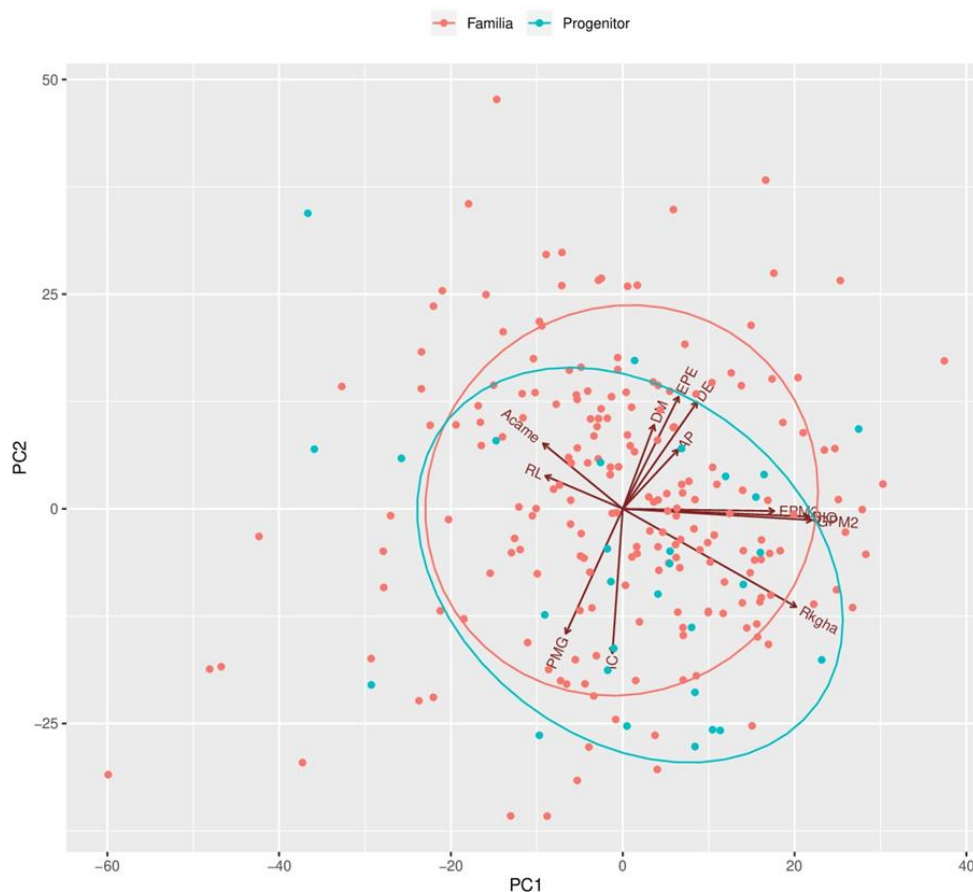
Los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que los primeros dos componentes principales representan el 69.8% de la variación total (PC1 53.94 % y PC2 15.86 %). Los resultados de los vectores propios muestran que el primer componente principal (PC1) presenta asociación negativa con las variables originales Ren, BIO y EPM2. La segunda componente (CP2) mostró asociación positiva con la variable roya lineal y negativa con el acame (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de genotipos de trigo evaluados en el ciclo OI 2017-2018.**

Caracter	CP1	CP2
RL	0.21	0.71
Ren	-0.49	0.04
BIO	-0.49	0.09
GPM2	-0.48	-0.07
EPM2	-0.41	-0.10
ACAME	0.24	-0.68

CP = componente principal; RL: roya lineal, BIO: biomasa, GPM2: número de granos por metro cuadrado, EPM2: número de espigas por metro cuadrado.

Se observó que las familias generaron mayor variabilidad en el plano del CP2 esto es porque se obtuvieron un alto número de líneas con mayor susceptibilidad a la roya lineal amarilla y mayor tolerancia al acame que la que tienen los progenitores. En el plano del CP1 se observó que cuatro líneas obtuvieron mayor rendimiento, biomasa y espigas por metro cuadrado que el mejor de los progenitores. Así mismo, al menos dos líneas tuvieron menor rendimiento, biomasa y espigas por metro cuadrado que el progenitor de más baja productividad (Figura 1).



**Figura 1. Biplot de las características agronómicas de 230 genotipos de trigo evaluados en el ciclo O-I 2017/18 en Celaya, Gto.**

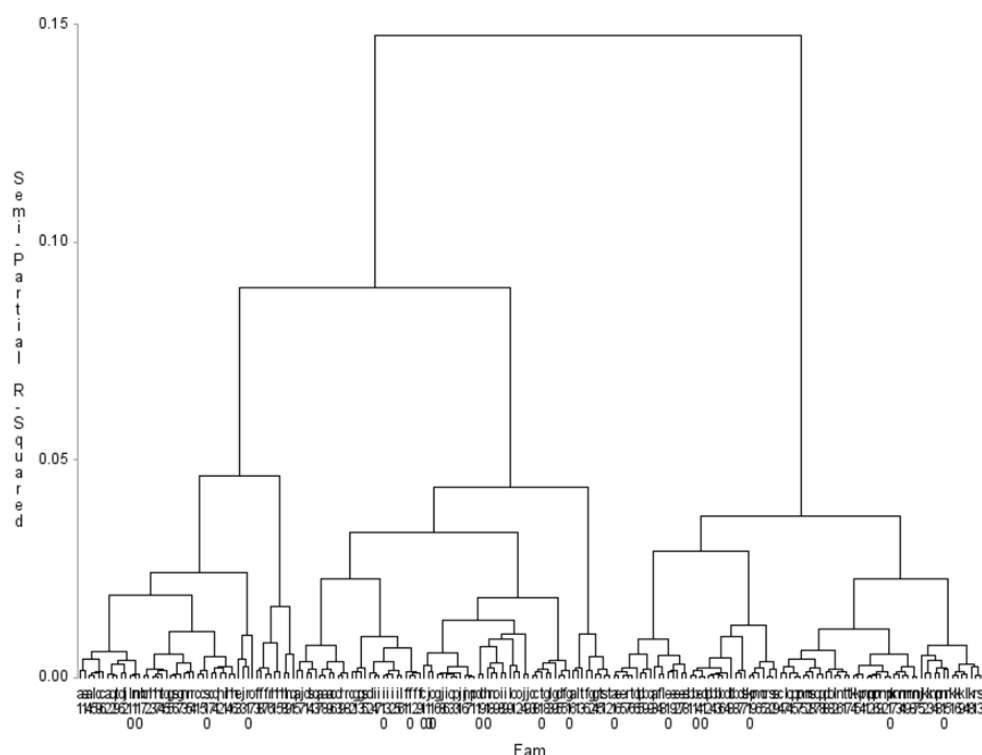
### **Análisis de conglomerados**

En la Figura 2 y en el Cuadro 3, se presentan los clusters que se formaron con el análisis de conglomerados. De los siete grupos formados con distancias aproximadas entre líneas de 0.035 de R cuadrada semiparcial de acuerdo al método de Ward, el más numeroso fue el uno con 45 observaciones, mientras que los más pequeños fueron los clusters 6 y 7 con solo 9 individuos cada uno. El cluster número uno agrupó nueve líneas de la cruz a, siete de la cruz b, siete del grupo n y siete de la cruz p, además de 15 líneas de otros grupos. Los resultados de estos agrupamientos indican que la variabilidad fenotípica dentro de los grupos k, m, n, p es pequeña y que las características fenotípicas de estos grupos son muy similares. El cluster dos se conformó con seis líneas de la cruz j, cinco de la cruz o, tres de la cruz c, tres de la cruz d, cuatro de la cruz g, tres de la cruz i, además de nueve





líneas de otras cruzas. Las cruzas j y o, registraron menor variabilidad dentro de sus familias y sus características fenotípicas fueron similares algunos elementos de las cruzas c, d, g, i. El cluster 3 agrupó 37 líneas entre ellas nueve de la cruz a, ocho del grupo e y 20 líneas de otras cruzas.



**Figura 2. Análisis de conglomerados de 200 genotipos de trigo harinero derivados de 20 cruzas simples.**

Estos resultados indican que las familias b y e tienen poca variabilidad fenotípica dentro de las familias y son muy similares entre ellas, así como, a las otras líneas que se agruparon en este cluster. El cluster 4 agrupó 39 genotipos entre ellos cinco líneas de la familia c, cinco del grupo h, cuatro del grupo r, y 25 líneas de origen diverso. El cluster 5 se conformó con 28 genotipos de los cuales cuatro son de la cruz a, cuatro de la cruz f, cinco elementos de la cruz i y 15 genotipos de cruces diversas.



**Cuadro 3. Clusters formados de acuerdo a las características fenotípicas de 200 genotipos de trigo harinero derivados de 20 familias de trigo harinero.**

No.	Clus	Fam	Clus	Fam	Clus	Fam	Clus	Fam	Clus	Fam	Clus	Fam	Clus	Fam
1	1	c4	2	c10	3	a10	4	a1	5	a5	6	a6	7	f3
2	1	d8	2	c3	3	a3	4	a2	5	a7	6	f6	7	f7
3	1	j5	2	c8	3	b1	4	a4	5	a8	6	g2	7	f8
4	1	k1	2	d10	3	b10	4	b7	5	a9	6	g4	7	h1
5	1	k2	2	d5	3	b2	4	c1	5	c2	6	l1	7	h5
6	1	k3	2	d9	3	b3	4	c5	5	d1	6	s1	7	h8
7	1	k4	2	f5	3	b4	4	c6	5	d2	6	t2	7	h9
8	1	k5	2	g10	3	b5	4	c7	5	d3	6	t3	7	q1
9	1	k6	2	g6	3	b6	4	c9	5	f1	6	t5	7	r6
10	1	k7	2	g8	3	b8	4	d6	5	f10				
11	1	k8	2	g9	3	b9	4	e1	5	f2				
12	1	k9	2	h10	3	d4	4	e3	5	f9				
13	1	l2	2	i6	3	d7	4	g5	5	g1				
14	1	l4	2	i8	3	e10	4	g7	5	g3				
15	1	l7	2	i9	3	e2	4	h2	5	i10				
16	1	m1	2	j1	3	e4	4	h3	5	i2				
17	1	m2	2	j10	3	e5	4	h4	5	i3				
18	1	m3	2	j4	3	e6	4	h6	5	i4				
19	1	m4	2	j6	3	e7	4	h7	5	i5				
20	1	m5	2	j8	3	e8	4	i1	5	i7				
21	1	m8	2	j9	3	e9	4	j2	5	j7				
22	1	m9	2	l3	3	f4	4	j3	5	l6				
23	1	n10	2	l9	3	k10	4	l10	5	o6				
24	1	n2	2	m7	3	l8	4	l5	5	q3				
25	1	n4	2	n8	3	m6	4	m10	5	r8				
26	1	n5	2	o1	3	o5	4	n1	5	r9				
27	1	n6	2	o10	3	p9	4	n3	5	s4				
28	1	n7	2	o2	3	q10	4	o7	5	s5				
29	1	n9	2	o3	3	q6	4	q2						
30	1	o4	2	o9	3	q9	4	q4						
31	1	o8	2	p1	3	r3	4	q5						
32	1	p10	2	p3	3	r7	4	r10						
33	1	p2	2	t10	3	s2	4	r2						
34	1	p4			3	s7	4	r4						
35	1	p5			3	s9	4	r5						
36	1	p6			3	t6	4	s10						
37	1	p7			3	t8	4	s6						
38	1	p8					4	t4						
39	1	q7					4	t9						
40	1	q8												
41	1	r1												
42	1	s3												
43	1	s8												
44	1	t1												
45	1	t7												

Clus = cluster o grupo; Fam = familia.



El cluster 6 agrupó nueve líneas, entre ellas la más común fue la t con tres elementos. El cluster 7 también agrupó nueve líneas con cuatro elementos de la cruza h y tres de la familia f, además de una línea de la cruza q y otro de la r. En general la familia que registró menor variabilidad fenotípica fue la k ya que nueve de las 10 líneas se agruparon en el cluster 1. El mismo caso lo registró la familia b que agrupó nueve de sus 10 líneas en el cluster 3. La otra familia que destacó en uniformidad entre las líneas fue la e que agrupó ocho de sus líneas en el cluster 3. Entre las familias que registraron mayor variabilidad destacó la l ya que sus líneas se ubicaron en los clusters 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Las características de los siete grupos formados por el análisis de conglomerados se presentan en el Cuadro 4. Los grupos que obtuvieron mayor rendimiento fueron el uno y el tres. Estos grupos también obtuvieron, mayor producción de biomasa, granos por metro cuadrado y espigas por metro cuadrado. El grupo tres además obtuvo el segundo mayor peso de mil granos. El de menor rendimiento fue el grupo siete que también registró el menor ciclo a espigamiento, menor altura de planta, menor número de granos por metro cuadrado, menor número de espiguillas por espiga y biomasa, pero también el mayor peso individual del grano. El grupo seis obtuvo el mayor porcentaje de severidad de roya lineal amarilla; sin embargo, su rendimiento fue mayor que el del grupo siete que registró menor porcentaje de roya lineal amarilla.

**Cuadro 4. Características de los grupos formados del análisis de conglomerados de 200 genotipos derivados de 20 cruza de trigo harinero.**

Cluster	DE	DM	AP	RL	Ren	PMG	IC	BIO	GPM2	EPM2	EPE	Acame
1	85	129	104	3	6469	38	0.43	15.2	17049	329	21	24
2	86	131	105	3	5264	36	0.39	13.5	14653	302	22	38
3	85	130	110	2	6359	42	0.40	15.9	15318	316	21	11
4	82	127	105	5	5707	41	0.42	13.7	13870	301	20	22
5	85	131	107	4	5582	41	0.42	13.1	13685	268	21	53
6	87	131	110	15	5807	40	0.40	14.6	14599	288	21	11
7	80	128	98	7	4590	45	0.43	10.8	10365	242	19	46

DE = días a espigamiento; DM = días a madurez; AP = altura de planta; RL = roya lineal amarilla; Ren = rendimiento (kg/ha); PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa (t/ha); GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado; EPE = espiguillas por espiga.



En el Cuadro 5 se presenta el análisis de varianza para AP, DE, DM, RL, BIO e IC de las 20 familias y 30 progenitores de trigo harinero evaluados en el ciclo O-I 2017/18. Para tratamientos y líneas se detectaron diferencias altamente significativas en DE, DM, RL e IC. Entre familias se detectaron diferencias altamente significativas en AP, DE, DM, RL, BIO, e IC. Para líneas dentro de familias se detectaron diferencias altamente significativas en DE, DM, RL e IC. Entre progenitores se detectaron diferencias altamente significativas en RL y significativas entre DE y DM. En el contraste que compara el promedio de las familias contra el promedio de los progenitores se detectaron diferencias altamente significativas en IC y significativas en BIO.

**Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza de altura de planta, días a espigamiento, días a madurez, porcentaje de roya lineal, biomasa aérea e índice de cosecha de 20 familias y 30 progenitores de trigo harinero evaluados en el ciclo O-I 2017/18.**

Fuente de variación	GL	AP	DE	DM	RL	Bio	IC
Rep	1	1461.7	21.7	52.9	4.0	0.37	0.006
Bloques (Rep)	90	61.7	3.3	10.8	23.4	0.44	0.001
Tratamientos (T)	229	51.7 ns	7.4**	9.4**	30.7**	0.25 ns	0.002**
Líneas (L)	199	52.1 ns	6.9**	9.5**	18.2**	0.26 ns	0.001**
Familias (F)	19	199.0**	34.5**	27.8**	55.5**	1.1**	0.007**
Líneas/Familias	180	57.5 ns	7.9**	11.5**	27.1**	0.3 ns	0.001**
Progenitores (P)	29	31.9 ns	6.4*	8.3*	24.8**	0.29 ns	0.001 ns
Familias vs Progenitores	1	0.29 ns	0.78 ns	20.8 ns	87.6 ns	1.9*	0.01**
Error	139	44.3	1.6	4.7	11.0	0.28	0.0008
Total	459						
Coeficientes de variación		6.3	1.5	1.7	80.8	11.9	6.87

AP = altura de planta, DE = días a espigamiento, DM = días a madurez, RL = roya lineal amarilla, BIO = biomasa (t/ha), IC = índice de cosecha;

En rendimiento y sus componentes el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para tratamientos en Ren, PMG, GPM2 y EE (Cuadro 6). Entre líneas se detectó diferencias altamente significativas en todas las variables excepto en EPM2. Entre familias se detectó diferencias altamente significativas en todas las variables. En líneas dentro de familias se detectó diferencias altamente significativas en Ren y en EE y significativas en PMG y GPM2. Entre progenitores se





detectó diferencias altamente significativas en Ren y significativas en GPM2. En el contraste que compara el promedio de las familias contra el promedio de los progenitores se detectaron diferencias altamente significativas en Ren y PMG y significativas en EE.

**Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de rendimiento, peso de mil granos, granos por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado y espiguillas por espiga de 20 familias y 30 progenitores de trigo harinero evaluados en el ciclo O-I 2017/18.**

Fuente de variación	GL	Ren	PMG	GPM2	EPM2	EE
Rep	1	915767	147.5	7052280	7099	5.1
Bloques (Rep)	90	643180	14.6	4090489	4677	3.1
Tratamientos (T)	229	674065**	14.4**	4870282**	2733 ns	3.6**
Líneas (L)	199	626456**	14.3**	4693881**	2795 ns	3.5**
Familias (F)	19	4482966**	151.8**	54113059**	10931**	16.5**
Líneas/Familias	180	673160**	12.5*	4182630*	2859 ns	3.5**
Progenitores (P)	29	752868**	11.5 ns	4942888*	2381 ns	2.3 ns
Familias vs Progenitores	1	5131162**	125.4**	1007370 ns	1599.3 ns	14.7*
Error	139	283658	6.5	2262375	2447	1.5
Total	459					
Coeficientes de variación		9.0	6.4	10.1	16.3	5.9

Ren= rendimiento kg por ha, PMG = peso de mil granos, GPM2 = granos por metro cuadrado, EPM2 = espigas por metro cuadrado, EE = espiguillas por espiga.

### **Análisis de comparación de medias entre familias**

Las comparaciones de medias entre familias mostraron que las familias de mayor y menor altura fueron la 8 y 19 con diferencia de 12 cm (Cuadro 7). En días a espigamiento la familia (8) obtuvo el menor ciclo y la (20) el mayor con diferencia de seis días. En días a madurez las familias que registraron el menor ciclo fueron la (14) y la (8) con 127 días, las más tardías (7), (3) y (6) registraron cuatro días más para alcanzar la madurez fisiológica. La presencia de roya lineal amarilla fue mínima, registrándose valores de 2 a 7% de severidad, la familia (17) fue la más resistente y la (20) la más susceptible. Para rendimiento de grano se registró una diferencia de 1,528 kg/ha entre las familias que obtuvieron el mayor valor (19) y el menor (8).



**Cuadro 7. Comparaciones de medias entre familias derivadas de cruzas biparentales, evaluadas en el ciclo OI 2017-18 en el CEBAJ.**

Familia	AP	DE	DM	RL	Ren	PMG	IC	BIO	GPM2	EPM2	EE
1	105	86	130	6	5830	40.2	0.41	14.3	14545	312	19
2	107	84	129	3	6368	43.7	0.41	15.8	14621	296	22
3	105	83	131	6	5647	38.1	0.43	13.3	14869	296	21
4	109	85	130	3	5600	40.7	0.40	14.1	13743	275	22
5	109	86	130	3	5803	41.0	0.36	16.1	14218	328	20
6	107	84	131	4	5135	41.5	0.41	12.6	12495	281	21
7	104	84	131	7	5494	38.0	0.41	13.3	14501	290	21
8	98	80	127	6	5038	43.1	0.44	11.4	11728	264	19
9	104	85	130	4	5233	40.6	0.40	13.1	12930	270	22
10	105	85	130	2	5549	36.5	0.39	14.2	15277	326	21
11	108	84	129	3	6564	35.8	0.42	15.9	18455	358	22
12	107	86	129	5	5765	37.0	0.41	14.2	15688	314	21
13	103	85	128	3	6283	38.3	0.42	14.9	16494	324	21
14	103	84	127	3	6490	38.0	0.43	15.0	17078	326	21
15	110	85	130	2	5627	36.0	0.41	13.7	15715	293	23
16	105	85	129	3	6382	36.8	0.44	14.5	17431	314	22
17	103	84	129	2	6078	44.5	0.42	14.5	13756	302	20
18	109	84	129	5	6153	42.2	0.41	15.0	14698	316	20
19	110	84	129	5	6566	42.9	0.44	14.8	15306	310	20
20	110	86	130	7	6033	41.9	0.41	14.9	14408	281	21
Medias	106	84	129	4	5882	39.8	0.41	14.3	14898	304	21
DSH	8.2	2.5	3.5	5.1	827	3.7	0.04	0.7	2101	63.4	1.8

AP= altura de planta, DE = días a espigamiento, DM= días a madurez, RL= roya lineal amarilla, Ren= rendimiento (kg/ha), PMG= peso de mil granos, IC= índice de cosecha, BIO= biomasa (t/ha), GPM2= granos por metro cuadrado, EPM2= espigas por metro cuadrado, EE= espiguillas por espiga.

Existió una gran diferencia (9 g) entre familias con la variable PMG, los granos más pesado los obtuvo la familia (17) con 44.5 g y la de menor peso fue la (11) con 35.8 g. La familia (5) promedió un índice de cosecha bajo (0.36), aunque su altura de planta fue de las mayores (109 cm), otras familias como la (19) obtuvo una altura de planta mayor y el más alto índice de cosecha 0.44, lo que indica que no necesariamente una mayor altura de planta está asociada con un alto índice de cosecha. En biomasa se registró una diferencia de 5 t/ha entre las familias de menor (8) y mayor (5) producción, respectivamente. Granos por metro cuadrado es uno de los componentes de rendimiento más importantes, así las líneas, o familias de bajo rendimiento registran una baja producción de granos por metro cuadrado (familia



8) y los de alto rendimiento normalmente registran una alta producción de granos por metro cuadrado (familia 11). Los resultados observados en espigas por metro cuadrado fueron similares al observado en granos por metro cuadrado siendo la familia (8) la de menor producción y la (11) la de mayor producción de espigas por metro cuadrado. Se registró una diferencia de tres espiguillas por espiga entre la familia de mayor producción (15) y la de menor producción (1).

### Avances genéticos por familia

Solo ocho familias superaron el promedio de los progenitores que les dieron origen con rango de 1 a 10%, el resto fue inferior al rendimiento medio de los progenitores con rangos de -1 a -19% (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Avance genético promedio en rendimiento de 20 familias de trigo harinero evaluadas en el ciclo O-I 2017/18.**

Familia	RFam	RProg	DT	CM	AG
1	5830	6717	-886	2619279 *	-13
2	6368	6100	268	240208	4
3	5647	6266	-618	1273996	-10
4	5600	5649	-49	4346	-1
5	5803	5649	154	42996	3
6	5135	4670	465	719717	10
7	5494	6554	-1060	3745333 **	-16
8	5038	6227	-1189	2569921 *	-19
9	5233	6293	-1060	3745333 **	-17
10	5549	6292	-744	1842916	-12
11	6564	6488	76	19366	1
12	5765	6307	-542	977608	-9
13	6283	6247	36	4320	1
14	6490	5964	525	919139	9
15	5627	6620	-993	1792415	-15
16	6382	6686	-304	308053	-5
17	6078	5912	166	91608	3
18	6153	6620	-467	395960	-7
19	6566	7052	-486	788761	-7
20	6033	5969	64	13653	1

Rfam = rendimiento promedio de la familia; Rprog = rendimiento promedio por familia; DT = diferencia de rendimiento entre la mejor línea de cada familia y el promedio de los progenitores que le dieron origen; CM = cuadrados medios; AG = avance genético total.



De las familias que obtuvieron el mayor rendimiento de grano la 11 y la 14 superaron el rendimiento medio de los progenitores con 1 y 9%, respectivamente. La familia más rendidora en cambio no superó el rendimiento promedio de los progenitores que le dieron origen y rindió 7% menos que sus progenitores.

### **Avances genéticos de la mejor línea por familia**

Al considerar solo la mejor línea por familia se observó que en 15 familias al menos una línea superó el rendimiento promedio de los progenitores (Cuadro 9). En cinco familias (1, 3, 7, 9 y 15) no se obtuvieron líneas que superaran el rendimiento promedio de sus progenitores. Los avances genéticos de las cruzas que generaron segregación transgresiva estuvieron entre 2 y 34%. La craza más destacada fue la 13 que no solo superó el rendimiento medio de los progenitores que le dieron origen, sino que también superó el rendimiento medio de los mejores progenitores incluidos en el estudio. Los mayores avances genéticos (6.7% por año con la craza 6), se dieron entre progenitores de bajo rendimiento. Los progenitores más destacados (los que intervinieron en la craza 19) solo generaron un avance de 2% total y 0.3% anual, aunque produjeron varias líneas con rendimientos similares o ligeramente superiores a su promedio.

La mayoría de las cruzas generó segregación transgresiva algunas de ellas como la 16 y la 18 sus progenitores tienen alto rendimiento y aun así generaron al menos una línea con más de 500 kg/ha de rendimiento adicional. Otras cruzas como la 13 y 14 generaron líneas con más de 1 t/ha arriba de las líneas que las originaron, sin embargo, su rendimiento no fue superior al registrado por líneas derivadas de cruzas con mayor rendimiento. La segregación de estas líneas indica que en el germoplasma estudiado todavía existe varianza genética aditiva para rendimiento. Seleccionando los progenitores de mayor rendimiento es posible seguir incrementando el rendimiento potencial a una tasa mínima de 1% anual.





**Cuadro 9. Avance genético en rendimiento de la mejor línea de cada una de las 20 familias de trigo harinero evaluadas en el ciclo O-I 2017/18.**

NFam	MLPF	Prog	DT	AG	AGA
1	6198	6717	-519	-8	-1.5
2	6924	6100	824	14	2.7
3	6262	6266	-4	0	0.0
4	6382	5649	733	13	2.6
5	6480	5649	831	15	2.9
6	6242	4670	1572	34	6.7
7	6184	6554	-370	-6	-1.1
8	6413	6227	186	3	0.6
9	5720	6293	-573	-9	-1.8
10	6931	6292	639	10	2.0
11	6991	6488	503	8	1.6
12	6824	6307	517	8	1.6
13	7273	6247	1026	16	3.3
14	7047	5964	1083	18	3.6
15	6538	6620	-82	-1	-0.2
16	7256	6686	570	9	1.7
17	7049	5912	1137	19	3.8
18	7133	6620	513	8	1.5
19	7160	7052	108	2	0.3
20	6898	5969	929	16	3.1

NFam= número de familia, MLPF= rendimiento de la mejor línea dentro de cada familia, Prog= rendimiento promedio de los progenitores que originaron la cruda, DT= diferencia de rendimiento entre la mejor línea de cada familia y el promedio de los progenitores que le dieron origen, AG= avance genético total, AGA= avance genético por año.

## Conclusiones

1. Ocho familias superaron el rendimiento promedio de los progenitores que les dieron origen con rangos de 1 a 10%. En ninguno de los casos el promedio de las familias superó estadísticamente el rendimiento promedio de sus progenitores. Al considerar solo la línea más destacada dentro de cada familia se encontró que 15 cruza superaron el rendimiento promedio de los progenitores con avances genéticos de 2 al 34%. Los mayores avances genéticos se dieron entre progenitores de bajo rendimiento. Los progenitores más destacados solo generaron un avance de 2% total y 0.3% anual, aunque produjeron varias líneas con rendimientos similares o ligeramente superiores a su promedio.



2. La segregación de estas líneas indica que en el germoplasma estudiado todavía existe varianza genética aditiva para rendimiento. Seleccionando los progenitores de mayor rendimiento es posible seguir incrementando el rendimiento potencial a una tasa mínima de 1% anual.

### Literatura citada

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Situación alimentaria mundial. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. [consultado el 12 de septiembre de 2018].
- Foulkes, M. J., J. W. Snape, V. J. Shearman, M. P. Reynolds, O. Gaju and R. Sylvester-Bradley. 2007. Genetic progress in yield potential in wheat: recent advances and future prospects. *Journal of Agricultural Science* 145:17-29.
- Fundación Guanajuato Produce. 2018. Cadena Agroalimentaria de Trigo Modalidad de Producción de Riego. Etapa III: Trayectoria y Prospectiva del Mercado de Trigo. <http://www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/trigobc/Descargas/CADENA%20TRIGO%20NACIONAL1.pdf>. [consultado el 12 de septiembre de 2018].
- Reynolds, M. P. y N. E. Borlaugh. 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *Journal of Agricultural Science* 144(1):3-17.



## AVANCE GENÉTICO EN ROYA LINEAL AMARILLA EN OCHO VARIETADES DE TRIGO

Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño<sup>\*97</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>97</sup>, Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>97</sup>,  
Lourdes Ledesma Ramírez<sup>97-98</sup>, María Rebeca Rendón Reyes<sup>97</sup> y Brenda Karina Mendoza  
Gámez<sup>97</sup>

### Resumen

En el INIFAP, Campo Experimental Bajío (CEBAJ) se evaluaron ocho variedades liberadas en diferentes épocas partiendo desde el año 1970 hasta 2016. El objetivo de este trabajo fue evaluar el avance genético en roya lineal amarilla durante este periodo. Los ocho genotipos se evaluaron con y sin control de roya. Se tomaron tres lecturas a lo largo del ciclo utilizando la escala modificada de Cobb. También se evaluó la altura de la planta y días a madurez. La aplicación de fungicida, propició un ciclo a madurez más largo y una reducción en la severidad de roya, pero no afectó la altura de planta. Una sola aplicación de fungicida no fue suficiente para controlar la roya sobre todo en las variedades más antiguas. Así, el tratamiento sin control de roya promedió 27.65 por 11.71% de severidad del tratamiento con control de roya. Las variedades liberadas al inicio del periodo (Yécora F70) de evaluación promediaron mayor ( $p \leq 0.05$ ) daño de roya (62.5%) que las variedades de reciente (10.0%) liberación (Cisne F2016). El avance genético en resistencia a roya amarilla fue de -0.97%, esto es, en este periodo se logró reducir la severidad de roya en 44.6%.

**Palabras clave:** Roya amarilla, resistencia, *Triticum aestivum*, avance

<sup>97</sup> Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya Gto., México. \*Autor por correspondencia: 96alerz@gmail.com

<sup>98</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Gto.



## Introducción

La producción de trigo es una de las labores agrícolas más importantes en la república mexicana ya que ocupa la quinta parte de superficie cultivada siendo uno de los granos más consumidos en México, de acuerdo con el reporte del SIAP en el año 2018 las principales regiones trigueras se ubican en el Noroeste, donde se produce 84.01% del total nacional y el Bajío, este contribuye con el 15.98%, la zona del bajío tiene gran importancia en la producción nacional. Se tiene un aproximado del 90% de la producción de trigo en el país es en la temporada de invierno. En Guanajuato se sembró en el 2018 aproximadamente en 53,893.39 ha con un rendimiento aproximado de 6.8 toneladas por hectárea, para un total de 364,237.88 t (SIAP, 2018). El Bajío está ubicado en un área agroecológica que favorece el rendimiento de trigo obteniendo granos de calidad excelente que cumplen con la demanda de los diferentes sectores de la industria (Solís *et al.*, 2008). La roya lineal es causada por *Puccinia striiformis f. sp. tritici*, es sumamente dañina al igual que la roya del tallo y la roya de la hoja, la roya amarilla es una de las enfermedades más importantes en la planta de trigo principalmente en la entrada del invierno e inicios de la primavera (Roelfs *et al.*, 1992). Actualmente la roya lineal es una de las enfermedades que causa más daños en las cosechas de trigo provocando pérdidas hasta del 90% el objetivo de este trabajo fue evaluar el avance genético en roya lineal amarilla en variedades de trigo liberadas en el periodo 1970 a 2016.

## Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño invierno 2018-2019 se evaluaron las variedades Yécora F70, Salamanca S75, Saturno S86, Cortázar S94, Bárcenas S2002, Maya S2007, Alondra F2014 y Cisne F2016 liberadas en los años 1970, 1975, 1986, 1994, 2002, 2007, 2014 y 2016, respectivamente. Estos genotipos se evaluaron con fungicida y sin fungicida. El experimento fue sembrado en INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra se hizo bajo





el sistema de agricultura de conservación (Sin preparación del terreno). La parcela experimental fue de dos surcos de tres metros con distancia entre surco de 0.75 m (4.5 m<sup>2</sup>). La densidad de siembra fue de 120 kg/ha. La fertilización fue 240-60-00, donde la mitad del nitrógeno y todo fósforo se aplicó en la siembra y el nitrógeno restante se aplicó en el primer riego de auxilio. Se hicieron tres aplicaciones de herbicidas en diferentes etapas del ciclo del cultivo las cuales fueron las siguientes: Estarane (22 días), Topic, Ámber (30 días), Esteron 57 (36 días). Los riegos se manejaron con un sistema de microaspersión, utilizando siete riegos en su totalidad a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 115 días con una lámina de 5 cm por riego y 35 cm en total. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, días a madurez y tres lecturas de severidad de roya lineal amarilla a los 80, 90 y 100 días después de la siembra. Las lecturas de severidad se midieron en base a la escala modificada de Cobb, la cual toma el grado de daño en porcentaje. Con las variables medidas se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias utilizando el programa SAS versión 9.3. El avance genético en roya amarilla se midió a través de un modelo de regresión lineal simple utilizando la tercera lectura de roya con el programa Excel versión 2016.

## Resultados y discusión

El análisis de varianza para control de la enfermedad detectó diferencias altamente significativas para días a madurez y las tres lecturas de roya. Entre genotipos se detectaron diferencias significativas en altura de planta y las tres lecturas de roya y significativas en madures fisiológica. La interacción no resultó significativa en ninguno de los caracteres medidos (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Cuadrados medios, grados de libertad y nivel de significancia de las variables evaluadas en genotipos de trigo con y sin aplicación de fungicida, evaluada en el Campo Experimental Bajío 2018-2019.**

Fuente de variación	g.l.	DM	ALTURA	ROYA1	ROYA2	ROYA3
APLICACIÓN	1	20.25 **	56.25 ns	478.51 **	2437.89 **	4064.06 **
GENOTIPO	15	4.06 *	168.33 **	419.76 **	845.80 **	1202.91 **
DA*GEN	-1	0 ns	0 ns	0 ns	0 ns	0 ns
Error	48	4.95	65.1	42.31	71.74	73.95
C.V.		1.79	9.49	59.9	49.96	43.68

\*\*, \*\*= Significancia estadística al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad; g.l.= grados de libertad; C.V.= Coeficiente de variación; DM= días a madurez; ROYA1 primer lectura de roya; ROYA2 segunda lectura de roya; ROYA3 tercer lectura de roya.

La prueba de comparación de medias para tratamientos de control de la roya mostró que la roya redujo significativamente ( $Tukey \leq 0.05$ ) los días a madurez, pero no afectó la altura de planta (Cuadro 2). Así mismo, se observó que una sola aplicación de fungicida no fue suficiente para controlar la roya, particularmente en el genotipo susceptible Yécora F70.

**Cuadro 2. Comparaciones de medias (Tukey  $\leq 0.05$ ) en los tratamientos con y sin aplicación de fungicida en genotipos de trigo. INIFAP-CEBAJ, 2018-2019.**

Aplicación	DM	ALTURA cm	ROYA1	ROYA2	ROYA3
Con fungicida	124.78 a	85.93 a	8.12 b	10.78 b	11.71 b
Sin fungicida	123.65 b	84.06 a	13.59 a	23.12 a	27.65 a
DSH	1.11	4.05	3.27	4.25	4.32

\*\* Medias con la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey) DHS= Diferencia significativa honesta; DM= Días a madurez; ROYA1 primer lectura de roya; ROYA2 segunda lectura de roya; ROYA3 tercer lectura de roya.

En la comparación de medias para genotipos (Cuadro 2), se observó que la roya fue mayor en el tratamiento sin control. En los tratamientos con control solo la variedad Yécora F70 registró lecturas de severidad de la enfermedad en la tercera lectura que pudieron haber afectado el rendimiento de grano (variable no medida). La variedad más susceptible fue Yécora F70 en ambos tratamientos de control de la enfermedad, con lecturas de 37.5 y 62.5% (en la tercera lectura) de severidad con y sin control de roya, mientras que la más resistente fue Alondra F2011 con lecturas de 3.8 y 5%. Las variedades que se pueden recomendar sin aplicación de fungicida son



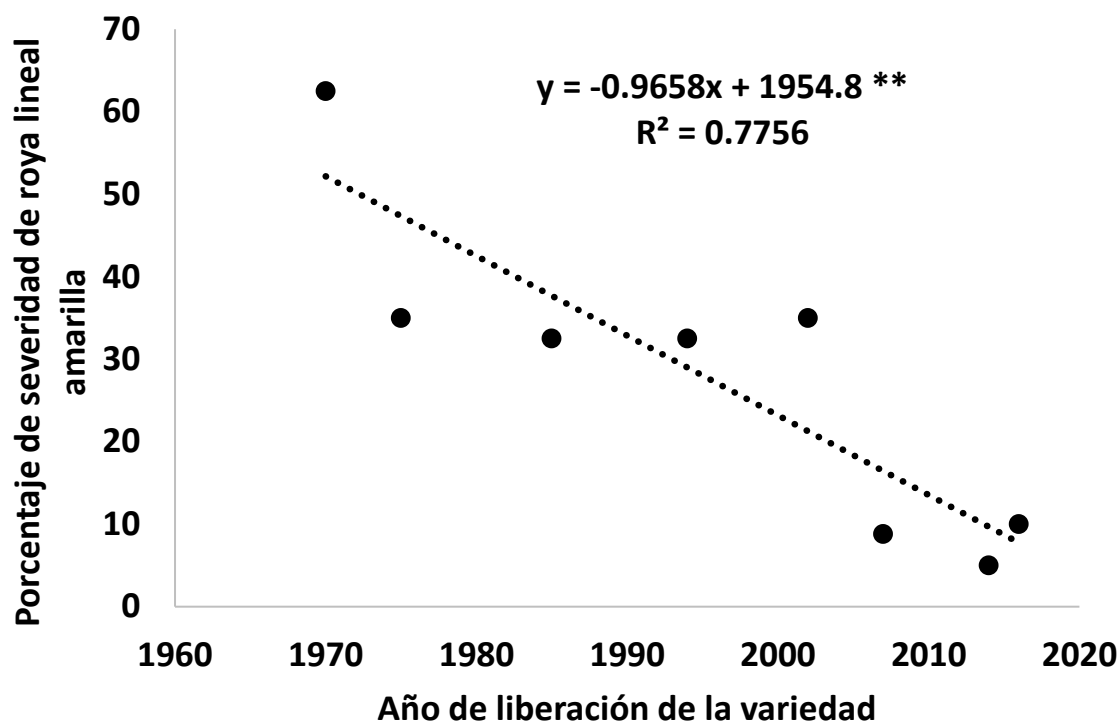
Alondra F2014, Maya S2007 y Cisne F2016 las cuales registraron lecturas de severidad menores de 10% sin la aplicación de fungicida. Las variedades Salamanca S75, Saturno S86, Cortazar S94 y Bárcenas S2002 necesitan solo una aplicación de fungicida para registrar valores de severidad de roya lineal amarilla inferiores a 20%. En cambio, variedades como Yécora F70 necesitan al menos dos aplicaciones de fungicida para obtener lecturas menores de 20% que no impacten el rendimiento de grano.

**Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey) en la aplicación de fungicida en genotipos de trigo. INIFAP-CEBAJ, 2018-2019.**

GENOTIPOS	DM	Altura cm	ROYA1	ROYA2	ROYA3
Yécora F70 CF	124.25 a	73.75 ab	25.00 ab	35.00 ab	37.50 b
Salamanca S75 CF	125.75 a	80.00 ab	10.00 bcd	13.75 bcd	13.75 cd
Saturno S86 CF	125.75 a	87.50 ab	6.25 cd	7.5 cd	10.00 d
Cortazar S94 CF	124.75 a	83.75 ab	7.5 cd	10.00 cd	10 d
BÁRCENAS S2002 CF	125.50 a	88.75 ab	11.25 bcd	15.00 bcd	15.00 cd
MAYA S2007 CF	124.50 a	87.50 ab	1.25 d	1.25 d	2.5 d
ALONDRA F2014 CF	124.25 a	93.75 a	2.5 d	2.5 d	3.75 d
Cisne F2016 CF	123.50 a	92.50 a	1.25 d	1.25 d	1.25 d
Yécora F70 SF	122.00 a	72.50 c	37.50 a	50.00 a	62.50 a
Salamanca S75 SF	123.50 a	82.50 ab	13.75 bcd	32.50 ab	35.00 bc
Saturno S86 SF	123.50 a	86.25 ab	15.00 bcd	27.50 bc	32.50 bc
Cortazar S94 SF	123.75 a	80 ab	12.50 bcd	27.50 bc	32.50 bc
BÁRCENAS S2002 SF	124.25 a	81.25 ab	22.50 abc	27.50 bc	35.00 bc
MAYA S2007 SF	124.75 a	85.00 ab	3.75 d	6.25 cd	8.75 d
ALONDRA F2014 SF	123.00 a	93.75 a	2.50 d	5.00 d	5.00 d
Cisne F2016 SF	124.50 a	91.25 ab	1.25 d	8.75 cd	10.00 d
DHS	5.68	20.61	16.61	21.63	21.96

\*\* Medias con la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey) DHS= Diferencia significativa honesta; CF= Con fungicida; SF= Sin fungicida; DM= Días a madurez; ROYA1 primer lectura de roya; ROYA2 segunda lectura de roya; ROYA3 tercer lectura de roya.

Al evaluar el avance en resistencia a roya lineal amarilla se obtuvo un modelo lineal altamente significativo que indica que por cada año de mejoramiento para resistencia a esta enfermedad se logró una disminución en la severidad de 0.97%, esto es una disminución de 44.6% en un periodo de 46 años (Figura 1).



**Figura 1. Avance en resistencia a la roya amarilla en variedades de trigo liberadas en el periodo 1970 a 2016.**

## Conclusiones

1. Los resultados muestran que los genotipos de reciente liberación presentan una mayor tolerancia a la roya.
2. Las variedades antiguas como Yécora F70 requieren dos aplicaciones de fungicida para no tener pérdidas en rendimiento. En cambio, las de reciente liberación por su alta resistencia no requieren aplicación de fungicidas.
3. Se obtuvo un avance genético de -0.97% en severidad de roya lineal amarilla lo que indica que en el periodo de 1970 a 2016 se logró reducir la severidad de roya en 44.6%.





## Literatura citada

SIAP. 2018. (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). SADER. México.

<http://www.siap.sader.gob.mx>

SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México.

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Solís, M. E., J. Huerta, J.E., M. E. Villaseñor, R. A. Ramírez, H. P. Pérez. 2008. Maya S2007:

Nueva variedad de trigo harinero para riego en El Bajío. Folleto Técnico Núm.

3. INIFAP, CIRCE, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 24 p.

Roelfs, A. P., R. P. Singh y E. E. Saari. 1992. Las Royas del Trigo: Conceptos y Métodos para el Manejo de esas Enfermedades. CIMMYT. México, D.F. 81 p.



## CONTENIDO LIGNOCELULÓSICO EN PAJA DE CINCO VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum* spp. L.) EN AMBIENTES DIFERENTES

Miguel Ángel Gamucero Zárate<sup>99,100\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>99</sup>, Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>99</sup>,  
Lourdes Ledesma Ramírez<sup>99,100</sup>, Mariano Díaz Ruiz<sup>99</sup> y Manuel Jerónimo Arriaga<sup>99</sup>

### Resumen

En el presente trabajo se evaluó la variación en el contenido lignocelulósico de la paja de trigo (*Triticum* spp. L.) de cinco variedades en ocho ambientes. Las parcelas experimentales se establecieron durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2017-18; se sembraron las variedades de trigo Elia M2016, Ibis M2016, Cisne F2006, Faisán S2016 y Alondra F2014 en las localidades de Cruces de Rojas, Pénjamo; La Cal Grande, Pénjamo; Valle de Santiago, Valle de Santiago; Los Prietos, Salamanca; Villagrán, Villagrán; Cárdenas, Salamanca; Irapuato, Irapuato y El Chiflido, Pénjamo. La densidad de siembra fue de 150 kg/ha. El manejo agronómico fue el que realiza en el cultivo el productor. El tamaño de parcela de cada variedad fue de 3000 m<sup>2</sup>. Las determinaciones de los componentes lignocelulósicos de la paja de trigo se hicieron a través de la determinación de la FDN (fibra detergente neutra), la FDA (fibra detergente ácida) y lignina, utilizando el método ANKOM, el cual emplea ácido sulfúrico al 72%. Se tomaron cuatro muestreos de 1 m<sup>2</sup> para determinar el rendimiento y el índice de cosecha de cada genotipo en las ocho localidades. Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias usando el programa estadístico SAS versión 9.3. Los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas entre variedades para ninguno de los componentes lignocelulósicos de la paja, ni para producción de residuos, lo que indica que cualquier variedad es adecuada para ser utilizada como biocombustible de segunda generación; en cambio, entre repeticiones (localidades) se detectaron

<sup>99</sup> Campo Experimental Bajío. CIRCE. INIFAP. mgamzar21@gmail.com

<sup>100</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque.



diferencias altamente significativas en la producción de residuos (Yr) y significativas en el porcentaje de hemicelulosa. Las pruebas de comparaciones de medias por Tukey (0.05) no decretaron diferencias significativas entre localidades para contenido de hemicelulosa, por lo tanto la localidad no afecta el contenido lignocelulósico de los residuos del trigo. Sin embargo, se detectaron diferencias significativas para la producción de residuos. Las localidades con mejor manejo agronómico obtendrán mayores de producciones de grano y residuos. En una prueba preliminar donde se compararon numéricamente los residuos de trigo con los de cebada y avena, se observó que los residuos de trigo y avena tienen mayores contenidos de celulosa que los de la cebada, aunque para corroborar este resultado se necesitan pruebas cuantitativas.

**Palabras clave:** celulosa, hemicelulosa, lignina, residuos de cosecha, biocombustible de segunda generación

## Introducción

Entre las tecnologías que reducen el costo de la producción de alcohol, está el uso de la celulosa presente en los residuos de cosechas, que pueden presentar en su composición hasta 50% de celulosa, lo que los hace atractivos para la obtención de ese biopolímero y sus derivados, como el papel, la glucosa y el etanol, entre otros (Mussato *et al.*, 2006). Los materiales lignocelulósicos se conforman principalmente de tres fracciones poliméricas: celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales se encuentran asociadas entre sí a través de enlaces covalentes (Feng *et al.*, 2011). La celulosa y la hemicelulosa conforman las dos terceras partes de la biomasa lignocelulósica, y se consideran las principales fuentes de azúcares fermentables para la producción de biocombustibles de segunda generación, especialmente el etanol (Bhalla *et al.*, 2013). En general, se estima que la celulosa conforma entre 40 y 50% de la biomasa lignocelulósica, seguida de la hemicelulosa, que aporta entre 25 y 35%, y finalmente, la lignina, cuya proporción se encuentra entre 15 y 20%



(Alonso *et al.*, 2010). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la variación en materiales lignocelulósicos de la paja de cinco variedades de trigo y determinar si el ambiente afecta su composición.

## Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2017-18, en diferentes fechas se sembraron en ocho localidades (Cuadro 1), parcelas con las variedades de trigo Elia M2016, Ibis M2016, Cisne F2016, Faisán S2016 y Alondra F2014 en una superficie de 3,000 m<sup>2</sup> por variedad. La densidad de siembra en todos los casos fue de 150 kg/ha.

**Cuadro 1. Localidades y fechas de siembra de las parcelas de validación durante el ciclo OI 2017-18.**

Localidad y municipio	Fecha de siembra
La Cal Grande, Pénjamo	03/01/2018
Cruces de Rojas, Pénjamo	19/12/2017
Valle de Santiago, Valle de Santiago	30/12/2017
Irapuato, Irapuato	25/12/2017
Cárdenas, Salamanca	02/12/2017
El Chiflido, Pénjamo	28/12/2017
Villagrán, Villagrán	27/12/2017
Los Prietos, Salamanca	30/12/2017

El manejo que se aplicó a las parcelas, en control de malezas, dosis y épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, así como calendario de riegos, fue el que realiza el productor en el cultivo. Durante la cosecha se colectaron de 4.2 a 9.6 kg de residuos de cada variedad en cada localidad y se determinaron los materiales lignocelulósicos. Las determinaciones de los componentes lignocelulósicos de la paja de trigo se hicieron a través de la determinación de la FDN (fibra detergente neutra), la FDA (fibra detergente ácida) y lignina, utilizando el método ANKOM, en el que se emplea ácido sulfúrico al 72%. Se tomaron cuatro muestreos de 1 m<sup>2</sup> para determinar el rendimiento y el índice de cosecha de cada genotipo en las nueve localidades. La estimación de la producción de residuos se realizó utilizando la





siguiente fórmula:  $Y_r = ((1-IC)/IC) * Y_g$  donde: IC = Índice de cosecha,  $Y_g$  = Rendimiento de grano y  $Y_r$  = rendimiento de residuos. Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias usando el programa estadístico SAS versión 9.3. En los análisis de varianza se utilizaron los resultados de cada localidad como repeticiones, dado que sólo se hizo un análisis del contenido lignocelulósico por variedad por localidad. Así se tuvieron ocho repeticiones por variedad (ocho localidades). Finalmente, en una prueba preliminar se compararon los resultados obtenidos en trigo, con una muestra que se colectó de cebada (variedad Esperanza) y una de avena (variedad Turquesa). La comparación sólo se hizo numérica dado que no se contó con repeticiones para cebada y avena.

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas entre variedades para ninguno de los componentes lignocelulósicos de la paja (porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina), ni para producción de residuos, lo que indica que cualquier variedad es adecuada para utilizarse como biocombustible de segunda generación (Cuadro 2). En cambio, entre repeticiones (localidades) se detectaron diferencias altamente significativas en la producción de residuos ( $Y_r$ ) y significativas en el porcentaje de hemicelulosa. Las pruebas de comparaciones de medias por Tukey (0.05) (Cuadro 3) no decretaron diferencias significativas entre localidades para contenido de hemicelulosa, por lo que se concluye que la localidad no afecta el contenido lignocelulósico de los residuos del trigo. En cambio, se detectaron diferencias significativas para la producción de residuos. Dado que la producción de residuos está altamente correlacionada con el rendimiento de grano, las localidades con mejor manejo agronómico obtendrán mayores de producciones de grano y residuos.



**Cuadro 2. Análisis de varianza para contenido lignocelulósico y rendimiento de residuos.**

FV	GL	Cel (%)	Hem (%)	Lig (%)	Yr
Variedades	4	6.9	4.4	2.9	1045266
Repeticiones	7	9.2	4.1*	2.4	8370343**
Error	28	9.2	1.7	2.1	688741
Total	39				
Media		45.8	27.8	9.0	9228
CV (%)		6.6	4.7	15.9	9.0

**Cuadro 3. Composiciones medias de celulosa, hemicelulosa y lignina y producción de residuos por localidad.**

Localidad y municipio	Composición de carbohidratos (porcentaje de peso seco)			
	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Yr
La Cal Grande, Pénjamo	46.2	26.2	10.2	11089.1
Cruces de Rojas, Pénjamo	48.9	27.1	9.6	10811.4
Valle de Santiago, Valle de Santiago	46.0	28.9	7.9	9510.6
Irapuato, Irapuato	45.7	28.4	8.8	9482.1
Cárdenas, Salamanca	45.7	28.6	9.0	8879.3
El Chiflido, Pénjamo	44.3	28.0	9.1	8552.0
Villagrán, Villagrán	45.2	28.2	8.4	8320.0
Los Prietos, Salamanca	45.0	27.1	9.2	7178.6
Medias	45.9	27.8	9.0	9227.9
DSH	6.2	2.7	2.9	1716

Yr = Producción de residuos en kg/ha. DSH = Diferencia significativa honesta de Tukey.

### Comparaciones entre especies

La comparación de la composición lignocelulósica de cereales de grano pequeño se indica en el Cuadro 4. Esta comparación es numérica, ya que sólo se tiene una repetición de avena y cebada. El contenido de celulosa de la avena es ligeramente superior al promedio de las variedades de trigo; sin embargo, algunas localidades como Cruces de Rojas, Pénjamo, obtuvieron valores mayores al registrado por la muestra de avena. En contenido de hemicelulosa, la avena tuvo valores menores que el trigo en la mayoría de las localidades y el contenido de lignina fue muy similar al del trigo. El contenido de celulosa de la cebada fue inferior al del trigo y de la avena, pero sus contenidos de hemicelulosa y lignina fueron muy similares. Si se considera como residuos de mejor calidad aquellos que sus contenidos de celulosa



son más altos, se concluye que los residuos de trigo y avena son superiores a los de cebada; sin embargo, habría que plantear un experimento donde se evalúe el mismo número de variedades de cada especie, repeticiones y localidades para llegar a una conclusión apoyada en datos.

#### **Cuadro 4. Comparaciones en la composición lignocelulósica de tres especies de cereales de grano pequeño.**

Especie	Composición de carbohidratos (porcentaje de peso seco)		
	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
Trigo (Promedio cinco variedades)	45.90	27.80	9.00
Avena (Turquesa)	46.41	24.10	8.92
Cebada (Esperanza)	43.73	27.65	9.68

#### **Conclusiones**

1. El contenido lignocelulósico de las variedades de trigo no varía ni con la variedad ni con el ambiente de producción, por lo cual se puede sembrar cualquier variedad de trigo en cualquier ambiente de producción con la certeza de que se obtendrán los mismos contenidos lignocelulósicos en los residuos.
2. La mayor o menor producción de residuos depende del manejo agronómico del productor; ambientes favorables obtendrán altos rendimientos de grano, que su vez estarán asociados con altas producciones de residuos.
3. Por su mayor contenido de celulosa en sus residuos, el trigo y la avena se consideran mejores que la cebada para su utilización como combustibles de segunda generación, aunque habría que plantear un ensayo donde se evaluaran las tres especies con el mismo número de tratamientos.



## Literatura citada

- Alonso, D. M., J. Q. Bond and J. A. Dumesic. 2010. Catalytic conversion of biomass to biofuels. *Green Chem.* 12(9):1493-1513.
- Bhalla, A., N. Bansal, S. Kumar, K. M. Bischoff, and R. K. Sani. 2013. Improved lignocellulose conversion to biofuels with thermophilic bacteria and thermostable enzymes. *Bioresour. Technol.* 128:751-759.
- Feng, C., G. Zeng, D. Huang, S. Hu, M. Zhao, C. Lai and N. Li. 2011. Effect of ligninolytic enzymes on lignin degradation and carbon utilization during lignocellulosic waste composting. *Process Biochem.* 46(7):1515-1520.
- Mussato, S. I., G. Dragone, M. Fernandes, G. J. M. Rocha and I. C. Roberto. 2006. Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para la liberación de fibras de celulosa. *In: Memorias XXII Interamerican Congress of Chemical Engineering.* Buenos Aires, Argentina.





## INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE DE TRIGO EN LA REGION BAJÍO

Mariano Díaz Ruiz<sup>101\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>101</sup>, Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>101</sup>, Lourdes Ledesma Ramírez<sup>101-102</sup>, María Rebeca Rendón Reyes<sup>101</sup> y Miguel Ángel Gamucero Zárate<sup>101-</sup>

102

### Resumen

Durante el ciclo otoño invierno 2018-19 se evaluaron 36 genotipos de trigo en el Campo Experimental Bajío. Los genotipos se evaluaron en cinco fechas de siembra (FS) del 15 de noviembre al 15 de enero con intervalos de 15 días. Los experimentos se manejaron de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para la región. Se midió el ciclo biológico, la altura de planta y el rendimiento de grano de los genotipos. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza combinado, el estudio de la interacción se realizó con el modelo AMMI. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas para fechas de siembra, genotipos y la interacción genotipo por ambiente para todos los caracteres. El retraso en la FS redujo el ciclo biológico y la altura de planta de los genotipos. El modelo AMMI retuvo el 59.3% de la suma de cuadrados total para rendimiento de grano. El biplot mostró que la fecha de siembra de mayor rendimiento fue la efectuada el 30 de noviembre, mientras que la del 15 de enero obtuvo el menor rendimiento. Los genotipos más destacados fueron el 20 y el 31 (Anatoly C2011) con rendimientos de 6919 y 6842 kg/ha superiores en 3095 y 3018 kg/ha a Luminaria F2012 que obtuvo el rendimiento más bajo del experimento con 3824kg/ha.

**Palabras clave:** genotipos, paquete tecnológico, rendimiento

<sup>101</sup> Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222. \*Autor por correspondencia: mariano\_diaz\_ruiz@hotmail.com

<sup>102</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903



## Introducción

Guanajuato es el tercer estado con mayor producción de trigo con un total de 355,173 t, seguido de Sonora y Baja California (SIAP 2019). Las recomendaciones del manejo agronómico de las variedades han cambiado continuamente en el lapso de 1956 a 2007; sin embargo, las fechas óptimas para la siembra se han ubicado en el rango del 15 de noviembre al 31 de diciembre; es decir, en este periodo de tiempo se presenta la mejor fecha de siembra, dependiendo de las características de la variedad (precocidad o tardividad), de la dinámica de la roya o chahuixtle y de factores climáticos incontrolables (Solís *et al.*, 2007).

El rendimiento de grano es usualmente el principal criterio para definir la fecha de siembra óptima Ciha (1983). Sin embargo, otros factores también deben ser considerados como evitar bajas temperaturas en floración y altas temperaturas en el periodo de llenado de grano (Bond y Umberger, 1979). La siembra en fecha óptima promueven alta germinación de la semilla, plantas fuertes, sistema radicular vigoroso, favorecen el amacollamiento, reducen el acame, e incrementan el número y el peso del grano (Musick y Dusek, 1980). La proteína del grano se incrementa en fechas de siembra tardías pero el rendimiento harinero y la absorción de las harinas disminuyen (Alessi *et al.*, 1979).

Si bien son varios los factores que afectan el rendimiento potencial, la temperatura y la radiación solar son los más importantes. Varios trabajos han demostrado la influencia de la radiación, la temperatura y el cociente entre ambas variables (cociente fototérmico) en la determinación del rendimiento del cultivo de trigo (Fisher, 1985). Magrin *et al.* (1993) realizaron un estudio con genotipos de fines de la década de los 80, observaron que incrementos de 1°C en la temperatura, correspondió con reducciones del rendimiento de 400 kg/ha (10%), resultados similares obtuvo You *et al.* (2009). El incremento de la temperatura durante las fases de desarrollo del cultivo que determinan el rendimiento se acelera la senescencia de las hojas lo que provoca menores tasas de crecimiento, se reduce la disponibilidad de asimilados por semillas y como consecuencia de ello disminuye también el peso de la semilla (Bindraban, 1997).



En el Bajío, Solís *et al.* (2009) obtuvieron un acortamiento del ciclo biológico y bajos rendimientos en variedades de trigo, como consecuencia de la siembra tardía (15 de enero). Solís y Díaz (2001) mencionan que los rendimientos bajos obtenidos en la siembra del 15 de enero, se atribuyen al efecto que tiene la alta temperatura en la duración del ciclo del trigo.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la fecha de siembra durante el ciclo otoño-invierno para relacionarlo con el comportamiento productivo de genotipos de trigo. Se espera que al retrasar la fecha de siembra las variedades presentan reducción en su rendimiento de grano y acortamiento de sus fases de desarrollo conforme se incrementa la temperatura durante el ciclo agrícola.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo se realizó en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ), ubicado en el Km 6.5 de la carretera Celaya – San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20° 34' Latitud Norte; 100° 49' Longitud Oeste; y una altura de 1769 msnm. ambos bajo condiciones de riego. La densidad de siembra para todas las fechas de siembra fue de 120 kg/ha. Las fechas de siembra fueron el 15 de noviembre (A), 30 de noviembre (B), 15 de diciembre (C), 30 de diciembre (D) y 15 de enero (E) se aplicaron 5 riegos rodados, a los 0,35,65,85, y 105 días. El control de malezas de hoja angosta se realizó aplicando 0.75 L/ha de estarane a los 22 días, para la hoja angosta se utilizó topik mas amber a los 30 días y 1.0 L/ha de Esterón 47 a los 34 días después de la siembra. La dosis de fertilización utilizada para cada fecha de siembra fue de 240-60-00 (N-P-K); como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio (Sulfamín) aplicando el 50% a la siembra y el resto en el primer riego de auxilio; y como fuente de fósforo se utilizó súper fosfato de calcio triple en una sola aplicación, a la siembra. Se midieron las variables agronómicas: días a embuche, espigamiento, madurez, altura de planta y rendimiento de grano.



Con los datos agronómicos del ciclo OI 2018-19 se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa R studio versión 3.3.1. Los análisis de varianza se realizaron utilizando el software SAS 9.3 (SAS Institute 9.3, 2014). Cuando la prueba de F resultó significativa se realizó la comparación de medias mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey (DSH) con  $p \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencia altamente significativas para fechas de siembra, genotipos y para la interacción fecha de siembra por genotipos en DAE, AP y rendimiento (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables estudiadas en el experimento de las cinco fechas de siembra evaluado en Celaya INIFAP-CEBAJ en el ciclo OI 2018-19.**

FV	G.L.	DAE	AP	RENDIMIENTO
FS	4	5378.87 **	6815.90 **	136900009.9 **
REP(FS)	10	11.29	18.84	2071363.2
GENOTIPO (GEN)	35	51.94 **	218.74 **	5064695.7 **
FS*GEN	140	5.95 **	22.85 **	600023.7 **
ERROR	350	1.09	12.41	196699.2
TOTAL	539			
C.V.		1.36	4.22	7.32

FV = fuente de variación; C.V.= Coeficiente de variación; G.L. = grados de libertad; FS= fechas de siembra; DAE= días a espigamiento; AP= altura de planta.

En el Cuadro 2 se presenta las pruebas de comparaciones de medias para los tres caracteres medidos. Las fechas de siembra del 15 de noviembre y 1 de diciembre presentaron los ciclos más largos a espigamiento con diferencias de ocho y siete días en comparación con la fecha del 15 de enero. Bindraban *et al.* (1997) observaron que una diferencia promedio de 2.4°C entre fechas de siembra, para el periodo de llenado de grano, reduce esta etapa en 10% mientras que la tasa de llenado de grano se incrementa en 5 a 6% dando como resultado una disminución hasta de 20% en el peso del grano. Este mismo efecto se observó en la altura de planta, la cual





disminuyó en 11 y 7 cm al compararse la última fecha de siembra con las dos primeras. En rendimiento de grano la segunda fecha de siembra obtuvo el mayor rendimiento superior en 1505 y 3096 kg/ha a las fechas de siembra del 16 de noviembre y 15 de enero. Solís y Díaz (2001) mencionan que los rendimientos bajos obtenidos en la siembra del 15 de enero, se atribuyen al efecto que tiene la alta temperatura en la duración del ciclo del trigo.

**Cuadro 2. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento fechas de siembra evaluado en Celaya CEBAJ en el ciclo OI 2018-19.**

FS	DAE	AP, cm	RENDIMIENTO, kg/ha
FSA	83a*	93 a	6052 c
FSB	82 b	89 b	7557 a
FSC	77 c	82 c	6486 b
FSD	74 d	81 d	5744 d
FSE	65 e	72 e	4464 e
DMS	0.3894	1.3147	165.49

\*Valores con la misma letra dentro de cada variable, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). DMS= Diferencia mínima significativa; DAE= Días a espigamiento; AP= Altura de planta.

Se observó una diferencia de ocho días entre los genotipos evaluados en días a espigamiento y hasta de 18 cm en altura de planta (Cuadro 3). En rendimiento de grano 31 genotipos superaron el rendimiento del testigo (Cortázar S94), el mejor con 25.2%. Sin embargo, hubo cuatro genotipos que registraron rendimiento inferior (entre 0.6 y 30.8%) al testigo todos ellos son variedades liberadas en diferentes épocas como Luminaria F2012 (24), Maya S2007 (5), Bárcenas S2002 (7) y Salamanca S75 (16).

En el análisis AMMI (figura 1), explica el comportamiento del componente uno con el rendimiento, en el eje de las abscisas (x) se lee el rendimiento de los genotipos y las fechas de siembra por el contrario el eje de las ordenadas (y) en cambio mide la estabilidad de los genotipos y las fechas de siembra, en cuanto al comportamiento de los genotipos 31 y 20 se obtuvieron rendimientos superiores a la media con adecuada estabilidad; los genotipos que presentaron estabilidad con rendimiento similar a la media fueron 29, 32, 27 y 10, por el contrario el genotipo 24 presentó mayor desequilibrio con un disminuido rendimiento debajo de los 4000 kg/ha.



**Cuadro 3. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento fechas de siembra evaluado en Celaya CEBAJ en el ciclo OI 2018-19.**

GENOTIPO	DAE	AP, cm	RENDIMIENTO, kg/ha	%/TESTIGO
1	75	75	5528	0.00
2	77	85	5682	2.79
3	78	86	6129	10.89
4	76	83	6123	10.78
5	74	80	4940	-10.63
6	76	83	6215	12.43
7	76	77	5495	-0.58
8	77	82	6231	12.73
9	76	82	6274	13.50
10	78	86	6247	13.01
11	76	86	5670	2.58
12	80	84	6327	14.46
13	76	82	5852	5.88
14	75	86	5543	0.27
15	76	85	5853	5.88
16	77	76	5078	-8.13
17	77	83	6686	20.95
18	77	86	6392	15.64
19	74	85	6521	17.97
20	80	81	6919	25.18
21	78	85	6462	16.90
22	76	86	6109	10.52
23	77	87	6475	17.13
24	73	71	3825	-30.81
25	75	85	6372	15.28
26	75	86	6512	17.81
27	76	84	5984	8.26
28	77	84	6222	12.56
29	81	88	6094	10.25
30	81	83	6465	16.96
31	80	86	6842	23.77
32	79	89	6232	12.75
33	76	82	6325	14.43
34	76	84	6199	12.15
35	77	83	6393	15.66
36	76	87	5969	7.98
<b>DMS</b>	1.4751	4.9807	626.95	

DMS= Diferencia mínima significativa; DAE= Días a espigamiento; AP= Altura de planta.



Con respecto al comportamiento de las fechas de siembra, la fecha de siembra B fue la que presenta mayor estabilidad con un rendimiento superior seguido de la fecha de siembra C, la fecha de siembra A se encuentra dentro de la media rendimiento, la fecha de siembra E fue la que presentó menor rendimiento, de acuerdo a la longitud de los vectores la fecha de siembra B, A y E permitieron diferencias mejor los genotipos; que las fechas de siembra C y D.

La interpretación de los resultados del análisis AMMI se facilitó con la representación gráfica (gráfico biplot), en el mismo espacio, de genotipos y ambientes. La correcta interpretación de la interacción GxA exige realizar dos representaciones gráficas distintas. Por un lado, los datos medios de la variable rendimiento de cada genotipo y ambiente frente a sus correspondientes valores en el primer eje principal.

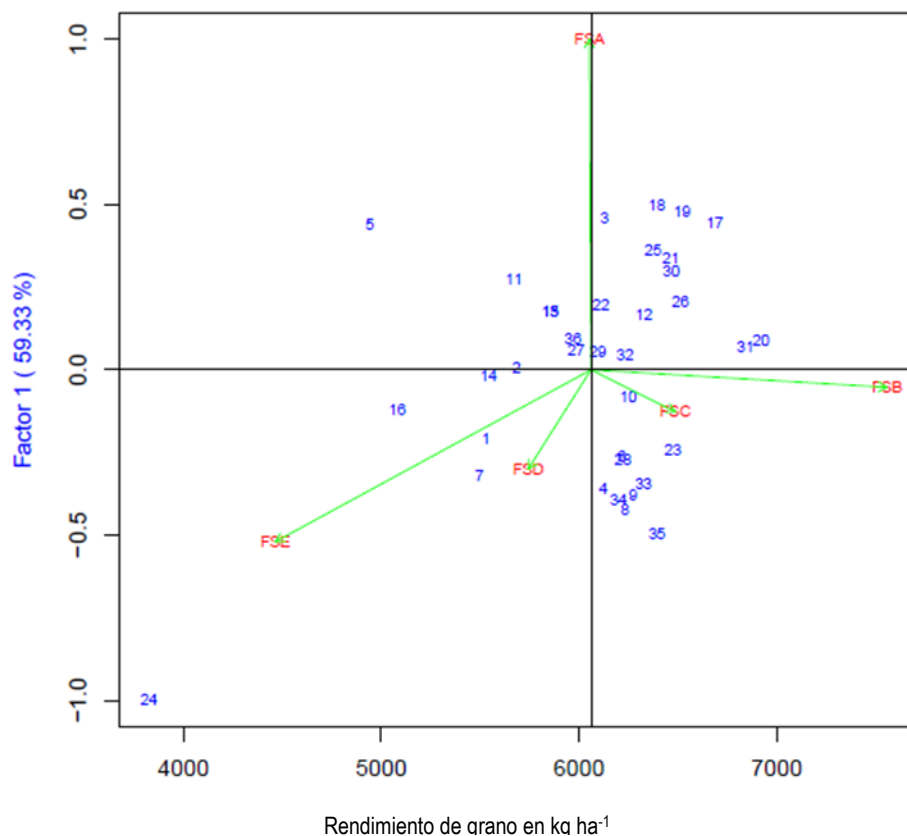
En el eje de las abscisas (X) de la Figura 1, se lee el rendimiento de grano de los genotipos y ambientes. La línea punteada perpendicular a este eje indica el rendimiento medio. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor rendimiento y a la derecha, se localizan los genotipos y ambientes de mayor rendimiento. El eje de las ordenadas (Y) en cambio, mide la estabilidad de los genotipos y ambientes: aquellos con valores cercanos a cero son estables mientras los que presentan valores altos del primer componente principal son inestables. De acuerdo a esta información la entrada 20 fue el genotipo con mayor rendimiento seguido de la 31 (Anatoly C2011); en cambio, la variedad Luminaria F2012 (24) expresó los rendimientos más bajos. La fecha de siembra B (1 de diciembre) fue la que obtuvo el mayor rendimiento y la fecha de siembra E (15 de enero) registró el menor rendimiento. Tres ambientes obtuvieron rendimientos iguales o superiores a la media y el resto registró un rendimiento inferior.

Los genotipos que tienen valores del  $CP1 > 0$ , responden positivamente (se adaptan bien) a ambientes que tienen valores del  $CP1 > 0$  (esto es, su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del  $CP1 < 0$ . Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del  $CP1 < 0$ . La fecha de siembra C, registró el menor vector y fue el ambiente que no discriminó genotipos, por lo que en este ambiente la mayoría de los genotipos tuvieron una respuesta



similar. En cambio, la fecha de siembra A obtuvo el mayor vector y fue el ambiente que mejor diferencia o discrimina a los genotipos.

Urbina S2007 (2) y la línea 14 fueron los genotipos que obtuvieron los valores más cercanos a cero del componente principal CP1; por lo tanto, este modelo los clasificó como los más estables. Yan y Kang (2003) señalan que la estabilidad es importante, pero no es más que un modificador del rendimiento medio. Un corolario del concepto del modelo AMMI, es que una medida de la estabilidad que está determinada por la IGA, es útil sólo cuando se considera conjuntamente con el rendimiento de los genotipos.



**Figura 1. Biplot de la interacción genotipo con ambiente realizado con el modelo AMMI para componente principal y rendimiento (t/ha) de 36 genotipos de trigo en cinco fechas de siembra evaluados en Celaya INIFAP-CEBAJ en el ciclo OI 2018-2019.**





## Conclusiones

1. Los mayores rendimientos se observaron en las fechas de siembra tempranas e intermedias (15 de noviembre al 15 de diciembre), en estas fechas también se observaron los mayores ciclos biológicos y porte de planta.
2. El genotipo más destacado a través de fechas de siembra fue el genotipo 20 con un rendimiento promedio de 6919 kg/ha seguido del genotipo (31) Anatoly C2011 con un rendimiento promedio de 6842 kg/ha.
3. Las FSB y C clasificaron de manera similar a los genotipos y de manera opuesta las FS B y E.

## Literatura citada

- Alessi, J., J.F. Power, and L.D. Sibbitt. 1979. Yield, quality and nitrogen fertilizer recovery of standard and semidwarf spring wheat as affected by sowing date and fertilizer rate. *J. Agric. Sci.* 93:87-93.
- Bindraban, P. S., K. D. Sayre and E. Solís M. 1997. Identifying factors that determine kernel number in wheat. *Field Crops Res.* 58:223-224.
- Bond, J. J., and D.E. Umberger. 1979. Technical and economic causes of productivity changes in U.S. wheat production, 1949- 76. *USDA Tech. Bull.* 1598.
- Ciha, A.J. 1983. Seeding rate and seeding date effects on spring seeded small grain cultivars. *Agron. J.* 75: 795-799.
- Fischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci. Camb.* 105:447-461.
- Magrin G., A. Hall, Ch. Baldy y M. Grondona. 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: Implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology* 67:29-41.
- Musick, J.T., and D.A. Dusec. 1980. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. *Agron. J.* 72:45-52.
- SAS Institute 2014. SAS Software Release V 9.1. Institute, Cary, NC, USA.



- SIAP. 2019. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (2 de julio de 2019)
- Solís, M. E. y J. G. Díaz de León. 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. *Terra*. 19(4):375-383.
- Solís, M. E., J. L. Huerta E., H. E. Villaseñor M. y G. A. Aguado S. 2007. Roya lineal, fenología, rendimiento y sus componentes en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). *Agrociencia* 41:563-573.
- Solís M. E., J. Huerta E., J. Ireta M., R. Sánchez de la C., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R. y A. Ramírez R. 2009. Josecha F2007 variedad de trigo harinero para El Bajío y zonas de riego del Norte de México. Folleto Técnico No. 3. INIFAP, CIRCE, CEBAJ, CELAYA GTO. México. Marzo 2009. 27 p.
- Yan, W., and M. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 271 p.
- You, L., M. W. Rosegrant, S. Wood, D. Sun. 2009. Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1009–1014.



## RENDIMIENTO DE TRIGO EN TRES CALENDARIOS DE RIEGO

\*Brenda Karina Mendoza Gámez<sup>103</sup>; Ernesto Solís Moya<sup>103</sup>; Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>103</sup>;  
Aquilino Ramírez Ramírez<sup>103</sup>; Mariano Díaz Ruiz<sup>103</sup> y Manuel Jerónimo Arriaga<sup>103</sup>

### Resumen

Uno de los principales problemas en la producción de trigo es la escasez de agua que hay en la actualidad. Con el propósito de seleccionar materiales de trigo eficientes en el aprovechamiento del agua se evaluaron 36 genotipos de trigo en el ciclo otoño-invierno (OI 18-19) en tres calendarios de riego: dos (0,45 dds); tres (0, 45,75 dds) y cuatro riegos (0, 45, 75,100). El ensayo se estableció en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, en Celaya, Guanajuato. Se utilizó un diseño experimental alfa látice con tres repeticiones, las variables agronómicas evaluadas fueron: Días de espigamiento (DE); Días de madurez (DM); Altura de planta (AP) y Rendimiento de grano (REN). Con los datos se realizó, análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias para cada uno de los caracteres evaluados. El análisis a través de localidades detectó diferencias altamente significativas para todas las variables para calendarios de riegos y genotipos, la interacción no resultó significativa para ninguno de los caracteres. El calendario de cuatro riegos superó con 961 y 2603 kg/ha, a los calendarios de tres y dos riegos. Mientras que el calendario de tres superó con 1642 kg/ha, al calendario de dos riegos. Las pérdidas en rendimiento entre los genotipos al aplicar tres en lugar de cuatro riegos variaron de -328 a 2436 kg/ha, de 1233 a 3552 kg/ha, al pasar de cuatro a tres riegos y de -453 a 2469 kg/ha, al pasar de tres a dos riegos. En este trabajo se consideró como más eficiente en el uso del agua aquel que produjo mayor rendimiento en cada calendario de riego, no al que tuvo menores pérdidas al reducir el número de riegos. Así el genotipo 17 fue el mejor en promedio de los tres ambientes, aunque registró

---

<sup>103</sup> Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222. \*Autor por correspondencia: [tesislechuga@outlook.es](mailto:tesislechuga@outlook.es)



mayores pérdidas en rendimiento al pasar de cuatro a tres o dos riegos que otros genotipos.

**Palabras clave:** rendimiento, uso eficiente de agua, calendarios de riego

## Introducción

Los cereales constituyen un grupo de plantas de gran importancia para el hombre debido a su aporte energético y de nutrientes. Entre los cereales de mayor producción mundial se encuentra el maíz, el arroz y el trigo, que abastecen el 80% de la producción total de alimentos, este último es el cereal más consumido por el hombre occidental y es cultivado en 115 países siendo los principales productores China, Estados Unidos, India; una gran extensión del cultivo se encuentra en Rusia, Europa, Canadá, Australia y Argentina (Serna, 2009).

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Hace alrededor de 8 milenios ocurrió una hibridación en el trigo silvestre, dando por resultado una planta con semillas más grandes. Es uno de los principales cultivos sembrados en el mundo, ya que sus diferentes usos nos permiten tener diferentes tipos de mercado; aunque el hemisferio norte es el que tiene las mejores condiciones climáticas para el cultivo. Los países que lo producen en mayor cantidad a nivel mundial son: Rusia, China, India y Estados Unidos. Entre ellos abarcan un 70% de la producción mundial. En México; alcanza un valor superior a 12 mil millones de pesos, esto representa el 2.9% del valor de la producción agrícola y lo coloca como el décimo lugar de cultivo en nuestro país, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca Alimentación (SAGARPA). Entre los principales problemas que afectan la producción de trigo en El Bajío está la escasez de agua. En Guanajuato hay alrededor de 16,500 pozos, que representan aproximadamente un 12% del total nacional. Se estima que el 84% del agua extraída se utiliza en actividades agrícolas, cerca de 11% en uso urbano y 5% en la industria y otros usos. Son extraídos 2818 millones de m<sup>3</sup> anuales, contra una recarga estimada de 1979 millones de m<sup>3</sup>, lo que arroja un déficit anual de





839 millones de m<sup>3</sup>, que está ocasionando un abatimiento de 3 a 6 m/año, y elevando drásticamente los costos de energía en la extracción de agua. En cuanto a las aguas superficiales, la CNA ha estimado una generación de escurrimiento superficial de 1364 millones de m<sup>3</sup> anuales en Guanajuato, contra una extracción de 1557, lo que genera un déficit anual de 193 millones de m<sup>3</sup> (Bolaños, 2001). Una estrategia para reducir el gasto de agua es el desarrollo de genotipos de trigo que optimicen el uso de este recurso y produzcan rendimientos iguales al promedio regional. El objetivo de este trabajo identificar genotipos que mantengan altos rendimientos al evaluarse en riego normal (cuatro riegos) y riego restringido (dos y tres riegos).

## **Materiales y métodos**

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, ubicado en el Km 6.5 carretera Celaya-San Miguel de Allende Celaya, Guanajuato, a 20° 32' LN; 100° 48' LO; con una altura de 1765 msnm en el ciclo de producción otoño-invierno (OI 18-19).

El CEBAJ tiene valores de precipitación y temperatura media anual de 578 mm y 19.8°C, respectivamente. El suelo donde fue establecido el experimento es clasificado como Vertisol de textura arcillosa, con un pH de 7.8, con 2.3% de materia orgánica.

Se evaluaron tres calendarios de riego AACC (2000): dos (0,45 dds); tres (0, 45,75 dds) y cuatro riegos (0, 45, 75,100), 36 genotipos de trigo de los cuales siete son variedades comerciales utilizadas como testigos. El diseño fue alfa látice con tres repeticiones. La parcela experimental y útil fue de dos surcos de 3 m de largo con separación de 0.75 m. La densidad de siembra utilizada fue de 120 kg por hectárea, la fertilización fue de 240-60-00 para el calendario de 4 riegos, de 180-60-00 para el de tres y de 120-60-00 para el de dos riegos. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplicó al momento de la siembra y la segunda mitad del N en el primer riego de auxilio, para los calendarios de tres y cuatro riegos. En el calendario de dos riegos se aplicó todo el



fertilizante a la siembra. Las variables medidas fueron: Días a espigamiento (DE), Días a madurez (DM), Altura de planta (AP) y Rendimiento (REN).

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas para calendarios de riegos y genotipos en todas las variables. En la interacción calendarios de riego por genotipos no se detectaron diferencias significativas en ninguna de las variables (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables estudiadas en el experimento calendarios de riego evaluado en Celaya INIFAP-CEBAJ en el ciclo OI 2018-19.**

F.V.	G.L.	DE	DM	AP	RENDIMIENTO
CR	2	128.35 **	3859.391 **	1384.39 **	187096899.5 **
REP(CR)	6	5.185	13.110	8.005	797719.9
GENOTIPO (GEN)	35	84.13 **	14.79 **	127.16 **	1242940.2 **
CR*GEN	70	1.828	2.218	15.267	383976.3
ERROR	210	1.630	1.961	12.291	297370.2
TOTAL	323				
C.V.		1.583	1.095	4.020	9.504429

F.V. = Fuente de variación; C.V.= Coeficiente de variación; G.L. = grados de libertad; C.R= Calendario de riego; DAE= días a espigamiento; DAM= Días a madurez; AP= altura de planta.

La disminución del riego afectó todas las variables medidas (Cuadro 2). El calendario de dos riegos redujo en comparación con los calendarios de tres y cuatro riegos, el ciclo a espigamiento, madurez, la altura de planta y el rendimiento en 2.07 y 2.04 días, en 5.44 y 11.94 días, 7.0 y 7.4 cm y 1641 y 2603 kg/ha, respectivamente. Al comparar el calendario de tres riegos con el de cuatro se observó que la altura de planta y los días a espigamiento no se afectaron, pero sí los días a madurez y el rendimiento que disminuyeron en 6.5 días y 962 kg/ha con el calendario de tres riegos.



**Cuadro 2. Comparación de medias de los caracteres medidos en el experimento calendarios de riegos evaluado en Celaya CEBAJ en el ciclo OI 2018-19.**

CR	DE	DM	AP, cm	RENDIMIENTO, kg/ha
<b>2R</b>	79.42 b	122.15 c	84.2 c	4322.65 c
<b>3R</b>	81.49 a	127.59 b	91.2 a	5964.26 b
<b>4R</b>	81.46 a	134.09 a	91.6 a	6925.59 a
<b>DMS</b>	0.4101	0.4498	1.1261	175.16

\*Valores con la misma letra dentro de cada variable, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). DMS= Diferencia mínima significativa; DAE= Días a espigamiento; DAM= Días a madurez; AP= Altura de planta.

Al analizar las pérdidas en rendimiento al someter los genotipos a riego restringido se observó que al disminuir de cuatro a tres riegos los genotipos tuvieron pérdidas que variaron de -328 a 2436 kg/ha, en este caso el genotipo que tuvo menos pérdidas fue el 6 y el que registró las mayores fue el 29 (un trigo cristalino) (Cuadro 3). Al aplicar dos riegos en lugar de cuatro generó pérdidas en rendimiento de 1233 a 3552 kg/ha, en este caso los genotipos con menor y mayor pérdida fueron el 8 y el 5 (Maya S2007). Finalmente, las pérdidas al aplicar dos riegos en lugar de tres variaron de -453 a 2469 kg/ha, los genotipos con menor y mayor pérdida fueron el 29 y 28. El genotipo (17) más destacado en rendimiento en promedio de los tres calendarios registró pérdidas de 1124, 2756 y 1632 al pasar de 4 a 3 y 2 riegos respectivamente. Mientras que, el genotipo (24) que obtuvo el menor rendimiento en promedio registró pérdidas de 879, 2422 y 1544, al aplicar 3 y 2 riegos en lugar de cuatro. Si bien las pérdidas fueron menores en todos los casos que el genotipo más productivo, también sus rendimientos fueron inferiores en los tres calendarios de riego. Por lo que en este estudio se consideró como genotipo más eficiente en el uso del agua a aquel que registra mayores rendimientos bajo riego restringido y no aquel que tiene pérdidas menores al reducir la cantidad de agua.



**Cuadro 3. Pérdidas en rendimiento en genotipos de trigo al disminuir el número de riegos.**

Var	4R	3R	2R	Promedio	D4vs3R	D4vs2	D3vs2
17	7699	6575	4943	6406	1124	2756	1632
36	7542	6350	4857	6250	1193	2685	1493
23	7313	6485	4610	6136	827	2702	1875
18	7393	6088	4832	6104	1305	2561	1256
25	7182	6508	4544	6078	674	2639	1964
4	7384	6490	4355	6076	893	3029	2136
26	7307	6377	4472	6052	930	2835	1905
27	7341	6090	4663	6031	1252	2679	1427
35	7233	6584	4204	6007	649	3030	2381
33	7559	6129	4281	5990	1430	3277	1847
21	7335	6056	4380	5924	1279	2955	1676
22	7216	5860	4690	5922	1356	2526	1170
30	7347	5888	4515	5917	1459	2833	1373
34	7304	6353	4065	5907	951	3239	2287
3	6858	6121	4724	5901	737	2134	1397
10	7281	6052	4296	5876	1230	2986	1756
31	7232	5778	4583	5864	1454	2649	1195
12	6819	5890	4746	5818	929	2073	1144
19	6989	6299	4167	5818	690	2822	2133
8	7506	5792	3954	5751	1714	3552	1838
13	6701	6123	4410	5744	578	2291	1713
28	7114	6289	3820	5741	825	3294	2469
1	6995	6141	4050	5729	853	2945	2092
6	6246	6574	4233	5684	-328	2013	2341
9	6703	6039	4201	5648	664	2501	1837
11	6461	5852	4519	5610	609	1942	1333
15	6841	5937	3941	5573	904	2900	1996
14	6465	5834	4396	5565	631	2069	1438
7	6562	5927	4044	5511	635	2519	1884
2	6099	5764	4439	5434	335	1660	1325
20	7000	5348	3547	5299	1652	3453	1801
32	6334	5555	3934	5274	779	2400	1621
16	6241	5381	4121	5248	861	2120	1259
5	5513	5293	4280	5029	221	1233	1013
29	6289	3853	4307	4816	2436	1982	-453
24	5916	5038	3494	4816	879	2422	1544
Medias	6926	5964	4323	5738	961	2603	1642





## Conclusiones

1. Las pérdidas en rendimiento son menores al aplicar tres riegos en lugar de cuatro que al aplicar dos riegos en lugar de tres.
2. El aplicar dos riegos en lugar de cuatro propicia una pérdida de una tonelada más que el reducir los riegos de tres a dos.
3. Aplicar tres o cuatro riegos clasifica los genotipos de manera similar, sin embargo, el calendario de dos riegos clasifica de manera opuesta los genotipos que los calendarios de tres y cuatro riegos.

## Literatura citada

- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th edition. Volume I and II. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota. USA.
- Bolaños G. M., E. Palacios V., C. Scott y A. Exebio G. 2001. Estimación del volumen de agua usado en una zona de riego mediante una imagen de satélite e información complementaria. *Agrociencia*. 35 (6): 589-597
- Serna S., S.R.O. (2009). Química, almacenamiento e industrialización de cereales. D.F. México: AGT Editor.



## RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN 32 GENOTIPOS DE TRIGO EVALUADOS EN TRES LOCALIDADES

Manuel Jeronimo Arriaga<sup>104\*</sup>; Ernesto Solís Moya<sup>104</sup>; Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>104</sup>; Lourdes Ledesma Ramírez<sup>104-105</sup>; María del Pilar Suaste Franco<sup>104-105</sup> y Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño<sup>104</sup>

### Resumen

En el ciclo OI 2018-19 se evaluaron 32 genotipos de trigo en tres localidades (Guanajuato, Sonora y Coahuila), con el objetivo de identificar líneas avanzadas superiores en rendimiento a los testigos locales. El diseño para la siembra consistió de un alfa látice con dos repeticiones. Se midieron las variables: 1) altura de planta (AP), 2) días a espigamiento (DE), 3) días a madurez (DM), 4) índice de cosecha (IC), 5) rendimiento de grano (RG), 6) biomasa (BIO), 7) espigas por metro cuadrado (EPM2), 8) peso de 1000 granos (PMG), y 9) granos por metro cuadrado (GPM2). Los resultados mostraron que la localidad de Sonora obtuvo el mayor rendimiento, mientras que Guanajuato y Coahuila obtuvieron rendimientos inferiores a la media. De acuerdo al ángulo de los vectores, las localidades presentaron resultados contrastantes, es decir, clasificaron a los genotipos de manera diferenciada. Entre genotipos, el mayor rendimiento lo obtuvo el 11, alcanzando 7155 kg/ha superando (Tukey  $\leq 0.05$ ) con 1,770 kg/ha al de menor rendimiento (31). A través de localidades, nueve genotipos superaron (numéricamente) el promedio de los testigos con rangos de 48 a 399 kg/ha. Los genotipos con mayor rendimiento obtuvieron los mayores valores de biomasa y granos por metro cuadrado. El genotipo más destacado en rendimiento (11) registró ciclo biológico (DE y DM) y AP igual que el promedio de los testigos incluidos en el estudio.

<sup>104</sup> Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222. \*Autor por correspondencia: [jeross456@gmail.com](mailto:jeross456@gmail.com).

<sup>105</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903



**Palabras clave:** fitomejoramiento, avance genético, líneas avanzadas

## Introducción

Se estima que la población mundial para 2050 es del orden de nueve mil millones de personas (Lutz y KC, 2010); lo que resulta en una mayor demanda de alimentos y piensos (Hall y Richards, 2013). A menos que se logre incrementar la producción mundial de alimentos en un 70%, el número de personas que padecen hambre seguirá aumentando (FAO, 2009).

Entre los cultivos principales, el trigo es uno de los más críticos para garantizar la alimentación humana (Braun *et al.*, 2010), ya que proporciona las necesidades alimentarias de aproximadamente el 35% de la población mundial, genera la mayor cosecha total y es el producto de grano más comercializado (Godfray *et al.*, 2010; Tilman *et al.*, 2011; Ray *et al.*, 2013). El estudio y la comprensión de los fenotipos y genotipos de sus rasgos agronómicos puede dar como resultado una mejora en la estabilidad de su rendimiento (Guo *et al.*, 2018).

Por eso, con el fin de ayudar a garantizar la seguridad alimentaria mundial, ha surgido un nuevo Consorcio en pro del Potencial de Rendimiento de Trigo (WYCYT, por sus siglas en inglés), cultivo básico de gran importancia. Dicho consorcio se orienta a mejorar los rendimientos de trigo que tienen que aumentar 1.6% anual para satisfacer una demanda proyectada de 760 millones de toneladas en 2020.

En México el mejoramiento genético de trigo para riego se enfoca principalmente en tres regiones: El Bajío, Noroeste y Norte. Estas regiones tienen en común al menos cuatro características relevantes para su cultivo: 1) periodo de cultivo durante el ciclo otoño-invierno, 2) temperaturas relativamente bajas durante las primeras etapas de crecimiento ( $<12^{\circ}\text{C}$ ), 3) precipitaciones durante el ciclo prácticamente insignificantes, y 4) superficie sembrada en función de la disponibilidad de agua para riego (Huerta-Espino *et al.*, 2011). El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento y sus componentes de 32 genotipos de trigo en tres localidades.



## Materiales y métodos

Durante el ciclo 2018-2019, se evaluaron las poblaciones más recientes entregadas por el Consorcio de Rendimiento de Trigo: WYCYT (Wheat Yield Consortium Yield Trial) que está conformado por 32 accesiones (Cuadro 1). Estas poblaciones se evaluaron en tres localidades diferentes, representativas de las zonas de producción de México: Guanajuato, Sonora y Coahuila.

**Cuadro 1. Genotipos que se evaluaron en WYCYT en tres localidades de México, durante el ciclo OI 2018-19.**

Entrada	Variedad o cruza
1	LOCAL CHECK
2	SERI/BAV92//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
3	SUP152//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
4	SUP152//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
5	WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
6	WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
7	WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1/3/MUCUY
8	WBLL1/YANGLING SHAANXI/ESDA/3/ROLF07/4/TACUPETO F2001/SAUAL//BLOUK #1
9	PAVLOVKA/V15.89C//NAVJ07/3/ROLF07/4/MUCUY
10	PAVLOVKA/V15.89C//NAVJ07/3/ROLF07/4/MUCUY
11	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
12	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
13	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
14	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
15	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
16	BABAX/LR42//BABAX/3/VORB/4/COPIO
17	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (465)/3/2*MUCUY
18	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (465)/3/2*MUCUY
19	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (465)/3/2*MUCUY
20	68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (784)/6/2*MUCUY
21	68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (784)/6/2*MUCUY
22	68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (784)/6/2*MUCUY
23	GAN/AE.SQUARROSA (897)//KACHU/3/BAJ #1
24	SCOOP_1/AE.SQUARROSA (634)//KACHU/3/BAJ #1
25	ARLIN_1/AE.SQUARROSA (1017)//KACHU/3/BAJ #1
26	ARLIN_1/AE.SQUARROSA (1017)//KACHU/3/BAJ #1
27	SERI/BAV92//PUB94.15.1.12/WBLL1
28	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1
29	BAJ #1
30	BORLAUG100 F2014
31	SOKOLL
32	BCN/WBLL1//ROLF07/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA





El diseño para la siembra consistió de un alfa látice con dos repeticiones. La parcela experimental fue dos surcos de dos hilos de cinco metros, la densidad de siembra fue de 120 kg/ha. La dosis de fertilización en Guanajuato fue de 240-60-00, en Coahuila 12-60-00 y en Sonora de 240-60-00. El calendario de riego utilizado en Guanajuato fue de 5 riegos, a los 0, 35, 65, 85 y 100 días, para Coahuila fue de 0, 40, 70, 92 y 113 días y para Sonora de 0, 35, 65, 85 y 105 días.

Variables evaluadas. Se midieron los siguientes caracteres fenotípicos:

- 1) Días a espigamiento (DE), número de días desde la siembra hasta que el 50% de las espigas estuvo expuestas.
- 2) Altura de planta (AP), medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal.
- 3) Días a madurez (DM), desde la siembra al momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas se tornaron de color amarillento.
- 4) Rendimiento de grano (RG), en gramos por parcela y se transformó a kg/ha.
- 5) Peso de 1000 granos (PMG) en mg;
- 6) Índice de cosecha (IC).
- 7) Biomasa (BIO), en t/ha.
- 8) Granos por metro cuadrado (GPM<sup>2</sup>).
- 9) Espigas por metro cuadrado (EPM<sup>2</sup>).

La información obtenida se sometió a un análisis de varianza combinado para cada una de las nueve variables mencionadas anteriormente. Se realizó las pruebas de comparaciones de medias usando la técnica de Tukey (0.05). Se realizó un análisis de la interacción genotipo ambiente utilizando el método AMMI. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3.

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza (Cuadro 2) detectaron diferencias altamente significativas en los factores localidades y genotipos en todas las características medidas. En la interacción localidades por genotipos se detectaron diferencias altamente



significativas en DE, DM, REND y PMG. Los CV fueron menores de 10% en todas las variables excepto en GPM2 que registró un valor de 12.5%.

**Cuadro 2. Cuadrados medios a través de localidades de las variables estudiadas en el experimento WYCYT, evaluadas en tres localidades en el ciclo OI 2018-19.**

F.V.	G.L.	DE	AP	DM	REND	PMG	IC	BIO	GPM2	EPM2
<b>LOC</b>	2	1748.40 **	2917.45**	74.52**	100246016.8**	3108.54**	0.0047**	377.80**	251764636**	22486.25**
<b>REP(LOC)</b>	3	3.81	73.40625	5.29	1824211.9	3.91	0.0104	19.18	9434572.4	6028.3385
<b>GEN</b>	31	34.00 **	143.62**	22.18**	1066422.8**	55.02**	0.0027**	6.16**	10585727.1**	7282.09**
<b>LOC*GEN</b>	62	10.90 **	22.95	5.87**	557204.7**	17.93**	0.0011473	2.8797597	2778070.7	1904.0025
<b>Error</b>	93	2.08	28.8256	2.34543	199658.7	6.967344	0.0007882	1.674931	1440953	1717.8009
<b>Total</b>	191									
<b>CV</b>		1.70	5.379034	1.198908	6.856306	5.812103	6.375195	8.69162	8.286031	12.47582

F.V. = fuente de variación; G.L. = grados de libertad; DE = días a floración; AP= altura de planta; DM = días a madurez; REND = rendimiento en kg/ha; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa en t/ha; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado.

La comparación de medias para localidades (Cuadro 3), mostró que el ciclo más corto a espigamiento ocurrió en Celaya registrando también la mayor altura en esta localidad. El ciclo más largo con diferencias de 10 días, en promedio, fue Coahuila. En días a madurez las localidades Coahuila (128 días) y Sonora (128 días) presentaron los ciclos más largos con dos días de diferencia con respecto a Celaya. Sonora registró el mayor rendimiento con 7,960 kg/ha, mayor en 2,088.73 kg/ha en promedio, con respecto a Coahuila y Celaya. También en Sonora se obtuvieron los mayores valores en las variables PMG, IC, BIO y GPM2. Las diferencias en rendimiento entre Sonora y Guanajuato (Celaya) se debieron a que en esta última localidad no hubo un buen llenado de grano, ya que registró, en promedio, 13 g menos que Sonora en la variable PMG.

**Cuadro 3. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento WICYT, evaluados en el ciclo OI 2018-19.**

LOCALIDAD	DE	AP cm	DM	REND Kg/ha	PMG	IC	BIO t/ha	GPM2	EPM2
<b>Coahuila</b>	90.51 a	92.25 c	128.46 a	5720.73 b	47.12 b	0.466 a	12.29 c	12196.8 b	352.20 a
<b>Sonora</b>	82.67 b	101.95 b	128.25 a	7959.64 a	51.37 a	0.467 a	17.10 a	15635.8 a	315.03 b
<b>Celaya</b>	80.60 c	105.23 a	126.5 b	5870.91 b	37.75 c	0.386 b	15.27 b	15628.4 a	329.40 b
<b>DMS</b>	0.6067	2.2606	0.6448	188.14	1.1114	0.0118	0.5449	505.43	17.451

DMS= Diferencia mínima significativa, DAE = días a espigamiento; AP= altura de planta; DAM = días a madurez; REND= rendimiento en kg/ha; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa en t ha<sup>-1</sup>; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado.



La variabilidad fenotípica entre genotipos de trigo harinero podría ser de utilidad para identificar líneas avanzadas sobresalientes para ser incorporadas en un programa de mejoramiento genético o para recomendación en siembra comercial (Velasco-Magallanes *et al.*, 2012). Esto se observa en los resultados de la prueba de comparación para genotipos a través de localidades (Cuadro 4). En DE el genotipo 7 mostró mayor ciclo con 90 días; en cambio, la línea 23 registró el menor con 80 días. En altura el 31 registró el mayor valor con 110 cm superando con 19 cm a los genotipos 11 y 17 que obtuvieron 91 cm. El genotipo 29 fue el más precoz alcanzando su madurez en solo 123 días, menor en 9 días al 7 que fue el más tardío. En rendimiento existió una diferencia de 1,770 kg/ha entre los genotipos de mayor (11) y menor rendimiento (31). El mayor peso de grano lo obtuvo el genotipo 12 (52 g) y el menor el 23 (41 g) existiendo una diferencia de 11 g; los genotipos 2, 4, 7, 20 y 31 registraron los menores índices de cosecha oscilando entre 0.40 y 0.41; en cambio, el genotipo 23 alcanzó un índice de cosecha de 0.49. Se observó una diferencia de 3,933 kg/ha en la producción de biomasa entre los genotipos 11 (mayor) y 29 (menor). La diferencia de GPM2 fue de 5,616 granos entre los genotipos 11 (mayor) y 31 (menor).

**Cuadro 4. Comparaciones de medias para genotipos a través de localidades de los caracteres medidos en el experimento WYCYT, evaluado en el ciclo OI 2018-19.**

GENOTIPO	DAE	AP cm	DAM	RENDIMIENTO kg/ha	PMG	IC	BIO t/ha	GPM2	EPM2
1	83	94	128	6756	47	0.485	14.017	14466	273
2	85	95	129	6291	45	0.410	15.633	14334	359
3	86	96	129	7129	43	0.448	16.017	16488	363
4	83	97	127	6525	45	0.413	15.867	14666	369
5	84	99	126	6751	43	0.422	16.167	15749	340
6	82	101	127	6491	46	0.432	15.067	14214	292
7	90	102	132	6147	43	0.405	15.150	14411	334
8	85	105	129	7122	45	0.435	16.350	15853	359
9	85	97	129	6954	44	0.452	15.483	15842	365
10	83	95	127	6527	44	0.437	15.050	14708	337
11	85	91	131	7155	43	0.457	15.917	16766	341
12	83	107	126	6839	52	0.437	15.833	13226	305
13	84	96	126	6730	46	0.440	15.500	14766	335

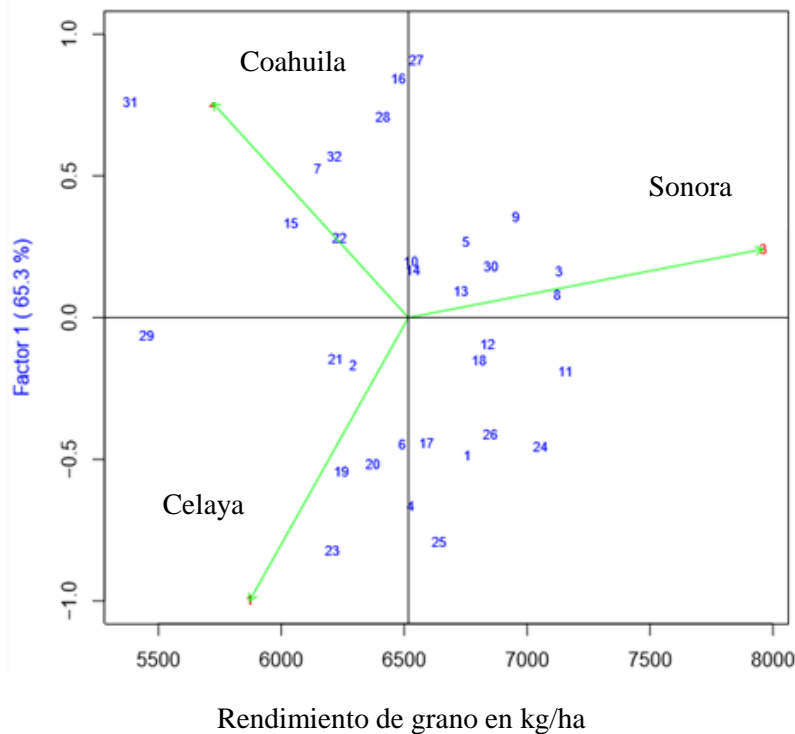


GENOTIPO	DAE	AP cm	DAM	RENDIMIENTO kg/ha	PMG	IC	BIO t/ha	GPM2	EPM2
14	83	104	126	6534	51	0.437	15.000	12887	303
15	86	104	128	6039	48	0.432	14.050	12828	295
16	87	101	129	6476	46	0.447	14.533	13944	315
17	85	91	128	6590	44	0.460	14.350	15121	332
18	86	105	129	6804	48	0.445	15.433	14276	324
19	83	101	127	6244	46	0.457	13.683	13629	317
20	83	104	127	6372	52	0.415	15.467	12323	294
21	84	102	126	6220	45	0.438	14.267	13681	300
22	88	97	130	6236	42	0.443	14.067	14756	333
23	80	92	124	6207	41	0.493	12.867	15415	410
24	84	101	129	7053	45	0.435	16.533	15738	395
25	84	102	127	6641	41	0.442	14.950	16329	367
26	83	102	126	6850	45	0.433	15.767	15410	371
27	88	104	129	6549	42	0.427	15.383	15611	361
28	85	103	128	6413	51	0.458	13.983	12630	290
29	80	98	123	5452	44	0.432	12.600	12658	360
30	84	97	126	6853	46	0.482	14.100	14784	291
31	89	110	130	5385	49	0.402	13.483	11150	271
32	88	108	130	6215	42	0.443	13.917	14928	330
<b>DMS</b>	3.2474	12.1	3.4516	1007.1	5.949	0.0633	2.9168	2705.4	93.411

DMS= Diferencia mínima significativa.

En el análisis AMMI (Figura 1), explica el comportamiento del componente uno con el rendimiento, en el eje de las abscisas (X) se lee el rendimiento de los genotipos y las localidades; en cambio, el eje de las ordenadas (Y) mide la estabilidad de los genotipos. En este gráfico se observa que Sonora obtuvo el mayor rendimiento, mientras que Coahuila y Guanajuato (Celaya) obtuvieron rendimientos inferiores a la media. Los ángulos de los vectores de las localidades fueron mayores a 90°, lo cual indica que el comportamiento de los genotipos en cada localidad fue diferente. La longitud de los vectores de las localidades indicó un comportamiento contrastante de los genotipos en cada localidad. La línea 11 obtuvo el mayor rendimiento y el 29 y 31 los menores. Los genotipos más estables fueron el 29 (estable con bajo rendimiento), el 13 con rendimiento medio y el 8 con alto rendimiento. Este último sería el genotipo ideal del experimento, ya que presentó un rendimiento muy cercano al 11 pero lo superó en estabilidad.





**Figura 1. Biplot de la interacción genotipo con localidades realizado con el modelo AMMI para componente principal y rendimiento (kg/ha) de 32 genotipos de trigo evaluado en tres localidades en el ciclo OI 2018-2019.**

## Conclusiones

1. El análisis a través de localidades permitió identificar nueve genotipos que superaron el rendimiento promedio de los testigos con rangos de 48 a 399 kg/ha, de este grupo de materiales, al menos tres, (11, 8 y 3) pueden considerarse como candidatos a variedades en las localidades de Sonora y Coahuila, ya que tienen ciclos biológicos similares a los testigos de estas localidades. Para el Bajío pueden usarse como progenitores en el programa de cruzas, ya que son de ciclo más largo que el testigo local.



## Literatura citada

- Braun, H. J., Atlin, G., and Payne, T. 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. p. 115-138. M.P. Reynolds (Ed.), *Climate Change and Crop Production*, CABI, Wallingford, UK.
- FAO. 2009. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Foro de expertos de alto nivel "Como alimentar al mundo 2050. Rome 12-13 de octubre.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967):812-8
- Guo, J., Shi, W., Zhang, Z., Cheng, J., Sun, D., Yu, J., Li, X. Guo, P., and Hao, C. 2018. Association of yield-related traits in founder genotypes and derivatives of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology*. 18:38
- Hall, A. J and Richards, R. A. 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research* 143:18-33.
- Huerta-Espino, J., Villaseñor-Mir, E. H., Espitia-Rangel, E., Solís-Moya, E., and Ginkel, M. Van. 2011. The history of wheat breeding in Mexico. p. 275-307. In: *The World Wheat Book 2: A History of Wheat Breeding*. Volume 2. A. William, J. Bonjean, M. van Ginkel (eds.). Lavoisier Publishing. Paris, France.
- Lutz, A.G., and KC, S. 2010. Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philos. Trans.R.Soc.* B365:2779–2791.
- Ray, D. K., N. D., Mueller, P. C., West, and J. A., Foley. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS One* 8(6): e66428.
- Tilman, D., C., Balzer, J., Hill, and B. L., Befort. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc Natl Acad Sci.* 108(50):20260-4.
- Velasco-Magallanes, J. E., D. J., Pérez L., S., Rajaram D., A., Balbuena M., M., Albarrán M., y A., González H. 2012. Análisis de 20 genotipos de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(8):1521-1534.



## VALIDACIÓN DE VARIEDADES DE TRIGO LIBERADAS EN 2016 PARA EL BAJÍO

Ernesto Solís Moya<sup>106\*</sup>, Lourdes Ledesma Ramírez<sup>106-107</sup>, Luis Antonio Mariscal Amaro<sup>106</sup>, María del Pilar Suaste Franco<sup>106-107</sup>, Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño<sup>106</sup> y Miguel Ángel Gamucero Zárate<sup>106-107</sup>

### Resumen

La producción promedio de trigo en México es de 3.3 millones de t (SIAP, 2018), mientras que el consumo es de 7.17 millones de t (SAGARPA, 2018). La región del Bajío, que comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro, es la segunda zona productora de trigo del país, con una superficie cosechada en el periodo 2000-2017 de 119,954 ha. De esta superficie en Guanajuato se cosecharon 62,625 ha con una producción de 334,869 t y un rendimiento medio de 6.4 t/ha; en Michoacán, Jalisco y Querétaro se cosecharon 30,955, 26,003 y 371 ha, con una producción de 156,468, 138,766 y 2537 t y un rendimiento medio de 5.0, 5.6 y 5.6 t/ha, respectivamente (SIAP, 2018). El objetivo de este estudio fue validar el rendimiento e índice de cosecha de cinco variedades nuevas de trigo harinero. Durante el ciclo otoño invierno (OI) 2017-18 se sembraron en nueve localidades del Bajío las variedades de trigo Elia M2016, Ibis M2016, Cisne F2016, Faisán S2016 y Alondra F2014. La fecha de siembra de las localidades fue desde el 2 de diciembre del 2018 al 21 de enero de 2019. La densidad de siembra en todos los casos fue de 150 kg/ha. El manejo experimental que se aplicó a las parcelas, en control de malezas, dosis y épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, así como calendario de riegos fue el que realiza en el cultivo el productor. El tamaño de parcela de cada variedad fue de 3000 m<sup>2</sup>. Las comparaciones de medias para localidades mostraron que la localidad de La Cal Grande obtuvo mayor rendimiento que las localidades de Cárdenas, Salamanca; Los Prietos, Salamanca; Inifap en Celaya y el Chiflido,

<sup>106</sup> Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

<sup>107</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. \*[esolismoya@hotmail.com](mailto:esolismoya@hotmail.com)



Pénjamo. En IC la localidad que registró el mayor valor fue Villagrán con 0.50. La variedad Cisne F2016 obtuvo el mayor rendimiento y superó estadísticamente a las otras tres variedades nuevas Elia M2016, Ibis M2016 y Faisán S2016. Cisne F2016 también superó a Alondra F2014 (testigo) pero solo numéricamente.

**Palabras clave:** trigo harinero, El Bajío, índice de cosecha, rendimiento, localidades

## Introducción

El trigo (*Triticum* spp.) es uno de los principales cereales de consumo a nivel mundial. La producción estimada en el ciclo 2018-2019 es de 2586.2 millones de t, de las cuales el 28.46% (736.1 millones de t) serán de trigo, las previsiones indican que en 2018/19 el comercio mundial de cereales seguirá siendo en general robusto. Se calcula que el comercio de trigo superará el nivel de la campaña precedente, aunque seguirá estando por debajo del máximo registrado en 2016/17 (FAO, 2018). La producción promedio de trigo en México es de 3.3 millones de t (SIAP, 2018), mientras que el consumo es de 7.17 millones de t (SAGARPA, 2018). Los principales estados productores son Sonora, Baja California, Guanajuato, Sinaloa y Michoacán con 48.45, 13.19, 10.12, 8.63 y 7.60%, respectivamente. La región del Bajío, que comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro, es la segunda zona productora de trigo del país, con una superficie cosechada en el periodo 2000-2017 de 119,954 ha. De esta superficie en Guanajuato se cosecharon 62,625 ha con una producción de 334,869 t y un rendimiento medio de 6.4 t/ha; en Michoacán, Jalisco y Querétaro se cosecharon 30,955, 26,003 y 371 ha, con una producción de 156,468, 138,766 y 2537 t y un rendimiento medio de 5.0, 5.6 y 5.6 t/ha, respectivamente (SIAP, 2018). El objetivo de este estudio fue validar el rendimiento e índice de cosecha de cinco variedades nuevas de trigo harinero en las parcelas de productores de la región denominada El Bajío.





## **Materiales y métodos**

Durante el ciclo otoño invierno (OI) 2017-18 se sembraron en las localidades de Cruces de Rojas, Pénjamo (CRPenj); La Cal Grande, Pénjamo (LCGPenj); Valle de Santiago (VS); Los Prietos, Salamanca (LPSal); Villagrán (VG); Cárdenas, Salamanca (CarSal); Irapuato (Irap); El Chiflido, Pénjamo (EChPenj) y en el Inifap en Celaya las variedades de trigo Elia M2016, Ibis M2016, Cisne F2016, Faisán S2016 y Alondra F2014. La fecha de siembra de las localidades fue desde el 2 de diciembre del 2018 al 21 de enero de 2019. La densidad de siembra en todos los casos fue de 150 kg/ha. El manejo experimental que se aplicó a las parcelas, en control de malezas, dosis y épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, así como calendario de riegos fue el que realiza en el cultivo el productor. El tamaño de parcela de cada variedad fue de 3000 m<sup>2</sup>. Se tomaron cuatro muestreos de un metro cuadrado para determinar el rendimiento y el índice de cosecha de cada genotipo en las nueve localidades. Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias por localidad y a través de localidades usando el programa estadístico SAS versión 9.3. La interacción genotipo ambiente para rendimiento se analizó con el modelo GGE biplot usando el programa GEA-R.

## **Resultados y discusión**

### **Villagrán**

El manejo agronómico de la parcela fue el del productor que incluyó siembra el 27 de diciembre de 2017, la aplicación de cuatro riegos y de una dosis de fertilizante de 240-60-00. Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas entre variedades en índice de cosecha, pero no para rendimiento de grano (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad de Villagrán, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	2408621 ns	0.00099 *
Repeticiones	3	870197	0.00059
Error	12	1486167	0.00030
CV		15.0	3.5

**Cuadro 2. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en Villagrán, Gto., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	8728 a	0.51 a
Faisán S2016	8646 a	0.47 b
Alondra F2014	8604 a	0.49 ab
Ibis M2016	7869 a	0.50 ab
Cisne F2016	6908 a	0.50 ab
DSH	2748	0.04b

Las diferencias numéricas en rendimiento fueron a favor de la variedad Elia M2016 con rendimiento de 8720 kg/ha, superior en 1820 kg/ha a Cisne F2016 que obtuvo el menor rendimiento. Los índices de cosecha (IC) de esta parcela fueron altos entre 0.47 y 0.51, en este caso la variedad de mayor rendimiento obtuvo también el IC más alto.

### Cruces de Rojas, Pénjamo

En esta localidad se sembró el 19 de diciembre, se aplicó una dosis de fertilizante de 260-46-25. Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas en rendimiento e índice de cosecha (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad de Cruces de Roja, Pénjamo, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	3448300 *	0.00187 *
Repeticiones	3	2662453	0.00025
Error	12	995553	0.00042
CV		11.8	4.7



En Cruces de Rojas, Pénjamo la variedad Cisne F2016 obtuvo el mayor rendimiento, pero solo superó estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Ibis M2016 (Cuadro 4). Los índices de cosecha fueron inferiores a los observados en Villagrán. En esta localidad también la variedad más rendidora (Cisne F2016) obtuvo el mayor valor y nuevamente la variedad Faisán S2016 obtuvo el menor IC.

**Cuadro 4. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en Cruces de Rojas, Pénjamo, Gto., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Cisne F2016	9535 a	0.47 a
Alondra F2014	8985 ab	0.44 ab
Elia M2016	8660 ab	0.45 ab
Faisán S2016	7805 ab	0.41 b
Ibis M2016	7215 b	0.44 ab
DSH	2248	0.05

#### El Chiflido Pénjamo, Gto.

En el Chiflido, Pénjamo, Gto., se sembró el 28 de diciembre de 2017, se fertilizó con la dosis 222-92-00 y se aplicaron cuatro riegos a los 0-30-52 y 87 días después de la siembra. Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas entre variedades para rendimiento de grano e índice de cosecha (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad de El Chiflido, Pénjamo, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	23617070 **	0.051 **
Repeticiones	3	807380	0.001
Error	12	445563	0.0006
CV		12.5	6.4

En esta localidad de Pénjamo nuevamente la variedad Cisne F2016 obtuvo el mayor rendimiento, sin embargo, no superó significativamente al Testigo Alondra F2014 (Cuadro 6). Cisne F2016 superó significativamente (Tukey  $\leq 0.05$ ) el rendimiento de Faisán S2016, Elia M2016 e Ibis M2016 con 1900, 4775 y 5590 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las variedades más productivas registraron los mayores IC, destacando Cisne F2016



y Alondra F2014 con 0.46, superior en 0.21 unidades al obtenido por las variedades Elia M2016 e Ibis M2016.

**Cuadro 6. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en El Chiflido, Pénjamo, Gto., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Cisne F2016	8005 a	0.46 a
Alondra F2014	7050 ab	0.46 a
Elia M2016	3230 c	0.25 b
Faisán S2016	6105 b	0.45 a
Ibis M2016	2415 c	0.25 b
DSH	1504	0.05

**Inifap, Celaya, Guanajuato**

En Celaya, Gto., se sembró el 21 de enero, se aplicó una dosis de fertilización de 240-60-00 y tres riegos a los 0-35 y 75 días después de la siembra. En esta localidad no se detectó diferencias significativas entre variedades en rendimiento de grano, pero si en IC (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad de Inifap, Celaya, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	358730	0.0015 *
Repeticiones	3	611273	0.0009
Error	12	421023	0.0005
CV		10.7	5.0

Como se reportó antes no se detectó diferencias significativas entre variedades para rendimiento, sin embargo, las diferencias numéricas estuvieron a favor de la variedad Elia M2016 que superó a Alondra F2014 (testigo) con 795 kg ha<sup>-1</sup>. En IC Ibis M2016 superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Alondra F2014 con 0.05 unidades (Cuadro 8).





**Cuadro 8. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en INIFAP, Celaya, Gto., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	6425 a	0.44 ab
Cisne F2016	6225 a	0.45 ab
Ibis M2016	6040 a	0.46 a
Faisán S2016	5945 a	0.44 ab
Alondra F2014	5630 a	0.41 b
DSH	1462	0.05

### Cárdenas, Salamanca

En Cárdenas, Salamanca, Gto., se sembró 2 de diciembre de 2017, se aplicó una dosis de fertilización de 240-60-00 y cuatro riegos a los 0-35, 70 y 100 días después de la siembra. En esta localidad se detectaron diferencias altamente significativas entre variedades en rendimiento de grano, e IC (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad de Cárdenas, Salamanca, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	1503906 **	0.0009 **
Repeticiones	3	554613	0.00007
Error	12	205038	0.00007
CV		6.4	1.8

La variedad más rendidora en esta localidad fue Ibis M2016 que superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Faisán M2016 y Elia M2016 con 1173 y 1545 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El testigo Alondra F2014 superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Faisán S2016, pero rindió lo mismo que Ibis M2016, Elia M2016 y Cisne F2016. En IC Faisán S2016 fue inferior al testigo y las otras tres variedades nuevas (Cuadro 10).



**Cuadro 10. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en Cárdenas, Salamanca, Gto., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Ibis M2016	7933 a	0.45 a
Alondra F2014	7513 ab	0.44 a
Cisne F2016	6968 abc	0.46 a
Faisán S2016	6760 bc	0.42 b
Elia M2016	6388 c	0.45 a
DSH	1021	0.018

### La Cal Grande, Pénjamo, Gto.

La parcela de validación de La Cal grande, Pénjamo, Gto., se sembró el 26 de diciembre del 2017, se aplicó una dosis de fertilización de 330-90-30 más micros y cuatro riegos a los 0-35, 60 y 80 días después de la siembra. En esta localidad se detectaron diferencias significativas entre variedades en rendimiento de grano, e IC (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad La Cal Grande, Pénjamo, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	5366520*	0.0045*
Repeticiones	3	932553	0.0010
Error	12	1326320	0.0012
CV		12.7	7.7

La variedad más rendidora en esta localidad fue Ibis M2016 que superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Faisán M2016 con 2670 kg ha<sup>-1</sup>. El testigo Alondra F2014 superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Faisán S2016, Elia M2016 y Cisne F2016 pero rindió lo mismo que Ibis M2016, En IC Faisán S2016 fue inferior al testigo y las otras tres variedades nuevas (Cuadro 12).



**Cuadro 12. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en La Cal Grande, Pénjamo, Guanajuato., durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	8670 ab	0.46 ab
Cisne F2016	9750 ab	0.48 a
Ibis M2016	9920 a	0.45 ab
Faisán S2016	7250 b	0.39 b
Alondra F2014	9915 a	0.46 ab
DSH	2596	0.08

### Los Prietos, Salamanca, Gto.

En la localidad de Los Prietos, Salamanca, Gto., se sembró el 30 de diciembre del 2017, se aplicó una dosis de fertilización de 70.5-07-07; 60 unidades del nitrógeno fueron aportadas por la aplicación de 300 kg de sulfato de amonio y 10.5 unidades por la aplicación de 700 kg de composta. Las unidades de fósforo y el potasio fueron aportados por la aplicación de la composta. Además, se aplicó 8 kg/ha de triple 19, más micros. Se aplicó un calendario de cuatro riegos a los 0-45, 75 y 100 días después de la siembra. En esta localidad se detectaron diferencias significativas entre variedades en rendimiento de grano, pero no en IC (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad Los Prietos, Salamanca, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	436708 *	0.0006
Repeticiones	3	533928	0.0001
Error	12	132440	0.0004
CV		5.3	3.9

Aunque en el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas entre variedades para rendimiento de grano la prueba de Tukey que es más estricta declaró iguales los rendimientos de las cinco variedades. Las diferencias numéricas estuvieron a favor de la variedad Elia M2016 que superó a Alondra F2014 (testigo) con 158 kg/ha. En IC la variación que se presentó fue de 0.47 a 0.50, estas diferencias como ya se indicó no fueron significativas (Cuadro 14).



**Cuadro 14. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en la localidad Los Prietos, Salamanca, Guanajuato, durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	7125 a	0.50 a
Cisne F2016	6985 a	0.49 a
Ibis M2016	6475 a	0.48 a
Faisán S2016	6395 a	0.47 a
Alondra F2014	6967 a	0.47 a
DSH	820	0.04

### Valle de Santiago

En esta localidad el manejo incluyó siembra el 30 de diciembre del 2017, dosis de fertilización de 240-60-00 y calendario de riegos a los 0-45-75 y 100 días. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre variedades para rendimiento de grano, pero sí para índice de cosecha (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad Valle de Santiago, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	3	2858944	0.003 *
Repeticiones	3	1703419	0.0003
Error	9	1690786	0.0008
CV		15.9	6.2

No se detectó diferencias significativas entre variedades para rendimiento, sin embargo, las diferencias numéricas estuvieron a favor de la variedad Cisne F2016 que superó a Alondra F2014 (testigo) con 1327 kg ha<sup>-1</sup>. En IC Elia M2016 superó (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Alondra F2014 con 0.07 unidades (Cuadro 16).

**Cuadro 16. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en la localidad Valle de Santiago, Guanajuato, durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	8650 a	0.49 a
Cisne F2016	9090 a	0.47 ab
Faisán S2016	7220 a	0.46 ab
Alondra F2014	7763 a	0.42 b
DSH	2870	0.06





## Irapuato

En esta localidad el manejo incluyó siembra el 25 de diciembre del 2017, dosis de fertilización de 240-60-00 y calendario de riegos a los 0-45-75 y 100 días. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre variedades para rendimiento de grano, pero no para índice de cosecha (Cuadro 17).

**Cuadro 17. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) en la localidad Irapuato, Guanajuato.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Variedades	4	1590728*	0.00023
Repeticiones	3	2310391	0.00016
Error	12	390499	0.00011
CV		7.3	2.03

La variedad Cisne F2016 obtuvo más de 9 t ha<sup>-1</sup> y superó significativamente (Tukey  $\leq 0.05$ ) a Alondra F2014 (testigo) con 1423 kg ha<sup>-1</sup>. En IC las diferencias numéricas estuvieron a favor de Cisne F2016 y Faisán S2016 (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Comparaciones de medias entre variedades con las variables rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC), sembradas en la localidad Irapuato, Guanajuato, durante el ciclo 2017-18.**

Variedad	R, kg/ha	IC
Elia M2016	8827 ab	0.47 a
Cisne F2016	9246 a	0.48 a
Faisán S2016	7892 ab	0.48 a
Alondra F2014	7823 b	0.46 a
Ibis M2916	8819 ab	0.47 a
DSH	1408	0.02

## Análisis a través de localidades

Los análisis de varianza combinados detectaron diferencias altamente significativas para variedades y la interacción localidades por variedades y significativas para localidades (Cuadro 19).



**Cuadro 19. Cuadrados medios de rendimiento de grano (R) e índice de cosecha (IC) a través de localidades.**

FV	GL	R, kg/ha	IC
Localidades (Loc)	8	29816773	0.028
Variedades (Varie)	4	6646224 **	0.005
Repeticiones	3	157557	0.0002
Loc*Varie	32	4745220 **	0.0068
Error	12	939959	0.00051
CV		12.9	5.0

Las comparaciones de medias para localidades (Cuadro 20) mostraron que la localidad de La Cal Grande (LCGPen) obtuvo mayor rendimiento (Tukey  $\leq 0.05$ ) que las localidades de Cárdenas, Salamanca; Los Prietos, Salamanca; Inifap en Celaya (InifapCel) y el Chiflido, Pénjamo, con diferencias de 1989, 2317, 3048 y 3558 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En IC la localidad que registró el mayor valor fue Villagrán (VG) con 0.50, superior en 0.14 unidades a la localidad del Chiflido, Pénjamo que registró un valor de 0.36.

**Cuadro 20. Comparación de medias entre localidades**

Loc	R, kg/ha	IC
LCGPen	9101 a	0.45 c
Irapuato	8522 a	0.47 ab
CRPej	8440 a	0.44 c
VS	8164 a	0.46 cb
VG	8151 a	0.50 a
CarSal	7112 b	0.44 c
LPSal	6784 bc	0.48 ab
InifapCel	6053 cd	0.44 c
ChPenj	5543 d	0.36 d
DSH	967	0.02

LCGPenj = La Cal Grande, Pénjamo, CRPenj = Cruces de Rojas, Pénjamo; VS = Valle de Santiago, VG = Villagrán, (CarSal = Cárdenas, Salamanca, Los Prietos, Salamanca (LPSal), El Chiflido, Pénjamo (ChPenj) y en Celaya (InifapCel).

La comparación de medias para variedades mostró que Cisne F2016 obtuvo el mayor rendimiento y superó estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ) a las otras tres variedades nuevas Elia M2016, Ibis M2016 y Faisán S2016 con 668, 880 y 966 kg ha<sup>-1</sup>. Cisne F2016 también superó a Alondra F2014 (testigo) pero solo numéricamente.



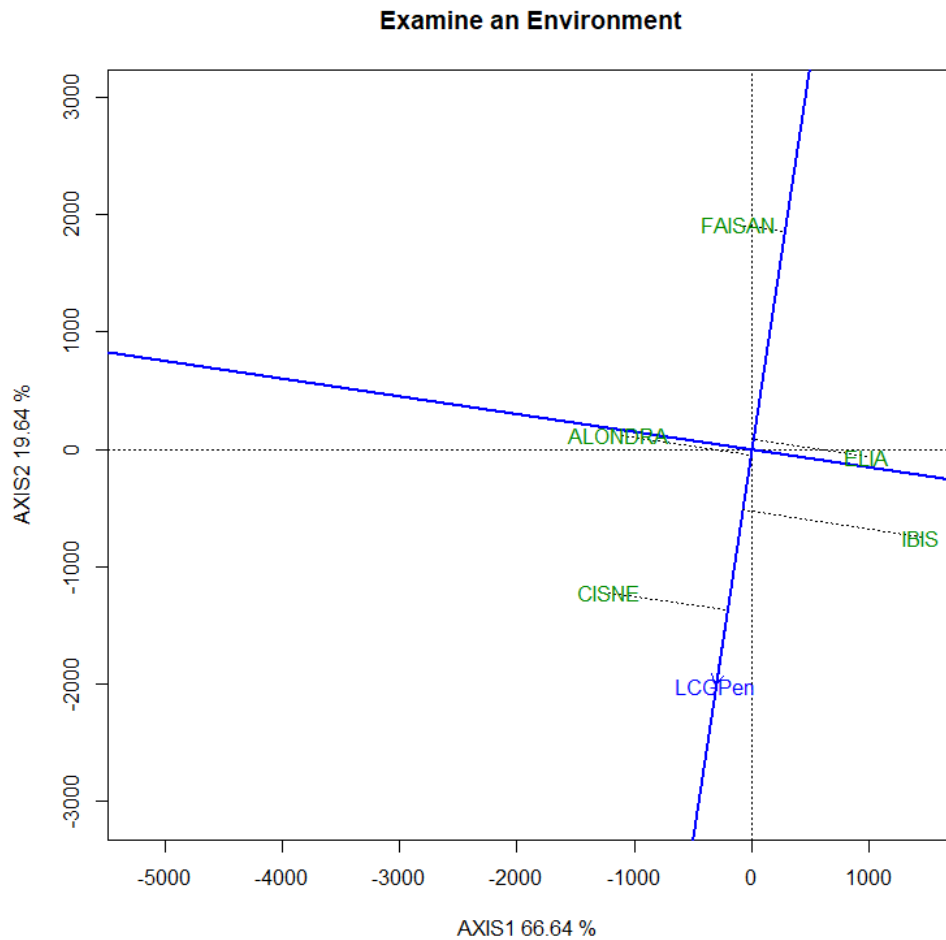
**Cuadro 21. Comparación de medias de variedades a través de localidades con las variables rendimiento de grano (Rkgha) e índice de cosecha (IC).**

Varie	Rkgha	IC
Cisne F2016	8079 a	0.47 a
Alondra F2016	7904 ab	0.45 b
Elia M2016	7411 bc	0.45 b
Ibis M2016	7198 c	0.44 b
Faisán S2016	7113 c	0.44 b
DSH	632	0.02

### **Análisis de la interacción genotipo ambiente**

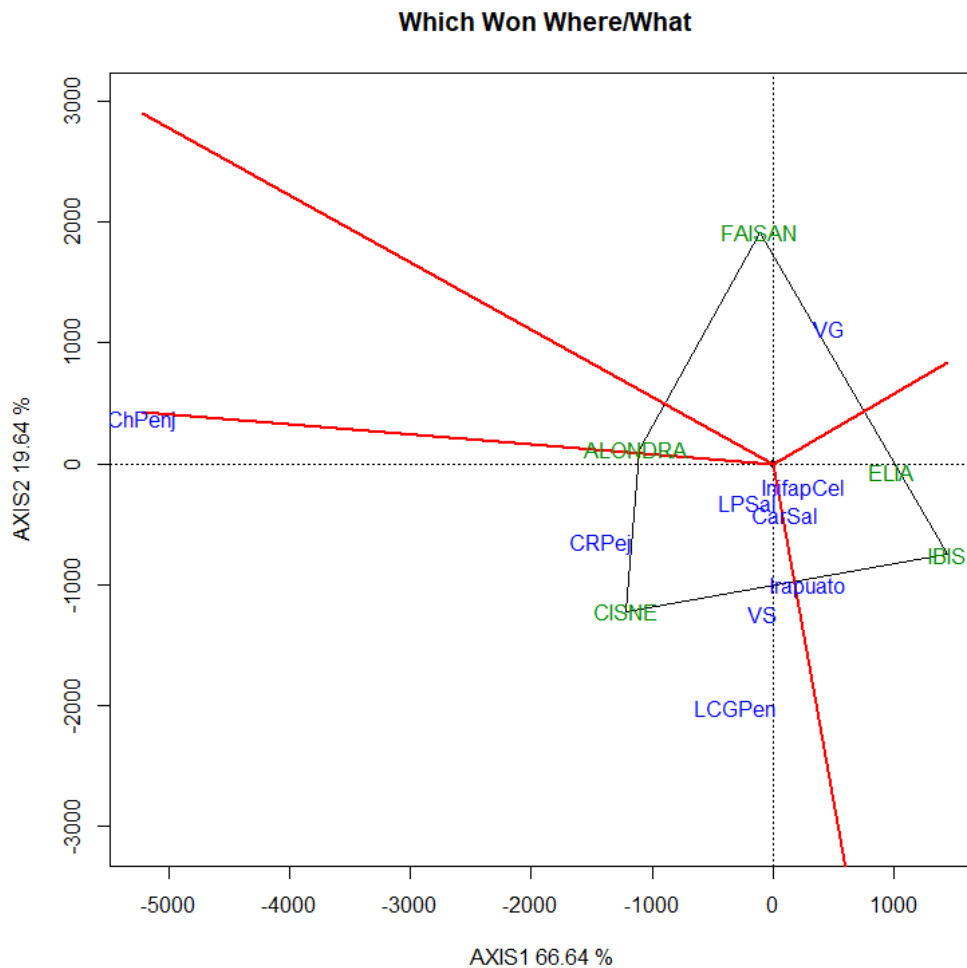
En la Figura 1 se analiza con el modelo GGE biplot el comportamiento de los genotipos en el mejor ambiente de producción (La cal grande, Pénjamo), en este caso, el vector del ambiente es positivo hacia la parte inferior del biplot. Se observa que Cisne F2016 fue el genotipo más destacado en esta localidad, seguido de la variedad Ibis M2016; las variedades, Elia M2016 y Alondra F2014 registraron rendimientos cercanos a la media y la variedad Faisán S2016 obtuvo el menor rendimiento.

El gráfico quien ganó donde (Figura 2) presenta un polígono con tres vértices bien diferenciados, en cada uno se encuentra una variedad (que es la variedad más destacada de ese sector), cada vértice se encuentra dentro de un sector (delimitado por líneas rojas). El sector de la variedad Cisne F2016 incluye la mayoría de los ambientes lo que significa que esta variedad fue la que obtuvo el mayor rendimiento en estas localidades, en este sector se encuentra la variedad Alondra F2014 lo cual indica que fue el genotipo más destacado en estos ambientes después de Cisne F2016. En el sector de Faisán S2016 solo se encuentra el ambiente de Villagrán donde obtuvo el mayor rendimiento. En el sector de Ibis M2016 se encuentran ubicados los ambientes de Inifap Celaya y Cárdenas, Salamanca donde esta variedad obtuvo el mayor rendimiento. Este gráfico también permite diferenciar dos mega ambientes, el primero que incluye solo la localidad de Villagrán donde Faisán S2016 obtuvo el mayor rendimiento y el segundo conformado por el resto de los ambientes donde Cisne F2016 fue el genotipo más destacado.



**Figura 1. Biplot que explica el comportamiento de las variedades en el mejor ambiente de producción (La Cal Grande, Pénjamo).**





**Figura 2. Biplot quien ganó donde que identifica el mejor genotipo dentro de cada localidad.**

### Conclusiones

1. Los mejores rendimientos se obtuvieron en las localidades de La Cal Grande, Pénjamo; Irapuato; Cruces de Rojas, Pénjamo; Valle de Santiago y Villagrán.
2. La variedad Cisne F2016 fue la que mostro tener mayor rendimiento con respecto a las variedades Faisán S2016, Ibis M2016 y Elia M2016.



## Literatura citada

- FAO. 2018. Situación Alimentaria Mundial. En línea, disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Consultado en 15 de agosto de 2018.
- SIAP. 2018. Resumen Nacional Intención de siembra 2018. En línea, disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intenci%C3%B3n%20de%20siembraOI%202018porcultivo.pdf>. Consultado en 15 de agosto de 2018.
- SAGARPA 2018. Planeación agrícola nacional 2017-2030. En línea, disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B\\_sicoTrigo\\_Cristalino\\_y\\_Harinero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sicoTrigo_Cristalino_y_Harinero.pdf). Consultado en 15 de Agosto de 2018.



## USO DE ACOLCHADOS Y COMPOSTA DE BOVINO EN EL CULTIVO DE JÍCAMA (*Pachyrhizus erosus* [L.] Urb.) EN LA ZONA CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO

Guadalupe Contreras Martínez<sup>108</sup>, Ramón Zulueta Rodríguez<sup>108</sup>, Isabel Alemán Chávez<sup>108</sup>, Doris Guadalupe Castillo Rocha<sup>108</sup>, Fernando Hernández Baz<sup>109</sup> y Liliana Lara Capistrán<sup>108\*</sup>

### Resumen

El uso de túneles y acolchados plásticos en la agricultura es una propuesta tecnológica emergente que ha permitido la reutilización de espacios aparentemente improductivos en sistemas agrícolas intensivos y sostenibles. Sin embargo, los materiales utilizados no solo se convierten en basura contaminante de campos de cultivo y vertederos ciudadanos, sino también en un problema global que crece como bola de nieve en deterioro de nuestros ecosistemas, la vida silvestre y la salud humana. Es por ello que el uso de acolchados y abonos naturales se convierte en una alternativa elegible para mantener y mejorar la capacidad productiva de los agricultores sin afectar el medio ambiente que nos rodea. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cinco acolchados naturales más la incorporación de composta de bovino en el comportamiento agroproductivo de jícama (*Pachyrhizus erosus* [L.] Urb.) bajo condiciones de campo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con catorce tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Composta, C), T3: (Acolchado plástico, AP), T4: (Acolchado plástico más Composta, AP+C), T5: (Cascarilla de café, CC), T6: (Cascarilla de café más composta, CC+C), T7: (Hoja de haya, HH), T8: (Hoja de haya más composta, HH+C), T9: (Rastrojo de maíz, RM), T10: (Rastrojo de maíz más composta, RM+C), T11: (Aserrín, A), T12: (Aserrín más composta, A+C), T13: (Rastrojo de avena, RA) y T14: (Rastrojo de avena más composta, RA+C), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas 20 cm una de la otra. El ANOVA

<sup>108</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa. \*llara\_capistran@hotmail.com

<sup>109</sup> Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa.



mostró diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados en el presente bioensayo. Los resultados obtenidos sugieren que el uso de membranas de plástico, acolchados naturales y composta de bovino incrementan la producción de tubérculos de jícama y, por ende, disminuyen la contaminación ambiental derivada de los polímeros utilizados en diversos materiales agrícolas confeccionados para incrementar el vigor, la sanidad, el rendimiento y la calidad de la cosecha esperada en el cultivo de esta Fabaceae.

**Palabras clave:** tubérculos, rastrojo de maíz y avena, hojarasca de haya, cascarilla de café

## Introducción

La jícama (*Pachyrhizus erosus* [L.] Urb.) es una planta herbácea de la familia Fabaceae (Reyes *et al.*, 2016) que, a pesar de no haber alcanzado importancia alimentaria en la agricultura mesoamericana como el maíz, chile, frijol y calabaza (Paredes *et al.*, 2006) se le marginó por las repercusiones ocasionadas por la introducción de la flora agrícola del Viejo Mundo (Martínez *et al.*, 1992).

Sin embargo, en la actualidad sus tubérculos son considerados como un alimento humano y animal asequible gracias a su contenido de almidón, aceite natural y proteínas (Sorensen, 1996). Además, la harina de *P. erosus* exhibe buenas propiedades funcionales y químicas que harían de esta un elemento bastante adecuado como sustituto de otras harinas en los sistemas alimentarios (Buckman *et al.*, 2018).

Debido al gusto que los consumidores de hoy tienen hacia esta hortaliza, los productores e investigadores se han enfocado a la implementación de medios o procedimientos que favorezcan la obtención de su raíz comestible, la cual forma parte de preparaciones culinarias tanto nacionales como internacionales cuyas ventas de 50 mil 540 t al exterior generaron divisas a nuestro país por 16 millones 693 mil dólares en 2017 (SIAP, 2018).





Dentro del manejo e innovación tecnológica para optimizar el crecimiento, desarrollo y productividad de este tubérculo, en la literatura especializada destacan el uso de acolchados (naturales y/o películas plásticas) pues de una u otra manera ambos se caracterizan por elevar la temperatura del suelo (Zribi, 2013; Fernández, 2019), reducir la evaporación de agua, intensificar el control de arvenses (Fernández, 2019; Hernández, 2019a) e incrementar la sanidad, inocuidad, precocidad, rendimiento y/o calidad de las cosechas (Kasirajan y Ngouajio, 2012; Hernández, 2019b).

Sin embargo, la relación entre los plásticos que involucran el uso de polímeros y la agricultura es tan estrecha, que se ha exigido atender aspectos relacionados con la contaminación ambiental que de su uso *altamente recomendado* se derivan y suman a las 8,300 millones de toneladas métricas vírgenes que en 2017 se produjeron a nivel mundial (Geyer *et al.*, 2017).

Es por ello que si las tendencias de producción y utilización de polímeros de momento existentes continúan, la búsqueda de alternativas ambientalmente amigables se convertirán en un imperativo agroproductivo inaplazable, y es precisamente donde los acolchados de origen natural bien pueden cumplir con los requerimientos y beneficios que de ellos se derivan, entre los que se matiza la obtención de alimentos sanos, saludables e ino cuos tanto para el hombre como para nuestros ecosistemas naturales. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cinco acolchados naturales más la incorporación de composta de bovino en el comportamiento agroproductivo de jícama (*P. erosus* [L.] Urb.) bajo condiciones de campo.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación del experimento**

El presente estudio se efectuó durante los meses de agosto-diciembre de 2018 dentro del Seminario Mayor de Xalapa, ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la cercanía del Bulevar Diamante (a un costado del Parque Molinos



de San Roque), en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, cuyas coordenadas geográficas son 19° 33´ 05.37´´ LN, 96° 56´ 40.64´´ LO y elevación de 1,428 msnm.

### **Diseño experimental y descripción de los tratamientos**

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con catorce tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Composta, C), T3: (Acolchado plástico, AP), T4: (Acolchado plástico más Composta, AP+C), T5: (Cascarilla de café, CC), T6: (Cascarilla de café más composta, CC+C), T7: (Hoja de haya, HH), T8: (Hoja de haya más composta, HH+C), T9: (Rastrojo de maíz, RM), T10: (Rastrojo de maíz más composta, RM+C), T11: (Aserrín, A), T12: (Aserrín más composta, A+C), T13: (Rastrojo de avena, RA) y T14: (Rastrojo de avena más composta, RA+C), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas una de la otra 20 cm.

### **Semilla agronómica y sustrato utilizado en el presente bioensayo**

Las semillas agronómicas de jícama utilizadas en este bioensayo fueron obtenidas de la compañía King Seeds® y Peat moss como sustrato de alta calidad para el cultivo de esta hortaliza.

### **Siembra indirecta en semillero y mantenimiento de las plántulas**

Para tener mayor control sanitario y homogeneidad en las plántulas de jícama, las semillas agronómicas se colocaron en charolas germinadoras de unícel de 200 cavidades con sustrato de Peat Moss y se mantuvieron en invernadero hasta el momento del trasplante (16 días después de la siembra, DDS).

El riego con agua corriente se realizó a capacidad de campo (25 mL) y a los 8 DDS (tras la aparición de las primeras hojas verdaderas y emergencia arriba del 90%) se preparó una solución nutritiva de Vita Plant Nutrition® (1 g/L, N11-P10-K12) que se aplicó solo dos veces: 8 y 16 días después de nacidas las plántulas.

### **Trazo y preparación de las camas de siembra**

El espacio elegido para establecer este bioensayo ocupó 200 m<sup>2</sup> a cielo abierto, los cuales se limpiaron y despejaron de arvenses mediante chapeo y labranza a base de



azada. La alineación de las camas de siembra (90 cm de ancho x 6 m de largo) se trazó con hilo, se les marcó con cal y el suelo se aflojó entre 25 y 30 cm de profundidad.

### **Aplicación de composta, colocación y perforación del acolchado plástico**

La composta de bovino se incorporó manualmente a la mitad de la cama y en los tratamientos correspondientes. A continuación, el acolchado plástico plata-negro calibre 400 se instaló de la siguiente manera: La película plástica se midió y cortó de 7 m de largo por 0.90 m de ancho, el cual se estiró y colocó sobre las camas de acuerdo con el diseño experimental especificado. En seguida, y durante su fijación, se abrieron pequeñas zanjas en los extremos de las camas las cuales sirvieron para enterrar el plástico.

Tras finalizar el acolchado de las camas, el film se perforó con un recipiente metálico filoso a tres hileras espaciadas a 25 cm y con orificios de plantación separados 20 cm entre planta y planta.

### **Trasplante a campo**

A los 16 días después de haber realizado la siembra en semillero, las plántulas de jícama emergidas se trasladaron a campo en trazado al tresbolillo, en polígono regular, distanciando 20 cm entre planta y planta.

### **Colocación de acolchados naturales**

Los acolchados naturales fueron debidamente triturados, desmenuzados (sobre todo los provenientes de las hayas [hojas de *Platanus mexicana*], maíz y avena [rastrajos de *Zea mays* y *Avena sativa*]) y colocados manual y cuidadosamente sobre las camas para no dañar a las plántulas colocadas en su respectivo bloque y tratamiento.



## Fertilización

La fertilización foliar se realizó a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 y 84 días después del trasplante con Nitrofol® (Urea foliar en biuret con ácidos fúlvicos 46 N-00 P-00 K, 5 g/L) y ULTRA K® tridente (0 N-32 P-53 K, 5 g/L).

## Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron pH *in situ* (analizador de suelo Vivosun Three-Way Meter), temperatura (termómetro digital) y humedad del suelo (analizador de suelo Vivosun Three-Way Meter) a los 75 DDT; y altura de la planta (escalímetro metálico A.W. Faber-Castell 853-HP-A, en cm), diámetro del tallo (vernier digital Mitutoyo modelo CD-S6, en mm), número de hojas (conteo visual) a los 15, 45 y 75 DDT; y número de tubérculos (conteo visual) a los 90 DDT.

## Análisis de la composta de bovino utilizada

Las características de la composta de bovino utilizada en este bioensayo fueron clasificadas de acuerdo con los valores de referencia indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 expedida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales el día 31 de diciembre de 2002 (SEMARNAT, 2002): pH 6.8 (neutro), 54.44% de materia orgánica (muy alto), C.E. de 800 dS/m (muy fuertemente salino); N 2.712 mg/kg (muy bajo), P 125 mg/kg (alto), K 5.8553 mg/kg (alto), Ca 21.50 mg/kg (alto), Mg 11.05 mg/kg (alto) y Na 0.3008 mg/kg (bajo).

## Análisis estadístico

En primera instancia se utilizaron gráficos y pruebas de contraste de la normalidad y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas se analizaron mediante un ANOVA y la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha= 0.05$ ) del software STATISTICA versión 9.1 (StatSoft Inc. 2010) para Windows.





## Resultados y discusión

### Análisis estadístico para las variables pH, temperatura y humedad del suelo

El ANOVA no mostró diferencias en las variables pH, temperatura y humedad del suelo por efecto de la composta (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), pero si contrastes altamente significativos por efecto del acolchado (Tukey,  $P \leq 0.01$ ). En el Cuadro 1 se observa que el tratamiento RA presentó los más altos valores de pH del suelo (por encima de 7) y el tratamiento A los niveles más bajos (inferior a 6).

Sin embargo, Ruiz *et al.* (2013) mencionan que el óptimo desarrollo del cultivo de jícama ocurre en rangos de pH entre 6.0 y 7.5, lo cual se cumple en los tratamientos restantes (AP, CC, HH y RM, incluyendo al tratamiento T) donde la actividad microbiana en el suelo tiende a favorecer la liberación de amonio con su oxidación a nitrato (Ibañez, 2017), y facilitar la disponibilidad de P, Ca, Mg y Zn, tal y como Rosas *et al.* (2017) lo mencionan en su investigación realizada con cacao (*Theobroma cacao* L., Malvaceae).

**Cuadro 1. Análisis estadísticos para las variables pH, temperatura y humedad del suelo**

Tratamientos	pH	Temperatura del suelo (°C)	Humedad del suelo (%)
T	6.50c	22.00d	55.00f
AP	6.80bc	35.00a	88.00a
CC	6.70bc	22.00d	55.00f
HH	7.00b	24.00c	77.00c
RM	6.00d	25.67b	67.00d
A	5.50e	24.00c	78.00b
RA	7.47a	22.00d	66.33e

Clave de los tratamientos: T (Testigo), AP (Acolchado plástico), CC (Cascarilla de café), HH (Hoja de haya), RM (Rastrojo de maíz), A (Aserrín), RA (Rastrojo de avena). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

En relación a la temperatura del suelo, Gan *et al.* (2013) y Pramanik *et al.* (2015) afirman que esta es agrícolamente más importante que la aérea, y estos últimos particularizan que las coberturas orgánicas o inorgánicas/sintéticas modifican los regímenes hidrotermales del suelo en la zona de la raíz del cultivo, conservan la



humedad del suelo, mantienen un control exitoso de las arvenses y promueven la productividad del suelo.

En opinión formulada por Alvarado y Castillo (2003), y desde el punto de vista térmico, los acochados plásticos se comportan como un filtro de doble efecto: Acumular calor en el suelo durante el día, y por la noche dejar salir parte de este, es decir, que el calentamiento edáfico se explica por el llamado efecto invernadero ejercido por el material plástico en la pequeña capa de aire que se encuentra entre este y el suelo.

Según Pramanik *et al.* (2015), el aumento de la temperatura del suelo hasta un cierto umbral conlleva a un notable desarrollo radicular que, a su vez, se traduce en mayores rendimientos, precocidad y calidad selecta; pero si la energía calórica excede dicho umbral, entonces los efectos térmicos del acolchado pueden perjudicar al cultivo.

Por su parte, Albert (2019) menciona que la temperatura ideal u óptima del suelo en la mayoría de los cultivos alimentarios es entre 18 y 24°C, de tal modo que AP podría ser un tratamiento estresante y probablemente no elegible al convertirse en un potencial factor que afecte la disolución (liberación) de nutrimentos esenciales para el crecimiento, maduración y cosecha de diversos cultivos, entre los cuales *P. erosus* pudiere figurar. Por último, la humedad del suelo en el tratamiento AP presentó un incremento del 60% en comparación con el testigo (Cuadro 1), lo cual es evidente al formarse una barrera relativamente impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo, que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984).

### **Análisis estadístico para las variables altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas**

El ANOVA mostró diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados en el presente bioensayo. En relación a la altura de la planta, los tratamientos AP+C y RM+C presentaron incrementos superiores al testigo en 66.38% y 65.25%, respectivamente, lo cual concuerda con lo denotado tanto por Kamal y Singh (2011) como por Hernández (2014) al reportar que el uso de



acolchados es una técnica que se ha venido perfeccionando para proteger al suelo e incrementar la productividad en los cultivos al proporcionar condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de la colocación de materiales inorgánicos u orgánicos en la superficie del suelo.

Además, la adición de subproductos agropecuarios compostados (estiércol de bovinos) bien pudo aumentar la disponibilidad de agua (tanto en la capacidad de campo como en condiciones de estrés hídrico) y la absorción de nutrimentos por parte de las plantas (Nguyen *et al.*, 2013), pues las enmiendas de este tipo se utilizan para restituir propiedades físico-químicas del suelo, incorporar elementos esenciales (como N, P y K) y restablecer las comunidades y actividades microbianas (Lakhdar *et al.*, 2009); aspectos que sin duda coadyuvan a mantener la fertilidad, a revitalizar el sitio agroproductivo (Carrera *et al.*, 2007; EPA, 2007; Mendiguren *et al.*, 2013) y a potencializar la capacidad competitiva del productor cuya oportunidad de mercado, rendimiento y calidad de la cosecha sean aceptables (de la Cruz *et al.*, 2009; Salas *et al.*, 2016).

En cuanto al diámetro del tallo y número de hojas se refiere, el registro efectuado desde los 15 hasta los 75 DDT se compara al obtenido en la variable altura, ya que la combinación y suma de beneficios nutricionales e hidrotérmicos obtenidos con los materiales de uso técnico de los tratamientos AP+C y RM+C no solo superó en 94.16 y 55.83% la oronda condición de dicho eje aéreo y órgano de sostén registrada en las plantas-testigo, sino también en 65.63 y 64.91% el número de hojas que, tras el reflejo de luz del acolchado plástico hacia los cultivos y las propiedades coligadas con su transmisión, absorción y reflexión modifican la eficacia fotosintética y traslocación de carbohidratos que darán lugar a la producción de biomasa con valor agrícola (Díaz, 2010; Quezada *et al.*, 2011) en este cultivo (o del que se trate) (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Análisis estadístico para las variables altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas a los 15, 45 y 75 DDT.**

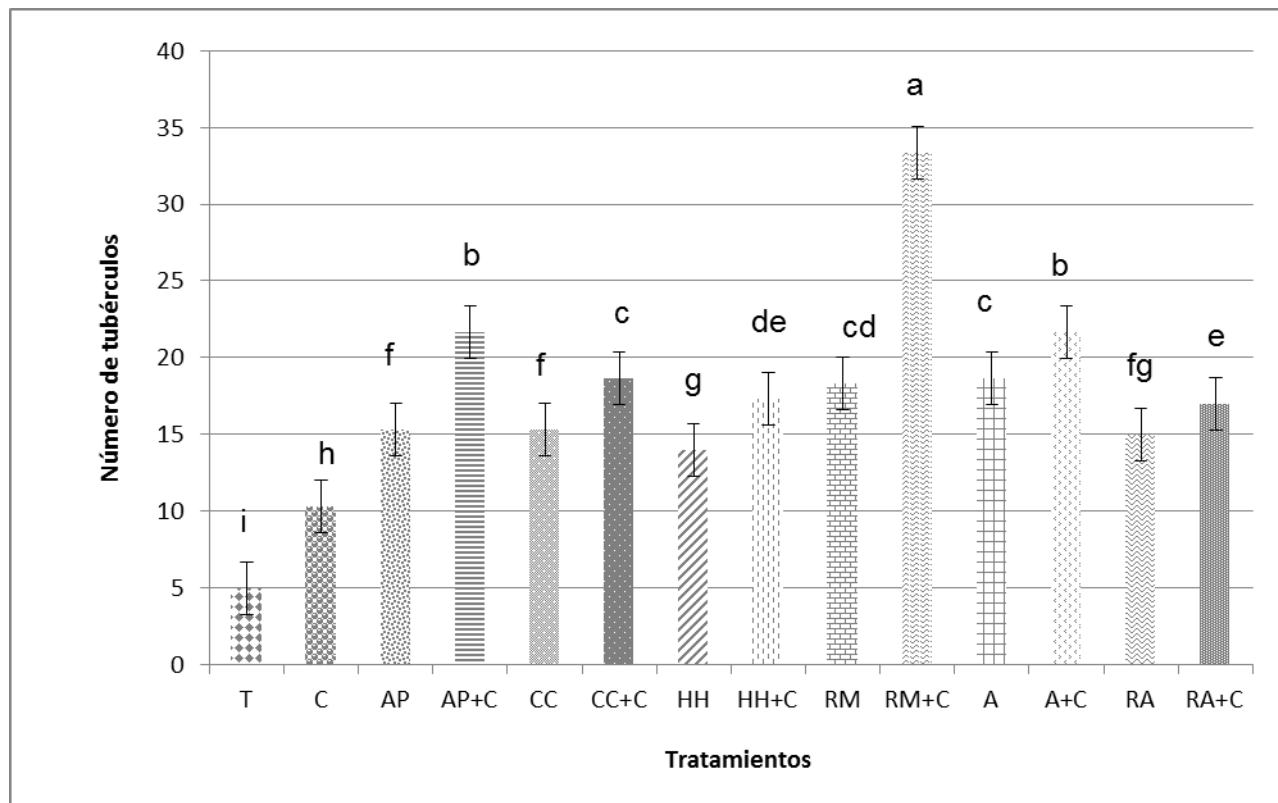
Tratamientos	15 DDT			45 DDT			75 DDT		
	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de hojas	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de hojas	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de Hojas
T	14.68g	1.22g	4.93f	17.33g	2.21e	19.73f	23.92f	2.74b	27.53e
C	15.80fg	2.20c	5.20ef	22.34def	2.55c	26.33c	25.66def	2.81b	33.26c
AP	24.33c	2.96b	5.60cdef	28.26b	3.28b	33.13b	32.88b	4.24ab	38.73b
CC	15.46fg	1.66ef	5.33def	21.93f	2.35de	22.66cdef	24.46f	2.77b	28.93de
HH	15.13fg	1.65ef	5.53cdef	22.06ef	2.34e	21.80def	24.93ef	2.77b	27.93e
RM	16.00f	1.66 ef	5.80cdef	23.00cdef	2.55c	20.86ef	24.79f	3.26ab	28.86de
A	15.26fg	1.66ef	5.60cdef	22.26def	2.52cd	24.33cde	25.53def	2.78b	29.86de
RA	15.06fg	1.61f	5.06ef	21.73f	2.52cd	20.86ef	24.26f	3.24ab	28.93de
RA+C	20.86de	1.72e	6.06cde	23.46cd	2.56c	25.00cd	27.83cde	3.27ab	31.80cd
AP+C	28.67a	3.59a	8.87a	35.93a	3.91a	30.60a	39.80a	5.32a	45.60a
CC+C	21.13de	1.98d	6.33bcd	23.73c	2.56c	24.53cde	26.06cdef	3.43ab	37.86b
HH+C	20.05e	1.95d	6.53bc	23.26cde	2.58c	24.40cde	28.32cd	3.42ab	37.53b
RM+C	27.40b	3.49a	8.67a	36.00a	3.86 <sup>a</sup>	38.26a	39.53a	4.27ab	45.40a
A+C	21.53e	1.98d	7.33b	23.86c	2.60c	24.93cd	28.66c	3.91ab	38.20b

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). T: Testigo, C: Composta, AP: Acolchado plástico, AP+C: Acolchado plástico más composta, CC: Cascarilla de café, CC+C: Cascarilla de café más composta, HH: Hoja de haya, HH+C: Hoja de haya más composta, RM: Rastrojo de maíz, RM+C: Rastrojo de maíz más composta, A: Aserrín, A+C: Aserrín más composta, RA: Rastrojo de avena, RA+C Rastrojo de avena más composta.

### Análisis estadísticos para la variable número de tubérculos

A los 90 DDT, el número de tubérculos de jícama extraídos en el tratamiento RM+C superó con creces (566.6%) a la respuesta obtenida en las plantas-testigo, al igual y como ocurrió con los tratamientos A+C y AP+C donde el incremento en ambos fue del 333.4%, lo cual se puede atribuir a la incorporación de los acolchados naturales y film plástico que, en combinación con el compost de bovino, contribuyeron a incrementar la producción de esa cuantía de jícamas en campo (Figura 1).





**Figura 1. Número de tubérculos de jícama a los 90 DDT. (T: Testigo, C: Composta, AP: Acolchado plástico, AP+C: Acolchado plástico más composta, CC: Cascarilla de café, CC+C: Cascarilla de café más composta, HH: Hoja de haya, HH+C: Hoja de haya más composta, RM: Rastrojo de maíz, RM+C: Rastrojo de maíz más composta, A: Aserrín, A+C: Aserrín más composta, RA: Rastrojo de avena, RA+C Rastrojo de avena más composta). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). Las líneas verticales en las barras son el error estándar ( $\pm$ ).**

## Conclusiones

1. Los resultados alcanzados sugieren que el uso de membranas de plástico y composta de bovino incrementan la producción de tubérculos de jícama. Sin embargo, los acolchados naturales pueden ser una alternativa elegible para contribuir a la preservación del ambiente al disminuir la contaminación con filmes para acolchados y mejorar el estrés biótico y/o abiótico que pueden



disminuir el vigor, la sanidad, el rendimiento y la calidad de la cosecha esperada en el cultivo de esta Fabaceae.

## Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrícolas por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa IV: Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación. Del mismo modo, al Padre Alejandro Pérez, ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

## Literatura citada

- Albert, S. 2019. Vegetable planting and soil temperature. <https://harvesttotable.com/vegetable-planting-and-soil-temperature/> [consultado el 11 de julio de 2019].
- Alvarado, V. P. y H. Castillo G. 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. <https://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf> [consultado el 12 de julio de 2019].
- Buckman, E. S., I. Oduro, W. A. Plaar and C. Tortoe. 2018. Determination of the chemical and functional properties of yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) flour for food systems. *Food Sci. Nutr.* 6(2):457-463
- Carrera, L. M., J. S. Buyer, B. Vinyard, A. A. Abdul-Baki, L. J. Sikora and J. R. Teasdale. 2007. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. *Appl. Soil Ecol.* 37(3):247-255.
- de la Cruz, L. E., M. A. Estrada B., V. Robledo T., R. Osorio O., C. Márquez H. y R. Sánchez H. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25(1):59-67.



- Díaz, P. J. C. 2010. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown on plastic film mulches: Effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. *Hortscience* 45(8):1196-1204.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2007. The use of soil amendments for remediation, revitalization and reuse. EPA. National Service Center for Environmental Publications, USA. 52 p.
- Fernández, P. M. 2019. Mejoramiento de la calidad del producto cosechado. *deRiego* 17(104):12-15.
- Gan, Y., K. H. M. Siddique, N. C. Turner, X. G. Li, J. Y. Niu, C. Yang, L. Liu and Q. Chai. 2013. Ridge-furrow mulching systems-An innovative technique for boosting crop productivity in semiarid rain-fed environments. *Adv. Agron.* 118:429-476.
- Geyer, R., J. R. Jambeck and K. L. Law. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3(7):e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782
- Hernández, S. E. 2014. Manual: Acolchados vegetales y películas plásticas. Universidad tecnológica de Tula-Tepeji, Subdirección de Difusión y Divulgación Universitaria, Región Tula-Chapulhuacán, Hidalgo, México. 26 p.
- Hernández, N. 2019a. Uso rentable de los acolchados en la producción de hortalizas. *DeRiego* 17(103):26-29.
- Hernández, M. B. 2019b. Máximo rendimiento y calidad de cosecha con acolchados. *deRiego* 17(103):16-18.
- Ibañez, J. J. 2017. Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio o absorbente. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262> [consultado el 11 de julio de 2019].
- Kamal, S. and A. K. Singh. 2011. Effect of black plastic mulch on soil temperature and tomato yield. *Prog. Hortic.* 43(2):337-339.
- Kasirajan, S. and M. Ngouajio. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32(2):501-529.
- Lakhdar, A., M. Rabhi, T. Ghnaya, F. Montemurro, N. Jedidi and C. Abdelly. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *J. of Hazard. Mater.* 171(1-3):29-37.



- Martínez, A. M. A., R. Ortega P. y A. Cruz L. 1992. Repercusiones de la introducción de la flora del Viejo Mundo en América, y causs de la marginación de los cultivos. p. 23-33. *In*: Hernández B., J. E. y J. León (eds.). Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. FAO, Roma.
- Mendiguren, U. M., L.I. Anuntzibai, X. Lejarzegi I., H. Mayora S., A. Escudero O., A. A. Arrien y R. R. de Arkute R. 2013. Compostaje de estiércoles en agricultura ecológica. ENEEK, España. 37 p.
- Nguyen, T. T., S. Fuentes and P. Marschner. 2013. Effect of incorporated or mulched compost on leaf nutrient concentrations and performance of *Vitis vinifera* cv. Merlot. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 13(2):485-497.
- Paredes, L. O., F. Guevara L. y L. A. Bello P. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México. 205 p.
- Pramanik, P., K. K. Bandyopadhyay, D. Bhaduri, R. Bhattacharyya and P. Aggarwal. 2015. Effect of mulch on soil thermal regimes-A review. *IJAEB* 8(3):645-658.
- Quezada, M. M. R., J. Mungía L., L. Ibarra J., M. A Arellano G., L. A. Valdez A. y B. Cedeño R. 2011. Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. *Terra Latinoamericana* 29(4):421-430.
- Reyes, M. J., D. Martínez M., R. Rueda L. y A. Maldonado M. 2016. Prevención de plagas y prácticas culturales en jícama en la comunidad de Alpoyecá, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 3(1):1-9.
- Rosas, P. G., Y. J. Puentes P. y J. C. Menjivar F. 2017. Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 18(3):529-541.
- Ruiz, C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2ª. ed. INIFAP-CIRPAC-Campo experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p. (Libro Técnico Núm. 3).
- Salas, P. L., J. A. González F., M. García C., E. Sifuentes I., S. Parra T. y P. Preciado R. 2016. Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova Scientia* 8(2):310-325.





- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. México: Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre de 2002.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Boletín de exportaciones: Jícama. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/387688/Septiembre\\_\\_j\\_cama\\_\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/387688/Septiembre__j_cama__2018.pdf) [consultado el 12 de julio de 2018].
- StatSoft Inc. 2010. STATISTICA version 9.1 for Windows. Stat Soft Inc, Tulsa, OK, USA; <http://www.statsoft.com>.
- Sorensen, M. 1996. Yam bean: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 2. IPGRI, Italy. 141 p.
- Tripathi, R. P. and T. P. S. Katiyar. 1984. Effect of mulches on the thermal regime of soil. Soil Till. Res 4:381-390.
- Zribi, W. 2013. Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. Tesis de doctorado. Universitat de Lleida. Zaragoza, España. 335 p.



## **EFFECTO DEL USO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL, LOMBRICOMPOSTA Y ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EJOTERO (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike EN CAMPO**

Zaraida Guarneros Rentería<sup>110</sup>, Jacquelinne Oyani Santiago Luis<sup>110</sup>, Ramón Zulueta Rodríguez<sup>111</sup>, Isabel Alemán Chávez<sup>111</sup>, Teresita de Jesús May Mora<sup>111</sup> y Liliana Lara Capistrán<sup>111\*</sup>

### **Resumen**

Aunque el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un alimento primordial de la canasta básica mexicana que se consume en grano seco, en la dieta no debe obviarse la ingesta de los ejotes verdes jóvenes y tiernos por los nutrimentos proporcionados que pueden ayudar a reducir el riesgo de una serie de condiciones de salud humana no deseables. En consecuencia, se hace necesario implementar estrategias de manejo agronómico que garanticen la promoción de sistemas inocuos, eficaces y sostenibles de producción. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del acolchado plástico, la fertilización organomineral y la aplicación de lombricomposta sobre la producción de frijol ejotero en campo. Se utilizó un diseño experimental con bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Acolchado plástico, A), T3: (Lombricomposta, L), T4: (Mezcla de fertilizante organomineral, MF), T5: (Lombricomposta+Mezcla de fertilizante organomineral, L+MF), T6: (Acolchado plástico+Lombricomposta, A+L), T7: (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organomineral, A+MF) y T8: (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organomineral+Lombricomposta, A+MF+L), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas una de la otra 20 cm. Se utilizó un análisis de varianza y la prueba DMS de Fisher con un nivel

<sup>110</sup> Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>111</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

\*llara\_capistran@hotmail.com



de significación del 5%. Los resultados revelaron que los mejores tratamientos para las variables altura de la planta y diámetro del tallo fueron MF y A+L con incrementos respectivos de 28.71 y 29.70% en comparación con las plantas-testigo (T). En cuanto al número de hojas, botones y flores se refiere, A+MF+L resultó ser un buen tratamiento (T8) con incrementos de 34.07, 54.16 y 102.94%, respectivamente. Finalmente, cabe señalar que la inclusión de fertilizantes organominerales (MF) y lombrocomposta (L) pudieren ser elegibles para incrementar la producción de frijol ejotero en cultivos ecológicos más rentables y sostenibles en campo.

**Palabras clave:** Fabaceae, alternativa agroproductiva, abono orgánico, cultivo ecológico, producción sostenible

## Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se ha cultivado sobre todo para consumirse como grano seco, mas no así como ejote (Osorio-García *et al.*, 2010), a pesar de su comprobado valor nutricional proveniente del contenido de fibra, fósforo, proteína y grasa (Salinas *et al.*, 2008; Edwards, 2016); magnesio, potasio, vitamina A, C y K, folato, tiamina y riboflavina (Edwards, 2016); ácido fítico y fólico, calcio (Ware, 2018) e invaluable capacidad para retrasar la propagación del VIH (virus de inmunodeficiencia humana) en el cuerpo, mantener hábitos alimenticios saludables al controlar los niveles de glucosa en personas en riesgo de obesidad y diabetes (Edwards, 2016), cáncer, depresión y problemas óseos (Ware, 2018).

La producción mundial de frijol ejotero (1994-2017) ha sido liderada por China (11,223,016.25 t), Indonesia (817,981.08 t), Turkia (549,244.83 t), India (515,098.13 t) y Tailandia (308,815.46 t) (FAO, 2019), pero en México se hace necesario incrementar los rendimientos de ejote por corte y unidad de área sembrada debido a los aportes nutricionales que las vainas verdes o tiernas del frijol proporcionan a la dieta humana (Salinas *et al.*, 2012).



Para ello se hace necesario la creación de paquetes especializados donde el manejo de materiales, el arreglo espacial y cronológico de componentes, la combinación de fertilizantes minerales (Esquivel-Esquivel *et al.*, 2006; Díaz-López *et al.*, 2010; INIFAP, 2017) abonos orgánicos (Osorio-García *et al.*, 2010; Castillo-Valdéz *et al.*, 2014) y/o la elección de las mejores variedades y densidades de población (Gómez *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2017) se enfoquen en la conformación de cultivos ecológicos más rentables y sostenibles de esta Fabaceae.

Dentro de las alternativas agronómicas que se han implementado en nuestra entidad federativa (Veracruz, México) destaca la tecnología generada por el Programa de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP que comprende la regionalización agroecológica del cultivo, la preparación del terreno, la elección de variedades, los tipos y modalidades de siembra, la fertilización, el control de arvenses, de plagas, de enfermedades y la cosecha de vainas (INIFAP, 2017).

Sin embargo, y tras considerar las ventajas y beneficios que diversas técnicas de agricultura y/o horticultura protegida ofrecen a través del empleo de invernaderos y cubiertas de protección para evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas se vuelven una alternativa de uso en estos sistemas de producción (Robledo *et al.*, 2010; Juárez *et al.*, 2011; Cedillo, 2014). Aunado a ello, la fertilización organomineral y la aplicación de lombricomposta tienden a potencializar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por tal motivo, el objetivo planteado en este estudio fue evaluar el efecto del acolchado plástico, la fertilización organomineral y la aplicación de lombricomposta sobre el rendimiento de frijol ejotero en campo.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó dentro del Seminario Mayor de Xalapa, ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la cercanía del Bulevar Diamante (a un costado del Parque Molinos de San Roque), en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, cuyas





coordenadas geográficas son 19° 33´05.37´´ LN, 96° 56´40.64´´ LO y elevación de 1,428 msnm.

### **Diseño experimental y descripción de los tratamientos**

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Acolchado plástico, A), T3: (Lombricomposta, L), T4: (Mezcla de fertilizante organo-mineral, MF), T5: (Lombricomposta+Mezcla de fertilizante organomineral, L+MF), T6: (Acolchado plástico+Lombricomposta, A+L), T7: (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organomineral, A+MF) y T8: (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organomineral+Lombricomposta, A+MF+L), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas una de la otra 20 cm.

### **Semilla agronómica y sustrato utilizado en el presente bioensayo**

Las semillas agronómicas de frijol cv. Strike utilizadas en este bioensayo fueron obtenidas en la Casa del Campesino de la ciudad de Xalapa, Veracruz, México; inoculadas con *Rhizobium etli* (90 mL de agua/0.5 g de azúcar).

### **Trazo y preparación de las camas de siembra**

El espacio elegido para establecer este bioensayo ocupó 250 m<sup>2</sup> a cielo abierto, los cuales se limpiaron y despejaron de arvenses mediante chapeo y labranza a base de azada. La alineación de las camas de siembra (90 cm de ancho x 5 m de largo) se trazó con hilo, se les marcó con cal y el suelo se aflojó entre 25 y 30 cm de profundidad.

### **Aplicación de la lombricomposta, colocación y perforación del acolchado plástico**

La lombricomposta se incorporó al momento de la siembra directa al espeque y en los tratamientos correspondientes, a razón de 2 semillas por golpe (10



g/lombricomposta)<sup>112</sup>. A continuación, el acolchado plástico negro-plata calibre 600 se instaló de la siguiente manera: La película plástica se midió y cortó de 6 m de largo por 0.90 m de ancho, el cual se estiró y colocó sobre las camas de acuerdo con el diseño experimental especificado. En seguida, y durante su fijación, se abrieron pequeñas zanjias en los extremos de las camas las cuales sirvieron para enterrar el plástico.

Tras finalizar el acolchado de las camas, el film se perforó con un recipiente metálico filoso a tres hileras espaciadas a 20 cm y con orificios de plantación separados 25 cm entre planta y planta.

### **Siembra en campo**

Se utilizó un arreglo topológico en tresbolillo, en polígono regular, espaciado 25 cm entre planta y planta. La aplicación de la mezcla de fertilizante organomineral (mezcla perfecta)<sup>113</sup> solo se realizó dos veces (20 g/planta) a partir de los 20 días después de la siembra (DDS).

### **Variables evaluadas**

Las variables evaluadas fueron altura de la planta (escalímetro metálico A.W. Faber-Castell 853-HP-A, en cm), diámetro del tallo (vernier digital Mitutoyo modelo CD-S6, en mm), número de hojas (conteo visual) a los 15, 30 y 45 DDS, número de botones a los 30 DDS, número de flores a los 49 DDS y producción total (báscula digital gramera MED-080, en kg) a los 70 DDS.

### **Análisis de suelos**

El análisis físico-químico de suelos para evaluar su fertilidad y capacidad productiva, antes y al finalizar el experimento, se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, con

---

<sup>112</sup> Humus de lombriz producido a base de estiércol de vaca y borrego (25%), cachaza (60%) y hojarasca (15%), con capacidad de campo del 89%, 39% de humedad, 26.50 mEq de magnesio, 39.04 mEq de calcio, 35.64 mEq de potasio y 997.42 ppm de fósforo.

<sup>113</sup> El contenido de la mezcla perfecta es la siguiente: Materia orgánica 85%, ácidos húmicos 86%, silicio 65.85%, N 5%, P 5% y K 5%.



la asesoría de la M. en C. Teresita de Jesús May Mora, utilizando métodos estandarizados y especificaciones indicadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 expedida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales el día 31 de diciembre de 2002 (SEMARNAT, 2002).

### **Análisis estadístico**

En primera instancia se utilizaron gráficos y pruebas de contraste de la normalidad y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas se analizaron mediante un ANOVA con arreglo factorial de tres factores (factor 1: Acolchado plástico, factor 2: Lombricomposta y factor 3: Mezcla de fertilizante órgano-mineral) y la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) del software STATISTICA versión 9.1 (StatSoft Inc. 2010) para Windows.

### **Resultados y discusión**

El ANOVA (DMS de Fisher,  $P \leq 0.05$ ) indicó diferencias significativas en las variables evaluadas desde los 15 hasta los 45 DDS (Cuadro 1). Para la variable altura de la planta el mejor tratamiento fue la mezcla perfecta del fertilizante organomineral (T4) con un incremento de 28.71% en relación a las plantas-testigo (T1, Cuadro 1), lo cual concuerda con lo afirmado por Albán *et al.* (2004) quienes mencionan que con este tipo de fertilizantes la masa vegetal se descompone e infesta de micro y meso-organismos que conllevan a la formación de humus y liberación de sales minerales que contienen los nutrimentos necesarios para promover el crecimiento a través de sustancias cuya acción ocurre en la rizósfera o interior de las plantas.

En dicho tenor, Cáceres y Marfà (2008) señalan que los beneficios registrados provienen de sus dos componentes principales: los abonos orgánicos y los minerales. De este modo, matizan que los primeros mejoran las características de los suelos y los segundos aseguran un suministro de nutrimentos altamente



aprovechables para las plantas, el cual compensa su falta de disponibilidad inmediata derivada de los mantillos orgánicos.

Aunado a ello, el uso de humus de lombriz no solo parece ser una alternativa relevante al uso de fertilizantes químicos o potenciadores del crecimiento de las plantas como son los ácidos giberélico e indol acético (Rekha *et al.*, 2018), lo cual pudiere explicar que lo denotado por Ansari y Sukhraj (2010) en okra (*Abelmoschus esculentus*), Moghadam *et al.* (2012) en un híbrido asiático de *Lilium* y Joshi *et al.* (2013) en trigo (*Triticum aestivum*) se asemeja a lo registrado en el tratamiento T6 (A+L) de este bioensayo, donde el diámetro del tallo superó en 29.70% a las plantas-testigo (T1) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Análisis estadístico de las variables evaluadas desde los 15 hasta los 49 DDS.**

Tratamientos	Factores			Altura de la planta (cm)			Diámetro del tallo (cm)			Número de hojas	Número de botones	Número de flores
	FA	FMF	FL	15 DDS	30 DDS	45 DDS	15 DDS	30 DDS	45 DDS	45 DDS	30 DDS	49 DDS
T	-	-	-	4.68de	8.97c	13.72c	3.59cd	4.83b	5.42c	26.85c	16.45b	6.80c
A	+	-	-	5.94b	<b>10.68a</b>	13.91c	3.36de	4.89b	5.99bc	35.95a	<b>25.35a</b>	11.65ab
L	-	-	+	<b>8.16a</b>	9.35bc	<b>17.66a</b>	3.76bc	4.44cd	6.09c	30.30abc	19.70ab	10.00abc
MF	-	+	-	5.37c	7.67d	16.91ab	3.68bc	4.64bcd	6.16b	34.10ab	17.70b	9.30bc
L+MF	-	+	+	5.20cd	<b>10.49a</b>	13.82c	<b>4.04a</b>	4.77bc	6.21b	30.22abc	17.55b	11.35ab
A+L	+	-	+	4.50e	9.02c	12.86c	3.44de	4.26d	<b>7.03a</b>	31.15abc	21.00ab	9.80abc
A+MF	+	+	-	5.21cd	10.10ab	16.68ab	3.23e	4.86b	6.43ab	27.80bc	19.65ab	9.60bc
A+MF+L	+	+	+	5.29c	8.53cd	15.02bc	3.88ab	<b>5.58a</b>	6.17b	<b>35.95a</b>	19.90ab	<b>13.80a</b>

FA (Factor Acolchado plástico), FMF (Factor Mezcla de fertilizante organo-mineral), FL (Factor Lombricomposta. Clave de los tratamientos: T (Testigo), A (Acolchado plástico), L (Lombricomposta), MF (Mezcla de fertilizante organo-mineral), L+MF (Lombricomposta+Mezcla de fertilizante organo-mineral), A+L (Acolchado plástico+Lombricomposta), A+MF (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organo-mineral), A+MF+L (Acolchado plástico + Mezcla de fertilizante organo-mineral + Lombricomposta). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (DMS de Fisher,  $P \leq 0.05$ ).

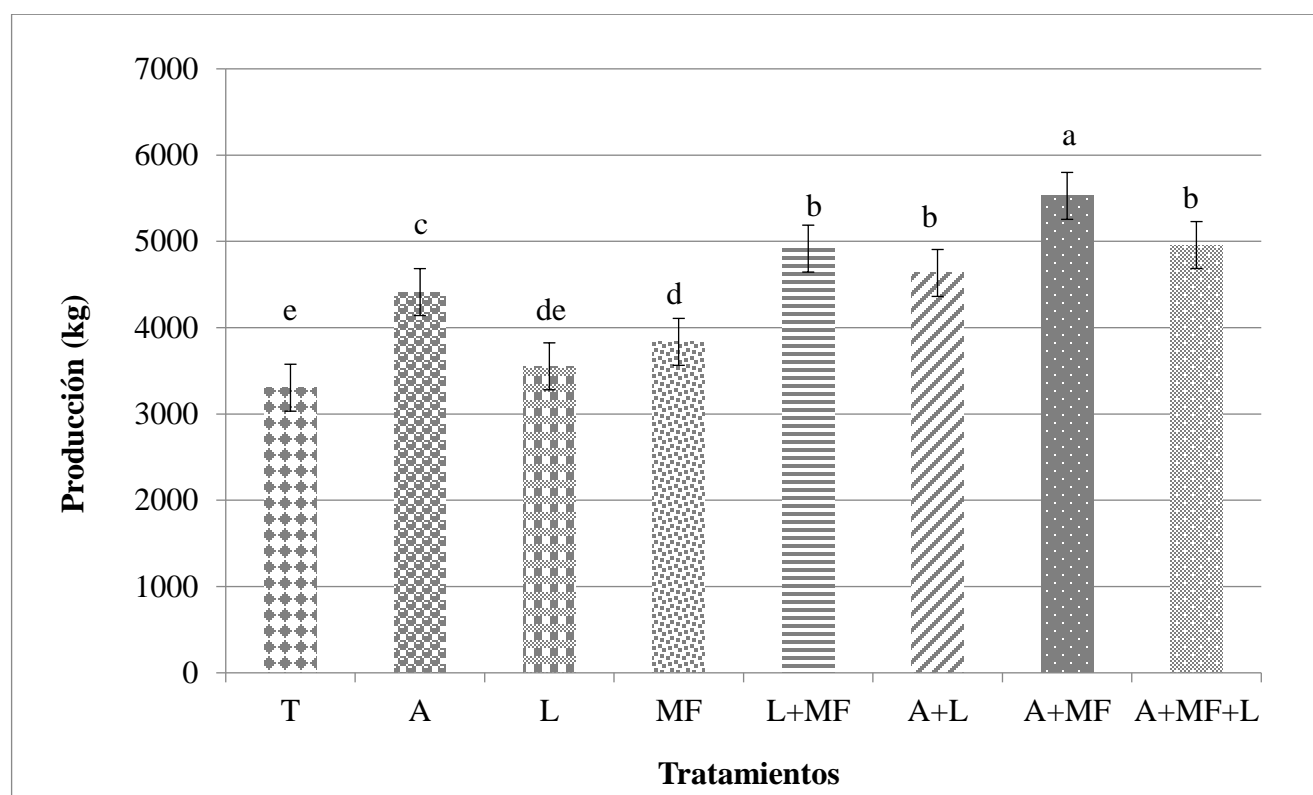
En cuanto al número de hojas, botones y flores se refiere, cabe destacar que T8 (A+MF+L) resultó ser un buen tratamiento con incrementos respectivos de 34.07, 54.16 y 102.94% en comparación con las plantas-testigo (T1). Lo denotado concuerda con las aseveraciones de García-León *et al.* (2018) quienes reconocen que los acolchados plásticos (y su color) tienden a incrementar la producción en los cultivos al protegerles contra eventos ambientales o biológicos adversos, así como con lo apuntado por Baker *et al.* (2006), Gupta *et al.* (2008) y Khandaker *et al.* (2017) al





constatar que el abono orgánico de los lumbrícidis favorece el crecimiento, desarrollo y productividad de una amplia gama de cultivos hortícolas, cereales y leguminosas de grano.

En la variable producción total el tratamiento A+MF superó en 22.95% a la respuesta obtenida en las plantas-testigo (T, Fig. 1) aspecto donde si bien destaca lo indicado por Robledo *et al.* (2010) al constatar que los acolchados incrementan la producción debido a la conservación del agua en el suelo y el control de arvenses, también vale la pena considerar la aceptable inclusión de lombricomposta como componente de este sistema agroproductivo (L+MF y A+MF+L) (Fig. 1).



**Figura 1. Producción total de frijol ejotero a los 74 DDS. (T: Testigo, A: Acolchado plástico, L: Lombricomposta, MF: Mezcla de fertilizante organo-mineral, L+MF: Lombricomposta+Mezcla de fertilizante organo-mineral, A+L: Acolchado plástico+Lombricomposta, A+MF: Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organo-mineral, A+MF+L: Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organo-mineral+Lombricomposta). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (DMS de Fisher,  $P \leq 0.05$ ). Las líneas verticales en las barras son el error estándar ( $\pm$ ).**



Finalmente, en el Cuadro 2 se observa que la adición de la mezcla perfecta de fertilizante organomineral y la lombricomposta tuvieron efectos positivos sobre diversos aspectos físicos y químicos del suelo antes y después de establecer el experimento, sobre todo en los contenidos de materia orgánica (11.04%), nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

**Cuadro 2. Análisis físicos y químicos del suelo antes y después de establecer el experimento.**

Determinaciones		Antes de montar el experimento	T	L	A	MF	A+L	A+MF	L+MF	A+L+MF	Referencia Norma Oficial Mexicana
<b>Textura</b>	Arena	48.56	56.56	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56	NOM 021 RECNAT 2000 AS-09
	Arcilla	22.44	16.72	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	
	Limo	30.00	26.72	21.44	21.44	21.44	21.44	21.44	21.44	21.44	
<b>pH</b>		6.4	6.0	5.6	5.7	5.4	5.6	6.7	6.0	6.8	NOM 021 RECNAT 2000 AS-02
<b>Materia orgánica (%)</b>		11.43	10.75	10.42	10.58	11.04	12.00	15.00	19.00	19.00	NOM 021 RECNAT 2000 AS-07
<b>Conductividad eléctrica</b>		0.80	2.40	5.30	2.70	1.70	2.01	2.00	2.5	2.5	NOM 021 RECNAT 2000 AS-18
<b>Nitrógeno (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>		0.57	0.53	10.00	0.55	10.00	10.00	10.00	11.00	11.00	NOM 021 RECNAT 2000 AS-08
<b>Fósforo (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>		No detectable	No detectable	0.02	No detectable	0.22	0.10	0.22	0.25	0.28	NOM 021 RECNAT 2000 AS-11
<b>Potasio (Cmol(+).kg<sup>-1</sup>)</b>		0.2167	0.608	0.480	0.455	0.352	0.333	0.589	0.689	1.054	NOM 021 RECNAT 2000 A-12
<b>Calcio (Cmol(+).kg<sup>-1</sup>)</b>		0.28	0.22	3.333	0.22	5.343	4.657	4.889	4.899	5.765	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12
<b>Magnesio (Cmol(+).kg<sup>-1</sup>)</b>		0.085	0.098	0.070	0.090	0.890	1.789	1.778	1.555	1.222	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12

Fuente: Análisis realizado por personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa (Veracruz, México), utilizando métodos estandarizados de análisis de suelo y las especificaciones del PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). Testigo (T), Lombricomposta (L), Acolchado (A), Mezcla de fertilizante organomineral (MF).



## Conclusiones

1. Los resultados obtenidos sugieren que A+MF (Acolchado plástico+Mezcla de fertilizante organomineral) fue el mejor tratamiento para la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike bajo las condiciones que prevalecieron durante el presente bioensayo.
2. Del mismo modo, la inclusión de lombricomposta podría ser un elemento técnico-biológico importante en la conformación de cultivos ecológicos de esta Fabaceae.

## Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrícolas por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa IV: Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación. Del mismo modo, al Padre Alejandro Pérez, ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

## Literatura citada

- Albán T., Á. A., J. C. Narváez R., R. Madriñán M., L. F. Cadavid L. y B. Ospina P. 2004. Efecto del uso de fertilizantes organo-minerales y minerales en la producción sostenible de yuca. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/viewFile/93/204](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/93/204) [consultado el 17 de julio de 2019].
- Ansari, A. A. and K. Sukhraj. 2010. Effect of vermiwash and vermicompost on soil parameters and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) in Guyana. Pakistan J. Agric. Res. 23(3-4):137-142.



- Baker, G. H., G. Brown, K. Butt, J. P. Curry and J. Scullion. 2006. Introduced earthworms in agricultural and reclaimed land: Their ecology and influences on soil properties, plant production and other soil biota. *Biol. Invasions* 8(6):1301-1316.
- Cáceres, R. y O. Marfà. 2008. Los organominerales y su interés en el mundo de la fertilización. [https://www.3tres3.com/articulos/los-organominerales-y-su-interes-en-el-mundo-de-la-fertilizacion\\_2263/](https://www.3tres3.com/articulos/los-organominerales-y-su-interes-en-el-mundo-de-la-fertilizacion_2263/) [consultado el 17 de julio de 2019].
- Castillo-Valdéz, X., L. A. Fonseca-Rodríguez, S. Fones-García, Y. U. Echeverría-Velázquez, S. Chávez-Peralta y G. Mercado-Mancera. 2014. Variación del rendimiento del cultivo de frijol en relación al abonado bajo condiciones de temporal p. 21-25 *In: Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Ciudad Juárez, Chih., México.
- Cedillo P., E. 2014. Agricultura y/o horticultura protegida, opciones viables para el campo mexicano. *Boletín UNAM-DGCS-738*. [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2014\\_738.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2014_738.html) [consultado el 9 de agosto de 2019].
- Díaz-López, E., J. A. S Escalante-Estrada, M. T. Rodríguez-González y A. Gaytán-Acuña. 2010. Producción de frijol ejotero en función del tipo de espaldera. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(3):215-221.
- Edwards, R. 2016. Green beans nutrition helps you fight cancer & improve digestion. <https://draxe.com/nutrition/vegetables/green-beans-nutrition/> [consultado el 6 de agosto de 2019].
- Esquivel-Esquivel, G., J. A. Acosta-Gallegos, R. Rosales-Serna, P. Pérez-Herrera, J. M. Hernández-Casillas, R. Navarrete-Maya, y J. S. Muruaga-Martínez. 2006. Productividad y adaptación del frijol ejotero en el Valle de México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 12(1):119-126.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2019. Production of beans, green: Top 10 producers. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> [consultado el 6 de agosto de 2019].





- García-León, Á., V. Robledo-Torres, R. Mendoza-Villareal, F. Ramírez-Goodina, L. A. Valdez-Aguilar y F. A. Gordillo-Melgoza. 2018. Producción de variedades tradicionales de tomate con acolchado en invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(14): 303-308.
- Gómez A., R., R. García B., F. Tong y C. Gonzalez H. 2014. Paquete tecnológico del cultivo de cacao fino de aroma. UNODOC. DEVIDA, Perú. 65 p.
- Gupta, A. K., P. K. Pankaj and V. Upadhyava. 2008. Effect of vermicompost, farm yard manure, biofertilizer and chemical fertilizers (N, P, K) on growth, yield and quality of lady's finger (*Abelmoschus esculentus*). *Pollut. Res.* 27(1):65-68.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) 2017. Agenda Técnica Agrícola de Veracruz. INIFAP, México. 192 p.
- Joshi, R., A. P. Vig and J. Singh. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: A field study. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2(1):16. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-16> [consultado el 18 de julio de 2019].
- Juárez L., P., R. Bugarín M., R. Castro B., A.L. Sánchez-Monteón, E. Cruz-Crespo, C. R. Juárez R., G. Alejo S. y R. Balois M. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente* 3(8):21-27.
- Khandaker, M. M., F. Rohani, T. Dalorima and N. Mat. 2017. Effects of different organic fertilizers on growth, yield and quality of *Capsicum annuum* L. var. Kulai (Red Chilli Kulai). *Biosci. Biotech. Res. Asia* 14(1):185-192.
- Moghadam, A. R. L., Z. O. Ardebili and F. Saidi. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium* Asiatic hybrid var. Navona. *Afr. J. Agric. Res.* 7(17):2609-2621.
- Osorio-García, N., R. Díaz-Ruiz, F. Rodríguez-Ruiz, J. L. Herrera-Palestina N. Lucas-Jacobo y J. L. Santiago-Hernández. 2010. Efecto de distintas fuentes de lombricomposta en la producción de ejote de frijol bajo invernadero p. 61-64. *In: Memorias del Foro Regional de Agricultura Sostenible*. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A. C. Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla. Pue., México.



- Rekha, G. S., P. K. Kaleena, D. Elumalai, M. P. Srikumaran and V. N. Maheswari. 2018. Effects of vermicompost and plant growth enhancers on the exo-morphological features of *Capsicum annum* (Linn.) Hepper. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 7(1):83-88.
- Robledo T., V., M. M. Ramírez G., M. E. Vázquez B., N. A. Ruiz T., V. M. Zamora V. y F. Ramírez G. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) con acolchados plásticos fotoselectivos. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3): 265-270.
- Salinas R., N., J. A. Escalante E., M. T. Rodríguez G. y E. Sosa M. 2008. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):235-241.
- Salinas R., N., J. A. Escalante E., M. T. Rodríguez G. y E. Sosa M. 2012. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):317-323.
- Sánchez del C., F., M. G. Durán P., E. C Moreno P. y J. J. Magdaleno V. 2017. Variedades y densidades de población de frijol ejotero cultivado bajo invernadero e hidroponía. *Rev. Mexicana Cien. Agric.* 8(5):1187-1193.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. México: Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre de 2002.
- StatSoft Inc. 2010. STATISTICA version 9.1 for Windows. Stat Soft Inc, Tulsa, OK, USA; <http://www.statsoft.com>.
- Ware, M. 2018. Everything you need to know about green beans. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/285753.php> [consultado el 9 de julio de 2019].

**Pecuaria**





## ANÁLISIS REPRODUCTIVO DE VACAS CRUZADAS SUIZO PARDO X CEBÚ Y SIMMENTAL X CEBÚ EN CONDICIONES TROPICALES

Ángel Ríos Utrera<sup>114\*</sup>, Eugenio Villagómez Amezcua Manjarrez<sup>115</sup>, Juan Prisciliano Zárate  
Martínez<sup>114</sup>, René Carlos Calderón Robles<sup>116</sup> y Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>114</sup>

### Resumen

El objetivo fue comparar la fertilidad de vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú criadas en clima tropical. Las vacas se mantuvieron en pastoreo rotacional de Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y Guinea (*Panicum maximum*), y se ordeñaron dos veces al día después de un breve amamantamiento de sus becerros, para estimular la eyección de leche. Los becerros se mantuvieron atados cerca de sus madres mientras ellas se ordeñaban. Se analizaron los registros reproductivos de 185 vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú con diferentes proporciones de genes *Bos taurus*. Las características se evaluaron ajustando un modelo de mediciones repetidas (excepto para edad a primer parto). Edad a primer parto, días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS. Servicios por concepción y tasa de preñez a primer servicio se analizaron con el procedimiento GENMOD del mismo programa. Las vacas Simmental x Cebú se sirvieron después del parto 39 días antes ( $P<0.05$ ) y tuvieron 47 días abiertos menos ( $P<0.05$ ) que las Suizo Pardo x Cebú. El intervalo entre partos de las vacas Simmental x Cebú fue 45 días más corto ( $P<0.05$ ) que el de las Suizo Pardo x Cebú. Las vacas

---

<sup>114</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México. \*Correspondencia: rios.angel@inifap.gob.mx/ariosu@hotmail.com.

<sup>115</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal. Km. 15.5 carretera federal México-Toluca, Palo Alto, Ciudad de México, México.

<sup>116</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México.





Simmental x Cebú pesaron 34 kg más al parto ( $P < 0.05$ ) que las Suizo Pardo x Cebú. Las vacas Simmental x Cebú tuvieron mejor fertilidad que las Suizo Pardo x Cebú.

**Palabras clave:** análisis de mediciones repetidas, cruzamiento, edad a primer parto, intervalo entre partos, tasa de preñez, trópico

## Introducción

En numerosos países con clima tropical, el cruzamiento de Cebú con razas *Bos taurus* (Holstein, Jersey, Suizo Pardo) ha sido una práctica común en hatos de doble propósito, para mejorar características de producción y composición de la leche, salud, supervivencia y fertilidad. Entre estas características, se ha observado que la fertilidad tiene el mayor impacto en la eficiencia del hato. El cruzamiento permite la introducción de genes favorables y obtiene ventaja de la complementariedad racial y la heterosis. La complementariedad racial permite a los criadores capitalizar las fortalezas de las diferentes razas, ya que ninguna raza es superior en todas las características que afectan la rentabilidad. La heterosis es el aumento en el desempeño por arriba de lo que se espera, basado en los padres de la descendencia. En México, el sistema de producción de doble propósito está constituido principalmente por vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú, Holstein Friesian x Cebú y Simmental x Cebú (Osorio-Arce *et al.*, 2010; Orantes-Zebadúa *et al.*, 2014; Ríos-Utrera *et al.*, 2015). Varios estudios realizados alrededor del mundo han evaluado el desempeño reproductivo de vacas cruzadas Holstein Friesian x Cebú (Nuraddis *et al.*, 2011; Moges, 2012; Duguma *et al.*, 2012; Obese *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2015; Arce *et al.*, 2017) o Jersey x Cebú (Varaprasad *et al.*, 2013; Vinothraj *et al.*, 2016), o han comparado el desempeño reproductivo de vacas puras indígenas y cruzadas Holstein Friesian x Cebú (Kebede *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2014), de vacas cruzadas Holstein Friesian x Cebú y Jersey x Cebú (Kebede *et al.*, 2011; Yifat *et al.*, 2009; Hussain *et al.*, 2012), de vacas puras Cebú y cruzadas 3/8 Simmental x 5/8 Cebú (García-Díaz *et al.*, 2018), de vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú y Holstein Friesian x Cebú (Zárate-



Martínez *et al.*, 2010), y de vacas cruzadas Holstein Friesian x Cebú y Simmental x Cebú (Kebede, 1992; Grajales *et al.*, 2010). Sin embargo, son muy escasos los artículos científicos relacionados con la evaluación reproductiva de vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú bajo las mismas condiciones tropicales o subtropicales; aparentemente, solo se ha publicado un artículo relacionado con la comparación de estos dos últimos genotipos (Osorio-Arce *et al.*, 2010). Un estudio mexicano previo mostró que vacas cruzadas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú produjeron niveles similares de leche (Ríos-Utrera *et al.*, 2015). El objetivo de este estudio fue comparar la fertilidad de vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú criadas en clima tropical.

## Materiales y métodos

### Localización y descripción del ambiente

El presente estudio se realizó en un hatillo bovino de doble propósito en el sitio experimental Playa Vicente, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El sitio experimental está localizado a 17° 19' latitud norte y 95° 41' longitud oeste, a 95 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Playa Vicente, en el estado de Veracruz, México. El clima está clasificado como tropical húmedo (Am), con temperatura y precipitación media anual de 26.8°C y 2,200 mm, respectivamente (García, 1988).

### Animales

El número de vacas, padres y madres, por grupo genético, utilizados en el presente estudio se muestra en el Cuadro 1. Se analizaron los registros reproductivos de 185 vacas cruzadas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú con diferentes proporciones de genes *Bos taurus* (50.0, 62.5 o 75.0%), nacidas de 1981 a 2003. Las 185 vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* fueron producidas con 60 sementales con diferentes proporciones de genes Simmental o Suizo Pardo (50, 62.5, 75 o 100%) y 129 hembras con diferentes proporciones de genes Cebú (25, 37.5, 50 o 100%). La raza de las



madres Cebú fue Indubrasil. Las 129 madres se aparearon con los 60 sementales a través de inseminación artificial (principalmente) y monta natural. Las vacas (hijas) de ambos grupos genéticos, Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, fueron manejadas juntas de la misma manera y pastorearon en los mismos potreros.

El Cuadro 2 presenta los diferentes apareamientos realizados para producir las 185 vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* evaluadas en el presente estudio. Las vacas  $\frac{1}{2}$  *Bos taurus* x  $\frac{1}{2}$  *Bos indicus* fueron producidas con toros *Bos taurus*. Las vacas  $\frac{3}{4}$  *Bos taurus* x  $\frac{1}{4}$  *Bos indicus* fueron producidas con toros *Bos taurus* y  $\frac{3}{4}$  *Bos taurus* x  $\frac{1}{4}$  *Bos indicus*, mientras que las vacas  $\frac{5}{8}$  *Bos taurus* x  $\frac{3}{8}$  *Bos indicus* fueron producidas con toros  $\frac{1}{2}$  *Bos taurus* x  $\frac{1}{2}$  *Bos indicus* y  $\frac{3}{4}$  *Bos taurus* x  $\frac{1}{4}$  *Bos indicus*. Adicionalmente, las vacas  $\frac{5}{8}$  Suizo Pardo x  $\frac{3}{8}$  Cebú fueron producidas con toros  $\frac{5}{8}$  *Bos taurus* x  $\frac{3}{8}$  *Bos indicus*.

**Cuadro 1. Número de vacas, padres y madres, por grupo genético.**

Grupo genético	Vacas	Padres	Madres
Cebú	-	-	65
Simmental	-	21	-
Suizo Pardo	-	24	-
$\frac{1}{2}$ Simmental x $\frac{1}{2}$ Cebú	36	2	21
$\frac{1}{2}$ Suizo Pardo x $\frac{1}{2}$ Cebú	47	1	28
$\frac{3}{4}$ Simmental x $\frac{1}{4}$ Cebú	35	2	4
$\frac{3}{4}$ Suizo Pardo x $\frac{1}{4}$ Cebú	45	6	7
$\frac{5}{8}$ Simmental x $\frac{3}{8}$ Cebú	7	-	-
$\frac{5}{8}$ Suizo Pardo x $\frac{3}{8}$ Cebú	15	4	4
Total	185	60	129

**Cuadro 2. Apareamientos realizados para producir las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*<sup>a</sup>.**

Padre	Madre					
	C	1S1C	1P1C	3S1C	3P1C	5P3C
S	X	X				
P	X		X			
1S1C				X		
1P1C					X	
3S1C		X		X		
3P1C			X		X	
5P3C						X

<sup>a</sup>C= Cebú, S= Simmental, P= Suizo Pardo, 1S1C=  $\frac{1}{2}$  Simmental x  $\frac{1}{2}$  Cebú, 1P1C=  $\frac{1}{2}$  Suizo Pardo x  $\frac{1}{2}$  Cebú, 3S1C=  $\frac{3}{4}$  Simmental x  $\frac{1}{4}$  Cebú, 3P1C=  $\frac{3}{4}$  Suizo Pardo x  $\frac{1}{4}$  Cebú, 5P3C=  $\frac{5}{8}$  Suizo Pardo x  $\frac{3}{8}$  Cebú



## Alimentación

Las vacas se mantuvieron en pastoreo rotacional de Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y Guinea (*Panicum maximum*). Además, recibieron 2 kg/animal/día de un suplemento comercial (13% de proteína cruda y 70% de nutrientes digestibles totales) un mes antes del parto y en cada ordeño durante toda la lactancia. Durante la época de sequía (marzo a mayo), las vacas se suplementaron con 15-20 kg/animal/día de ensilaje de maíz (*Zea mays*) o caña japonesa (*Saccharum sinense*) fresca y picada.

## Reproducción

Las vaquillas se aparearon por primera vez cuando alcanzaron alrededor de 320 kg de peso vivo. La detección de celos se realizó una hora en la mañana (de 06:00 a.m. a 07:00 a.m.) y una hora en la tarde (de 05:00 p.m. a 06:00 p.m.), con la ayuda de un toro marcador. El apareamiento de las hembras (vacas y vaquillas) fue de la siguiente manera: aquellas que presentaron celo en la mañana se inseminaron en la tarde, y aquellas que presentaron celo en la tarde se inseminaron al siguiente día por la mañana, 12 horas después de observado el celo, aproximadamente. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación rectal, 45 días después de la última inseminación. Las vacas se desecharon principalmente por razones de pobre fertilidad y salud.

## Ordeño

Las vacas se ordeñaron dos veces al día (de 06:00 a.m. a 08:00 a.m., y de 03:00 p.m. a 05:00 p.m.), después de un amamantamiento ligero realizado por su cría, para estimular la eyección de leche. Los becerros se mantuvieron atados, a un costado de sus madres, mientras ellas fueron ordeñadas. La producción de leche de cada vaca se registró en cada ordeño. Durante los tres primeros meses de lactancia, solo se ordeñaron tres tetas de la ubre, dejando una teta de la ubre para consumo de leche del becerro, más la leche residual de las tres tetas ordeñadas. Del día 91 de lactancia hasta el destete del becerro (210 días de edad), se ordeñaron las cuatro tetas, dejando para la alimentación del becerro solamente la leche residual.





Después del ordeño, se permitió a los becerros mamar alrededor de una hora. Posteriormente, los becerros se separaron de sus madres hasta el siguiente ordeño. Después del destete, los becerros solo se usaron para estimular la eyección de leche de sus madres hasta el secado. Las vacas se secaron cuando tuvieron siete meses de gestación o produjeron menos de 3 kg de leche por día.

### **Características evaluadas**

Se analizaron registros de edad a primer parto, días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos, número de servicios por concepción, tasa de preñez a primer servicio y peso de la vaca al parto. Edad a primer parto se calculó como la diferencia entre la fecha de primer parto y la fecha de nacimiento. Días a primer servicio después del parto se calculó como la diferencia entre la fecha del primer servicio después del parto y la fecha de parto correspondiente. Días abiertos se definió como la diferencia entre la fecha de concepción después del parto y la fecha de parto correspondiente; esta característica refleja la tasa de parto y la capacidad de la hembra para ciclar y manifestar estro. Intervalo entre partos fue la diferencia entre la fecha de parto y la fecha de parto anterior. Tasa de preñez a primer servicio se definió como una variable binaria; por lo tanto, si una hembra quedó gestante después del servicio, se asignó un valor de 1; de lo contrario, se asignó un valor de 0. El Cuadro 3, resume las características de los datos para todas las variables de respuesta. Las medias no ajustadas de edad a primer parto, días a primer servicio después del parto, número de servicios por concepción, días abiertos, tasa de preñez a primer servicio, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto fueron: 1101.1 d, 119.5 d, 2.1 servicios, 162.1 d, 43.9%, 447.5 d y 482.4 kg, respectivamente.



**Cuadro 3. Estadísticas descriptivas.**

Variable <sup>a</sup>	N	Media	Dev Est	CV	Mínimo	Máximo
EPP (días)	176	1101.1	219.4	19.9	713	1708
DPS	641	119.5	78.7	65.9	7	906
NSC	595	2.1	1.3	61.9	1	8
DA	596	162.1	104.9	64.7	7	926
TP (%)	595	43.9	49.7	113.2	0	1
IEP (días)	596	447.5	100.1	22.4	298	975
PV (kg)	655	482.4	74.0	15.3	285	770

<sup>a</sup>EPP= edad a primer parto; DPS= días a primer servicio después del parto; NSC= número de servicios por concepción; DA= días abiertos; TP= tasa de preñez a primer servicio; IEP= intervalo entre partos; PV= peso de la vaca al parto.

### Análisis estadísticos

Edad a primer parto se analizó con el procedimiento MIXED de SAS (2011) con un modelo simple que incluyó vaca anidada en grupo genético de la vaca, y padre de la vaca anidado en grupo genético del padre como efectos aleatorios, y grupo genético de la vaca, año de parto y época de parto como efectos fijos. Las características restantes se analizaron con un modelo de mediciones repetidas que incluyó vaca anidada en grupo genético de la vaca, y padre de la vaca anidado en grupo genético del padre como efectos aleatorios (excepto para número de servicios por concepción y tasa de preñez a primer servicio), y grupo genético de la vaca, año de parto, época de parto y número de lactancia como efectos fijos. Además, para tasa de preñez a primer servicio, el modelo incluyó fase de lactancia (Fase 1: de 1 a 50 d; Fase 2: de 51 a 100 d; Fase 3: de 101 a 150 d; y Fase 4:  $\geq 151$  d postparto). Días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS (2011); número de servicios por concepción y tasa de preñez a primer servicio se analizaron con el procedimiento GENMOD del mismo programa. Para número de servicios por concepción, se especificó una distribución Poisson en la declaración del modelo; en el análisis de tasa de preñez a primer servicio, se especificó una distribución binomial y se usó una función liga logit. El modelo para analizar días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto se ajustó preliminarmente probando diferentes estructuras de covarianzas (ante-dependencia, auto-regresiva de primer orden, auto-regresiva



heterogénea, simetría compuesta, simetría compuesta heterogénea, simple, Toeplitz, Toeplitz heterogénea y sin estructura), para proporcionar el mejor ajuste a los datos. Las estructuras de covarianzas que se probaron para analizar número de servicios por concepción y tasa de preñez a primer servicio fueron auto-regresiva de primer orden, simetría compuesta, independiente, Toeplitz y sin estructura. La selección de la estructura de covarianzas apropiada para días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto se basó en los criterios de información de ajuste de Akaike, de segundo orden y Bayesiano de Schwarz. Para número de servicios por concepción y tasa de preñez a primer servicio, la estructura de covarianzas apropiada se seleccionó con base en el criterio de información de ajuste de cuasi-verosimilitud.

## Resultados y discusión

Los criterios de información de ajuste de Akaike, de segundo orden, Bayesiano de Schwarz y de cuasi-verosimilitud se presentan en el Cuadro 4. Las estructuras de covarianzas apropiadas usadas en los modelos definitivos fueron: auto-regresiva de primer orden para número de servicios por concepción y peso de la vaca al parto; simetría compuesta para tasa de preñez a primer servicio; y simple para días a primer servicio después del parto, días abiertos e intervalo entre partos.



**Cuadro 4. Criterios de información de ajuste de Akaike (AIC), segundo orden (AICC), Bayesiano de Schwarz (BIC) y cuasi-verosimilitud (QIC).**

Variable/Estructura de covarianzas	Criterio de información <sup>a</sup>			
	AIC	AICC	BIC	QIC
Número de servicios por concepción <sup>b</sup>				
<b>Auto-regresiva de primer orden</b>	-	-	-	<b>879.33</b>
Simetría compuesta	-	-	-	881.01
Independiente	-	-	-	880.28
Toeplitz	-	-	-	881.54
Tasa de preñez a primer servicio <sup>b</sup>				
Auto-regresiva de primer orden	-	-	-	825.51
<b>Simetría compuesta</b>	-	-	-	<b>825.37</b>
Independiente	-	-	-	825.46
Toeplitz	-	-	-	825.52
Días a primer servicio después del parto <sup>c</sup>				
<b>Simple</b>	<b>6584.2</b>	<b>6584.2</b>	<b>6593.9</b>	-
Auto-regresiva de primer orden	6585.5	6585.6	6598.6	-
Días abiertos <sup>c</sup>				
<b>Simple</b>	<b>6375.6</b>	<b>6375.7</b>	<b>6385.4</b>	-
Auto-regresiva de primer orden	6377.6	6377.7	6390.6	-
Intervalo entre partos <sup>c</sup>				
<b>Simple</b>	<b>6305.4</b>	<b>6305.5</b>	<b>6315.2</b>	-
Auto-regresiva de primer orden	6304.0	6304.1	6317.0	-
Simetría compuesta	6317.4	6317.5	6327.2	-
Peso de la vaca al parto <sup>c</sup>				
Simple	6288.2	6288.3	6298.0	-
<b>Auto-regresiva de primer orden</b>	<b>6284.1</b>	<b>6284.1</b>	<b>6297.1</b>	-

<sup>a</sup>Valores menores indican mejor ajuste.

<sup>b</sup>La covarianza sin estructura no fue estimable.

<sup>c</sup>Las covarianzas ante-dependencia, sin estructura, auto-regresiva heterogénea, simetría compuesta, simetría compuesta heterogénea, Toeplitz y Toeplitz heterogénea no fueron estimables.

Los niveles de probabilidad de los efectos genéticos y ambientales incluidos en los modelos estadísticos para analizar las variables de respuesta se muestran en el Cuadro 5.





**Cuadro 5. Niveles de significancia estadística de los efectos fijos para las variables de respuesta.**

Efecto	Variable de respuesta <sup>a</sup>						
	EPP	DPS	NSC	DA	TP	IEP	PV
Vaca <sup>b</sup>	<0.0001	0.0244	---	0.0075	---	0.0072	<0.0001
Padre <sup>c</sup>	0.0623	0.0278	---	0.0107	---	0.0125	0.0206
Grupo genético	0.1315	0.0002	0.8939	0.0023	0.3617	0.0018	0.0008
Año (A)	<0.0001	<.0001	0.0042	<0.0001	0.0358	<0.0001	<0.0001
Época (E)	0.1155	0.6925	0.3036	0.7028	0.8084	0.9605	0.2618
Lactancia <sup>d</sup>	---	<.0001	0.5058	<0.0001	0.0130	<0.0001	<0.0001
A x E	---	0.0392	---	0.0002	---	0.0001	0.0010
Fase <sup>e</sup>	---	---	---	---	0.4262	---	---

<sup>a</sup>EPP= edad a primer parto; DPS= días a primer servicio después del parto; NSC= número de servicios por concepción; DA= días abiertos; TP= tasa de preñez a primer servicio; IEP= intervalo entre partos; PV= peso de la vaca al parto.

<sup>b</sup>Vaca anidada en grupo genético de la vaca.

<sup>c</sup>Padre de la vaca anidado en grupo genético del padre.

<sup>d</sup>Lactancia= número de lactancia.

<sup>e</sup>Fase= Fase de la lactancia.

Vaca anidada en grupo genético de la vaca fue una fuente de variación significativa para edad a primer parto, días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto. Padre de la vaca anidado en grupo genético del padre fue significativo para días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto. Grupo genético explicó variación en edad a primer parto, días a primer servicio después del parto, días abiertos, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto. Número de lactancia fue una fuente de variación significativa para días a primer servicio después del parto, días abiertos, tasa de preñez a primer servicio, intervalo entre partos y peso de la vaca al parto.

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para las variables de respuesta se muestran en el Cuadro 6.



**Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para edad a primer parto (EPP), días a primer servicio después del parto (DPS), número de servicios por concepción (NSC), días abiertos (DA), tasa de preñez a primer servicio (TP), intervalo entre partos (IEP) y peso de la vaca al parto (PV), por grupo genético, época de parto, número de lactancia y fase de la lactancia.**

	Variable de respuesta						
	EPP	DPS	NSC	DA	TP	IEP	PV
Grupo genético <sup>d</sup>							
SP x CE	1114±19 <sup>a</sup>	143±6.2 <sup>a</sup>	2.1±.08 <sup>a</sup>	192±9.6 <sup>a</sup>	41±3 <sup>a</sup>	476±9.1 <sup>a</sup>	451±6.3 <sup>a</sup>
SM x CE	1160±25 <sup>a</sup>	104±7.0 <sup>b</sup>	2.1±.09 <sup>a</sup>	145±10.8 <sup>b</sup>	45±4 <sup>a</sup>	431±10.3 <sup>b</sup>	485±7.2 <sup>b</sup>
Época de parto							
Fría	1161±24 <sup>a</sup>	120±6.3 <sup>a</sup>	2.1±.10 <sup>a</sup>	167±9.5 <sup>a</sup>	43±5 <sup>a</sup>	453±8.9 <sup>a</sup>	470±5.5 <sup>a</sup>
Seca	1143±23 <sup>a</sup>	126±6.7 <sup>a</sup>	2.1±.12 <sup>a</sup>	173±9.8 <sup>a</sup>	41±4 <sup>a</sup>	455±9.3 <sup>a</sup>	464±5.6 <sup>a</sup>
Lluviosa	1106±22 <sup>a</sup>	124±5.7 <sup>a</sup>	2.0±.09 <sup>a</sup>	165±8.4 <sup>a</sup>	45±4 <sup>a</sup>	452±7.9 <sup>a</sup>	470±5.2 <sup>a</sup>
Número lactancia							
1		144±6.3 <sup>a</sup>	2.2±.10 <sup>a</sup>	200±9.2 <sup>a</sup>	34±4 <sup>a</sup>	487±8.7 <sup>a</sup>	428±5.3 <sup>a</sup>
2		125±6.9 <sup>b</sup>	2.0±.12 <sup>a</sup>	161±9.9 <sup>b</sup>	52±5 <sup>b</sup>	445±9.4 <sup>b</sup>	469±5.5 <sup>b</sup>
≥3		102±5.8 <sup>c</sup>	2.0±.08 <sup>a</sup>	144±8.7 <sup>b</sup>	44±4 <sup>ab</sup>	428±8.3 <sup>b</sup>	506±5.5 <sup>c</sup>
Fase de lactancia <sup>e</sup>							
1					37±6 <sup>a</sup>		
2					45±4 <sup>a</sup>		
3					43±4 <sup>a</sup>		
4					48±5 <sup>a</sup>		

<sup>a,b,c</sup> Medias con diferente superíndice son diferentes (P<0.05).

<sup>d</sup>SP x CE= Suizo Pardo x Cebú; SM x CE= Simmental x Cebú.

<sup>e</sup>1= de 1 a 50 d; 2= de 51 a 100 d; 3= de 101 a 150 d; 4= ≥151 d postparto.

Las vacas cruzadas Simmental x Cebú se sirvieron después del parto 39 días antes (P<0.05) que las vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú (104 vs 143 d). Las vacas cruzadas Simmental x Cebú tuvieron 47 días abiertos menos (P<0.05) que las vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú. El intervalo entre partos de las vacas cruzadas Simmental x Cebú fue 45 días más corto (P<0.05) que el de las vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú. Las vacas cruzadas Simmental x Cebú fueron 34 kg más pesadas (P<0.05) al parto que las vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú. Las vacas con tres lactancias tuvieron menos (P<0.05) días a primer servicio después del parto que las vacas con una o dos lactancias. Las vacas con dos lactancias tuvieron menos (P<0.05) días a primer servicio después del parto que las vacas con una lactancia. Las vacas con dos o tres lactancias tuvieron menos días abiertos (P<0.05) e intervalos entre partos más cortos (P<0.05) que las vacas con una lactancia. Las vacas con dos lactancias



tuvieron mayor ( $P < 0.05$ ) tasa de preñez a primer servicio que las vacas con una lactancia; la tasa de preñez de las vacas con tres lactancias fue intermedia. Las vacas con tres lactancias fueron más pesadas al parto ( $P < 0.05$ ) que las vacas con una o dos lactancias. Las vacas con dos lactancias fueron más pesadas al parto ( $P < 0.05$ ) que las vacas con una lactancia.

Artículos científicos que comparan la capacidad reproductiva de vacas cruzadas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú son muy escasos en la literatura, por lo tanto, en la mayoría de los casos, vacas cruzadas Simmental x Cebú serán comparadas con vacas cruzadas Holstein Friesian x Cebú; sin embargo, artículos científicos que comparan el desempeño reproductivo de vacas cruzadas Simmental x Cebú y Holstein Friesian x Cebú son también limitados. Las medias de cuadrados mínimos para edad a primer parto e intervalo entre partos reportadas para los grupos genéticos Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú del presente estudio son similares a las reportadas para el grupo genético Suizo Pardo x Cebú en condiciones tropicales de Yucatán, México (Mejía-Baustista *et al.*, 2010), y para el grupo genético Holstein Friesian x Cebú en granjas lecheras de pequeños agricultores de Etiopía (Moges, 2012). En un estudio realizado en el trópico húmedo de México, los genotipos Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú tuvieron similares edades a primer parto e intervalos entre partos (Osorio-Arce *et al.*, 2010). Estos resultados concuerdan parcialmente con los del presente estudio, en el cual los genotipos Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú tuvieron similar edad a primer parto, pero el genotipo Simmental x Cebú tuvo intervalos entre partos más cortos que el genotipo Suizo Pardo x Cebú. Investigadores colombianos (Grajales *et al.*, 2010) observaron que el intervalo del parto al primer calor de vacas cruzadas Simmental x Cebú fue 48.8 días más corto que el de vacas cruzadas Holstein x Cebú; sin embargo, estos investigadores también encontraron que estos grupos genéticos no difirieron significativamente en la edad a primer calor. En un estudio realizado en Etiopía, un investigador africano (Kebede, 1992) encontró que el intervalo entre partos de vacas cruzadas  $\frac{3}{4}$  Simmental x  $\frac{1}{4}$  Horro (Cebú) fue 178 días más corto que el de vacas  $\frac{3}{4}$  Friesian x  $\frac{1}{4}$  Horro (Cebú). En contraste, en un estudio realizado en



Brasil (McManus *et al.*, 2002) vacas cruzadas Simmental x Cebú y Holstein Friesian x Cebú tuvieron similares intervalos entre partos.

En varios estudios, la evaluación reproductiva de vacas cruzadas *Bos taurus* x *Bos indicus* ha revelado que vacas con dos o tres lactancias tienen intervalos entre partos más cortos que vacas con una lactancia (Osorio-Arce *et al.*, 2010; Kumar *et al.*, 2014; Hussain *et al.*, 2012; Mejía-Baustista *et al.*, 2010), lo cual concuerda con los presentes hallazgos. En contraste, en un estudio realizado en Tabasco, México (Arce *et al.*, 2017), con hembras Holstein Friesian x Cebú, vacas con tres lactancias tuvieron intervalos entre partos más largos que vacas con una lactancia (440 vs 414 días), hallazgo que no concuerda con el presente resultado; también en discordancia están los resultados obtenidos con vacas cruzadas Jersey x Red Sindhi en la India, donde vacas con una, dos o tres lactancias tuvieron similares intervalos entre partos (Vinothraj *et al.*, 2016).

En la presente investigación, la tasa de preñez a primer servicio no fue afectada por la fase de lactancia. Por el contrario, en un cruce dialélico con Holstein Friesian y Suizo Pardo en condiciones subtropicales de México (Calderón-Robles *et al.*, 2017), vacas en Fase 4 de la lactancia ( $\geq 151$  d postparto) tuvieron mayor tasa de preñez a primer servicio que vacas en Fase 1 (de 1 a 50 d postparto) y 2 (de 51 a 100 d postparto) de la lactancia (63% vs 44 y 50%, respectivamente), y vacas en Fase 3 (de 101 a 150 d postparto) fueron superiores a vacas en Fase 1 (56% vs 44%); sin embargo, la discrepancia entre estudios pudo deberse a diferencias en los genotipos evaluados y prácticas de manejo del hato. En hatos lecheros, los becerros son separados de sus madres 4-5 d después del parto, pero en hatos de doble propósito los becerros se mantienen atados, a un costado de sus madres, mientras ellas son ordeñadas. Además, durante los primeros meses de lactancia, solo se ordeñan tres tetas de la ubre, dejando una teta de la ubre para consumo de leche del becerro, más la leche residual de las tres tetas ordeñadas.





## Conclusiones

En conclusión, las vacas cruzadas Simmental x Cebú fueron más pesadas al parto y tuvieron intervalos del parto al primer servicio, del parto a la concepción, y del parto al siguiente parto más cortos que vacas cruzadas Suizo Pardo x Cebú. Estos resultados, junto con resultados previos obtenidos con el mismo hato, donde las vacas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú tuvieron similar producción de leche, sugieren que vacas cruzadas Simmental x Cebú son una mejor alternativa para la producción pecuaria en el trópico de México. Sin embargo, es necesario evaluar aspectos adicionales (e.g., salud, supervivencia y producción de becerros) de ambos genotipos para tener un panorama completo.

## Literatura citada

- Arce, R. C., E. M. Aranda I., M. M. Osorio A., R. González G., P. Díaz R. y J. A. Hinojosa C. 2017. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(1):83-91.
- Calderón-Robles, R. C., A. Ríos-Utrera, V. E. Vega-Murillo, M. Montaña-Bermúdez, G. Martínez-Velázquez, S. I. Román-Ponce *et al.* 2017. Reproduction of Holstein and Brown Swiss cows and of their F1 reciprocal crosses raised in a Mexican subtropical environment. *J. Anim. Plant. Sci.* 27(6):1816-1821.
- Duguma, B., Y. Kechero and G. P. J. Janssens. 2012. Productive and reproductive performance of Zebu x Holstein-Friesian crossbred dairy cows in Jimma Town, Oromia, Ethiopia. *Global Vet.* 8(1):67-72.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 109-110.
- García-Díaz, J. R., J. Scull S., Y. Sarria S., A. Pérez-Bello y M. Hernández-Barreto. 2018. Comportamiento reproductivo de los genotipos Cebú y 5/8 Cebú x 3/8 Simmental en la región central de Cuba. *Rev. Prod. Anim.* 30(2):44-51.



- Grajales, L. H., Hernández V. A. y Prieto E. 2010. Caracterización fisiológica del periodo posparto en cuatro grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. Rev MVZ Córdoba. 15(1):1916-1924.
- Hussain, J., R. Roychoudhury, G. C. Das, D. C. Mili and R. N. Goswami. 2012. Reproductive performance of dairy cows under field condition of Assam State. Indian J. Anim. Res. 46(2):180-183.
- Kebede, B. 1992. Estimation of additive and nonadditive genetic effects for growth, milk yield and reproduction traits of crossbred (*Bos taurus* x *Bos indicus*) cattle in the wet and dry environments in Ethiopia. Dissertation. Cornell University. 216 p.
- Kebede, G., M. Kebede, T. Midexa and S. Eshetu. 2011. Comparative reproductive performance of Horro (Zebu) with Horro x Friesian and Horro x Jersey females in sub humid environments of Bako. Livest. Res. Rural Develop. 23(8):1-6.
- Kumar, J., Y. P. Singh, S. Kumar, R. Singh, R. Kumar and P. Kumar. 2015. Genetic analysis of reproductive performance of Frieswal cattle at Military Farm, Ambala. Vet. World. 8(8):1032-1037.
- Kumar, N., A. Eshetie, B. Gebrekidan and E. B. Gurmu. 2014. Reproductive performance of indigenous and HF crossbred dairy cows in Gondar, Ethiopia. IOSR-JAVS. 7(1):56-61.
- McManus, C., M. G. Saueressig, R. A. Falcão, G. Serrano, K. R. A. Marcelino y G. R. Paludo. 2002. Componentes reproductivos e produtivos no rebanho de corte da Embrapa Cerrados. R. Bras. Zootec. 31(2):648-657.
- Mejía-Baustista, G. T., J. G. Magaña., J. C. Segura-Correa, R. Delgado y R. J. Estrada-León. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca:cría en Yucatán, México. Trop. Subtrop. Agroecosys. 12:289-301.
- Moges, N. 2012. Study on reproductive performance of crossbred dairy cows under small holder conditions in and around Gondar, North Western Ethiopia. J. Reprod. Inf. 3(3):38-41.
- Nuraddis, I., A. Ashebr and M. Shiferaw. 2011. Assessment of reproductive performance of cross breed dairy cows (Holstein Friesian x Zebu) in Gondar Town. Global Vet. 6(6):561-566.



- Obese, F. Y., D.A. Acheampong and K.A. Darfour-Oduro. 2013. Growth and reproductive traits of Friesian x Sanga crossbred cattle in the Accra plains of Ghana. *Afr. J. F. Agric. Nut. Develop.* 13(2):7357-7371.
- Orantes-Zebadúa, M. A., D. Platas-Rosado, V. Córdoba-Ávalos, M. C. Santos-Lara y A. Córdoba-Ávalos. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosist. Rec. Agropec.* 1(1):49-58.
- Osorio-Arce, M. M. y J. C. Segura-Correa. 2010. Efectos raciales y ambientales sobre edad al primer parto e intervalo entre partos de vacas Brahman y sus cruces en el trópico-húmedo de México. *Livest. Res. Rural Develop.* 22(8):1-10.
- Ríos-Utrera, A., V. D. Hernández-Hernández, E. Villagómez-Amezcuca Manjarréz y J. P. Zárate-Martínez. 2015. Producción láctea de vacas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en clima tropical. *Agron. Mesoam.* 26(1):17-25.
- SAS. SAS/STAT. Version 9.3. 4th ed. SAS Institute: Cary, USA; 2011.
- Varaprasad, A. R., T. Raghunandan, M. K. Kumar and M. G. Prakash. 2013. Studies on the reproductive performance of Jersey x Sahiwal cows in Chittoor district of Andhra Pradesh. *Int. J. Agric. Sci. Vet. Med.* 1(1):52-57.
- Vinothraj, S., A. Subramaniyan, R. Venkataramanan, C. Joseph and S. N. Sivaselvam. 2016. Genetic evaluation of reproduction performance of Jersey x Red Sindhi crossbred cows. *Vet. World.* 9(9):1012-1017.
- Yifat, D., B. Kelay, M. Bekana, F. Lobago, H. Gustafsson and H. Kindahl. 2009. Study on reproductive performance of crossbred dairy cattle under smallholder conditions in and around Zeway, Ethiopia. *Livest. Res. Rural Develop.* 21(6):1-6.
- Zárate-Martínez, J. P., V. A. Esqueda-Esquivel, J. C. Vinay-Vadillo y S. M. Jácome-Maldonado. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agron. Mesoam.* 21(2):255-265.



## DAÑOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS EN UN REBAÑO OVINO DE YUCATÁN POR ATAQUES DE PERROS

María de la Luz Murguía Olmedo<sup>117\*</sup> y Octavio Rojas Rodríguez<sup>117</sup>

### Resumen

Los ataques de perros a rebaños ovinos en los municipios de Yucatán son comunes, ya sea por perros con dueño o asilvestrados. El objetivo del estudio fue cuantificar los daños ocasionados por ataques de perros, por raza, edad, sexo y localización de heridas, así como las pérdidas económicas por mortalidad y tratamiento de animales heridos. La población atacada era de 250 ovinos en total. Se clasificaron los ataques por sexo, edad, raza, localización de lesiones corporales y fallecimientos. Además, se cuantificó el costo del tratamiento por utilización de medicamentos y alimentación de los animales heridos. Los datos se concentraron en Excel y se procedió al análisis de la información mediante estadísticas descriptivas. Los resultados muestran una mayor mortalidad en hembras que en machos (70% vs 30%). La mayoría de las muertes ocurrieron en ovinos de 1 año de edad (65%); un 25% ocurrió en ovinos de 2 años de edad, un 7.5% en los de 3 años de edad, y un 2.5% en ovinos de 4 a 10 años de edad. La mortalidad en la raza Blackbelly fue de 57.5% y en la Pelibuey de 42.5%. El costo por tratamiento durante 44 días para 17 ovinos heridos hasta que se dio de alta al último animal herido fue de \$15,022.41, siendo el costo promedio de \$883.67/animal. La pérdida por animales fallecidos durante los ataques fue de \$54,000.00, mientras que el total de pérdidas por mortalidad y tratamiento de animales heridos fue de \$69,022.41. Los perros mostraron predilección por las hembras y, en general, por animales jóvenes de 1 año de edad. La raza más afectada por los ataques fue la Blackbelly. La localización de las heridas fue en su mayoría en

---

<sup>117</sup> Campo Experimental Mocochoá (CIRSE, INIFAP). Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, C.P. 97454. Autor para correspondencia: [murguia.maria@inifap.gob.mx](mailto:murguia.maria@inifap.gob.mx)





piernas y costados de los ovinos. Se recomienda la utilización de perros protectores de rebaño.

**Palabras clave:** depredadores, borregos, lesiones, mortalidad

## Introducción

La producción ovina en el mundo es una actividad con alta importancia económica y social, según sea su desarrollo en cada país. Un alto porcentaje de ésta se desarrolla en sistemas de pastoreo, en sus diferentes modalidades (trashumante, de traspatio, extensiva o semi-extensiva), por la oportunidad de hacer más rentable la actividad, al reducir el uso de concentrados o granos en la alimentación. En México se tienen registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, que están distribuidas aproximadamente de la siguiente forma: 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte (PROGAN, 2010). Las que se ubican en la región sur-sureste se orientan principalmente a la producción de carne con razas de pelo (Pelibuey, BlackBelly, Katahdin y Dorper) (Partida de la Peña *et al.*, 2013). Al ser criadas en estabulación o pastoreo, todas las especies ganaderas domésticas son susceptibles a la depredación, especialmente los animales recién nacidos o los de corta edad, pero son especialmente susceptibles los ovinos y caprinos, en todas sus edades. Sus depredadores principales son pumas, lobos, coyotes, perros y fauna salvaje constituida de carnívoros grandes y pequeños, que atacan a los corderos y animales adultos. Por otro lado, se reconocen los efectos positivos de la interacción humano-animal, donde se han desarrollado estrategias que incorporan animales en los procesos terapéuticos, psicológicos, médicos y de rehabilitación humana. A este conjunto de estrategias se le ha bautizado como Terapia Asistida con Animales, e incluye terapias con objetivos diversos, con especies variadas donde participan perros (entre otras especies), con estrategias múltiples, que aún no cuentan con estándares de calidad, pero que tienen en común la búsqueda de mejoras en la salud, mediante el uso dirigido de la interacción de pacientes con animales



(Gutiérrez *et al.*, 2007). Cárdenas (2012) mencionó que de los ataques que sufren los ovinos por depredadores, los más frecuentes son ocasionados por perros y que repercuten en la economía de la unidad, ya que en un ataque pueden provocar un gran número de muertes o heridos. Por su parte, Claro (2009) comentó que los perros atacan, no para alimentarse, sino para satisfacer su instinto cazador, actuando generalmente en grupos, aunque el ataque de un perro solitario también puede suceder. Bobi *et al.* (2012) comentaron que los perros tienen varios comportamientos asociados a la agresividad, pero consideran que el más peligroso es el predatorio a otras especies. Una vez que aprenden a cazar ovejas, es muy difícil reeducar al depredador. La forma de ataque de los perros a las ovejas es en manada, mientras algunos rodean al rebaño, haciéndolo correr en círculos, en forma similar a la labor de los perros ovejeros; otros atacan mordiéndolo, generalmente en el tren posterior, para luego morder el cuello, provocando la muerte del ovino. Ocasionalmente, alguna oveja logra soltarse, quedando muy malherida. La mayor parte de estos sobrevivientes muere a los pocos días debido a lesiones graves o por el colapso nervioso que les provoca el ataque. Los tratamientos con medicamentos y la mano de obra son costosos y poco cuantificados. La mayor parte de los ataques de perros son de noche, o preferentemente de madrugada. Sin embargo, pueden actuar a cualquier hora, incluso a pleno día y con cualquier frecuencia, lo cual dificulta mucho el poder cazarlos, incluso hay reportes de ataque de perros que suceden al momento de pastoreo de los ovinos en forma diurna. En un par de horas, una jauría de 4 a 5 perros, pueden matar 50 ovejas y dejar muchas heridas, con mordeduras, que son difíciles de curar, por lo cual muchas deben ser sacrificadas. López (2017) comentó que en una noche puede haber más de 100 ovinos muertos por el ataque de dos perros. Cota (2013) reportó un ataque con muerte de 5 borregos y 14 ovinos lesionados. Los ataques de perros en los municipios de Yucatán son comunes, por un lado, existe una alta población de perros por casa habitación y están acostumbrados o adiestrados para participar en la cacería de los venados cola blanca nativos de la región, cuya caza está prohibida. En su mayoría son subalimentados con restos de comida o con vísceras provenientes de la cacería y complementan su alimentación cazando borregos o algún animal silvestre. En el



peor de los casos, son abandonados en el monte, integrando manadas de 3 a 8 elementos, volviéndose asilvestrados o salvajes. González (2014) encontró que los ataques por perros son los más reportados por los productores, lo cual podría explicarse por el incremento de las actividades humanas y la falta de una política clara sobre tenencia responsable de mascotas. De acuerdo con lo reportado por los ganaderos, los ataques ocurren preferentemente en zonas de baja altitud, cercana a caminos y en áreas de poca vegetación nativa, es decir, en zonas donde se desarrolla gran parte de la ganadería. Pérez (2016) señaló que un ataque de perros puede provocar la muerte de un gran número de animales, lo que genera preocupación por parte de los ganaderos, señalando un porcentaje de presentación en los rebaños ovinos de entre un 21.6% a un 41.3%. Zanini *et al.* (2008) indicaron que los perros ferales en general no consumen los animales que matan. Por lo general, hieren y matan un gran número de animales, principalmente ovejas (por su tamaño y forma de escape). Herrera (2017) clasificó a los perros como segunda causa de ataque de depredadores, con el 13.3% de pérdidas de ovinos y caprinos en Estados Unidos de América. También menciona el uso de métodos no letales y amigables con predadores, como es el caso de los perros protectores de rebaño, que tienen una creciente aceptación por parte de ganaderos. El objetivo del presente estudio fue cuantificar los daños ocasionados por ataques de perros, por raza, edad, sexo y localización de heridas, así como las pérdidas económicas por mortalidad y tratamiento de animales heridos en una unidad de producción ovina.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Ovina del Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, perteneciente al INIFAP, ubicado en el kilómetro 25 de la antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. Se cuantificaron 10 eventos de ataques de perros de 2014 a 2016. Los ovinos estuvieron en 4 corrales donde pernoctaban por las noches y en forma diurna pastoreaban. Los ovinos estaban separados por sexo; en un corral estaban los machos y en otros 3 corrales las hembras pie de cría,



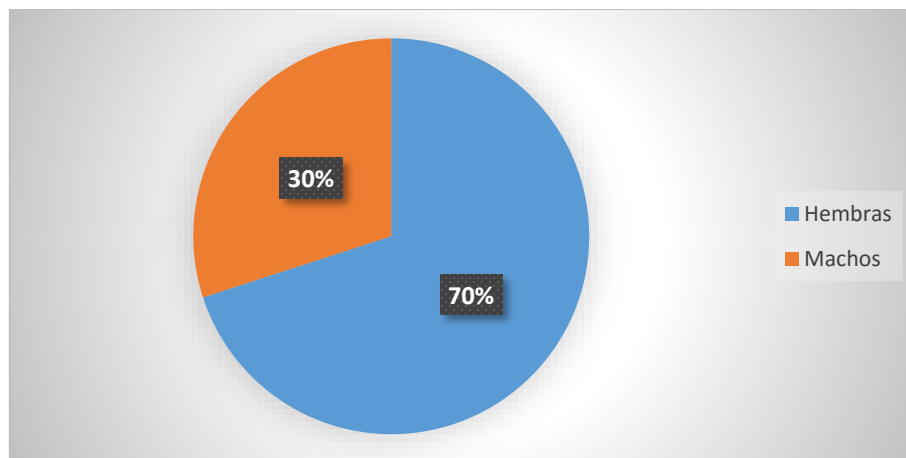
con una población de 250 ovinos en total. Los ataques se clasificaron por sexo, edad, raza y localización de las lesiones en los ovinos heridos. Además, se realizó la cuantificación económica por utilización de medicamentos y alimento en los animales heridos. Se cuantificaron las heridas registrando su localización en cola, pierna, lomo, costados (región abdominal y costillar), brazo y cuello. La cola se clasificó arrancada y sin arrancar y el lomo afectado o no. Para cuantificar la pérdida por fallecimiento se tomó en animales adultos un peso promedio estimado de 30 kg y el precio por kilogramo de carne de abasto en pie de \$45.00, que es el precio pagado en Yucatán, así que el costo por animal de abasto fue estimado en \$1,350.00, de acuerdo al Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2019). Para cuantificar el costo por tratamiento se recabaron los datos de los medicamentos aplicados, cantidades utilizadas, costo de los mismos a precios actualizados de acuerdo tasa de inflación anual promedio (Banco de México, 2019). Los datos se concentraron en Excel y se procedió al análisis mediante estadísticos descriptivos (frecuencias y porcentajes), plasmados en gráficas.

## Resultados y discusión

En el periodo analizado, se presentaron 10 ataques de perros, presentándose en el corral estancia un 80% y en los potreros de pastoreo un 20%, con una mortalidad de 40 animales, convirtiéndose en la principal causa de mortalidad de la Unidad de Investigación Ovina. Los rangos de muertes producidas durante los ataques fueron de 1 hasta 9 ovinos, teniendo en promedio 4 ovinos muertos por ataque. Además, se observa en la Figura 1 que la mortalidad fue mayor en hembras que en machos (70% vs 30%). Al parecer, los perros que atacan a los ovinos detectan a los animales más débiles y más lentos para huir, los cuales, en este caso, fueron las borregas. El daño es terrible porque a los perros poco les importa si las borregas están vacías o gestantes. Otros autores indican que los machos tienen un riesgo reducido de ser presas en su estado adulto, en comparación con las hembras (Corti y Shackleton, 2002; Dwyer, 2009), las cuales son menos fuertes y grandes. Las hembras se vuelven

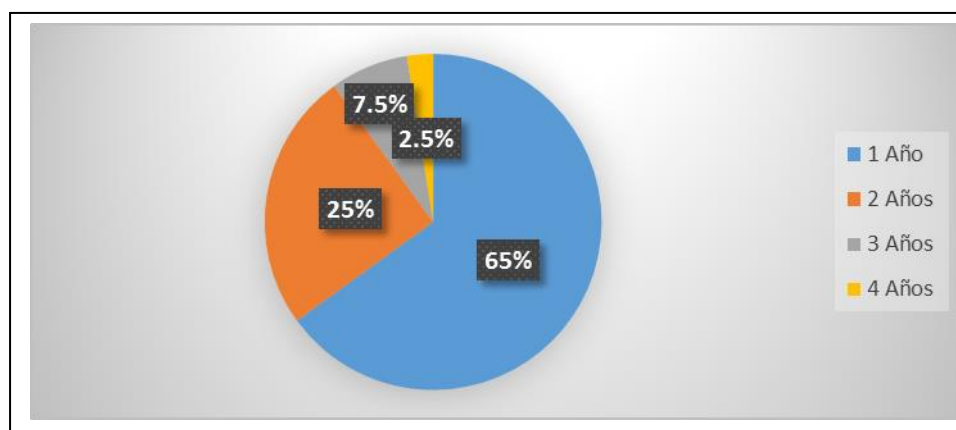


especialmente vulnerables cuando van acompañadas de crías, debido a las limitadas habilidades de escape de sus crías.



**Figura 1. Distribución de ataques de perros por sexo en ovinos.**

En la Figura 2 se observa que la mayoría de las muertes ocurrieron en ovinos de 1 año de edad (65%); un 25% ocurrió en ovinos de 2 años de edad, un 7.5% en los de 3 años de edad, y un 2.5% en ovinos de 4 a 10 años de edad.



**Figura 2. Distribución de ataques de perros por edad de los ovinos.**

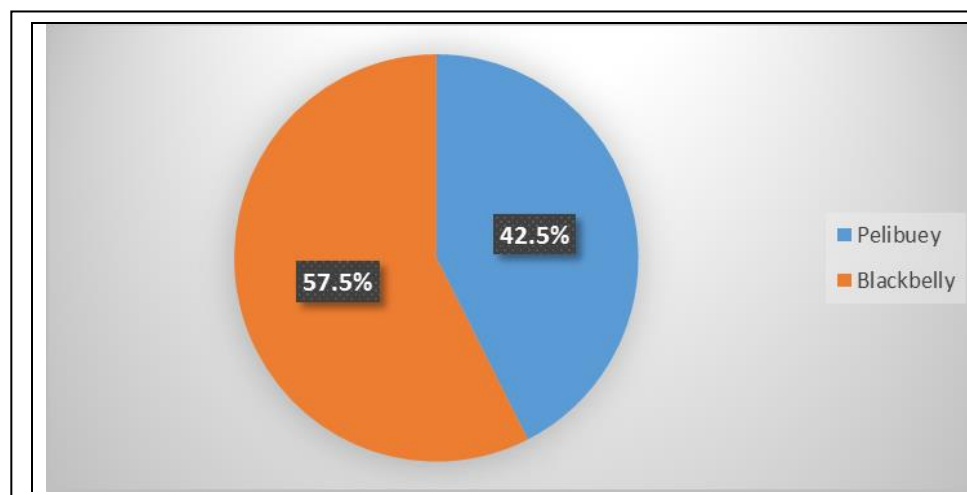
Dentro del rebaño, los animales jóvenes son los más susceptibles a los ataques de depredadores, por ser más lentos y, por lo tanto, más fáciles de atrapar por los depredadores, por lo que se les debe brindar mayor seguridad, tanto en corral como en pastoreo. Zanini *et al.* (2008) indican la preferencia de los perros en atacar a los



animales de menor tamaño y movilidad, siendo los ovinos de 1 año de edad los que presentaban estas características.

En la Figura 3 se presenta la mortalidad por raza, siendo del 57.5% en ovinos de la raza Blackbelly y de 42.5% en la raza Pelibuey. Como se observa, fue menor el número de muertes en la raza Pelibuey con 17 ovinos muertos en total, no así en la raza Blackbelly, con un número mayor, siendo éste de 23 ovinos en los 10 ataques de perros ocurridos.

Cabe destacar que hubo ataques con rango de 1 hasta 9 animales fallecidos por ataque de perros, con un promedio de 4 animales muertos por cada ataque registrado. Schacht (2013) en su revisión encontró que cuando se domesticaron los ovinos, su comportamiento anti-depredación se vio modificado, ya que el primer criterio de selección fue la docilidad, sumado a la protección que les brindó el hombre, debilitó notablemente algunos comportamientos de supervivencia necesarios ante el ataque de depredadores y que razas ovinas diferentes reaccionaban de distinta forma ante depredadores.



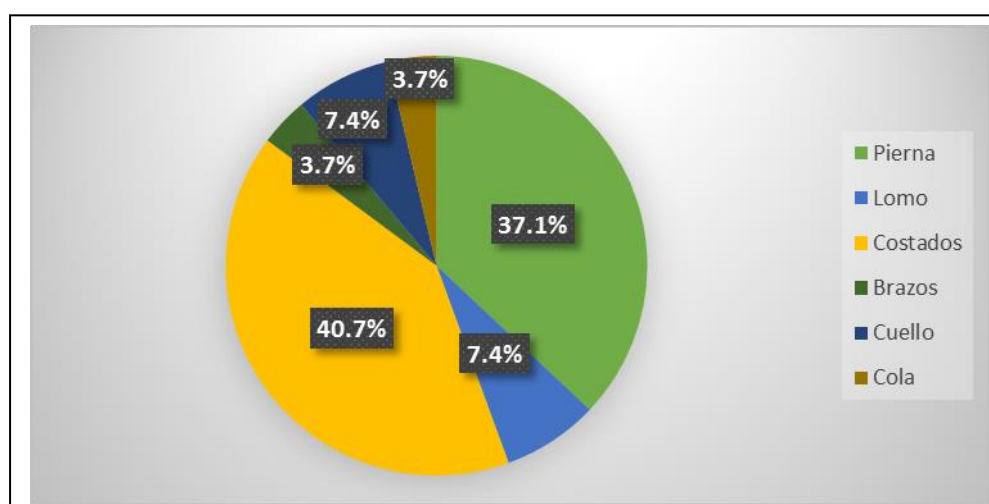
**Figura 3. Distribución de la mortalidad en ataques de perros por raza ovina.**

En cuanto a los animales heridos en los ataques por perros se cuantificaron 17 animales en el mismo periodo, todos estos ovinos eran hembras, de las cuales el 64.7% fueron Blackbelly, mientras que el 35.3% fueron Pelibuey. La localización de las heridas infringidas con desgarres de piel se muestra en la Figura 4, donde se



observan, en general, los porcentajes decrecientes de afectación por ubicación anatómica: costados, piernas, lomo, cuello, brazos y cola, con 40.7, 37.1, 7.4, 7.4, 3.7, y 3.7%, respectivamente. Como se observa, los depredadores se centran en el tren posterior y costados del borrego, teniendo en total en estas áreas más del 85% de las mordidas.

Cadena (2013) mencionó que el grado de infección bacteriana es grave en mordidas de perro, siendo muy riesgoso para el animal mordido no recibir tratamiento. Pérez (2016) indicó que en los ataques de perros se producen heridas y mutilaciones en piernas, orejas, cola y cuarto trasero. Estas heridas comprenden desgarramiento de piel y tejido muscular en forma irregular, pudiendo llegar hasta la estructura ósea. En lo que respecta a la cuantificación de los daños ocasionados por los ataques de perros, los 40 ovinos muertos o sacrificados por heridas muy severas, alcanzaron un monto de \$54,000.00, representando el 78.2% de las pérdidas económicas en este rubro (Figura 5).



**Figura 4. Distribución de las heridas por lugar corporal en ovinos atacados por perros.**

El precio base por animal es de \$1,350.00, a precio local. Este costo fácilmente se puede duplicar si los animales se consideraran de pie de cría.

El costo del tratamiento durante los 44 días para los 17 ovinos heridos hasta que se dio de alta al último animal herido fue de \$15,022.41, considerando medicamentos



tales como antibiótico, azul de metileno, gasas, solución de yodo, jabón quirúrgico, analgésico, desinfectantes en polvo y agua purificada, así como alimento concentrado, ya que los animales heridos estuvieron estabulados durante su tratamiento en corraletas, para una mejor observación y recuperación de las heridas, siendo el 21.8% del total de las pérdidas económicas (Figura 5).

El costo promedio por animal herido por mordedura de perros fue de \$883.67, que representa un poco más del 50% del valor del animal en pie. El total de pérdidas por mortalidad y tratamiento de animales heridos fue de \$69,022.41.

Pérez (2016) señaló que en Chile las pérdidas totales en diversas regiones de su país superan los 600 millones de pesos anuales, lo que implica la muerte de 52,795 ovinos al año y citó trabajos de Estados Unidos de América que evalúan las pérdidas económicas de 38 millones de dólares a la industria ovina. Zanini *et al.* (2008) en Argentina reportaron pérdidas de 32,725 cabezas, en dos años de estudio, con un costo de \$2,558,479.



**Figura 5. Distribución porcentual de pérdidas económicas de las heridas por lugar corporal en ovinos atacados por perros.**

Como se puede ver, el impacto económico de los ataques de perros puede ser de gran magnitud y quizás el principal problema de seguridad en la mayoría de los ranchos ovinos, y puede llegar a ser la razón de que muchos productores abandonen la actividad ganadera ovina. Herrera (2017) mencionó que se ha observado un resurgimiento importante del uso de perros protectores del rebaño





(PPR), debido a que las especies de grandes predadores están recuperándose gradualmente en Europa. Se estima que actualmente habría una población de más de mil PPR trabajando; además de la reintroducción de predadores y el aumento de los perros asilvestrados a nivel mundial induce a su utilización para su control.

## Conclusiones

1. Los perros mostraron predilección por las hembras más que por los machos y por animales jóvenes de 1 año de edad.
2. Los ovinos de la raza Blackbelly fueron los más afectados durante los ataques de perros en comparación con los ovinos de la raza Pelibuey. La localización de las heridas fue en su mayoría en las piernas y costados de los ovinos; el costo de los ataques, ya sea por muerte o por el tratamiento de los animales heridos, es considerable y puede ser la causa de que el productor abandone la actividad pecuaria. Se recomienda la utilización de PPR.

## Literatura citada

- Banco de México. 2019. Inflación acumulada. <http://www.anterior.banxico.org.mx/portal-inflacion/inflacion.html> [consultado el 2 de febrero de 2019].
- Bobi, J. G., D. M. Martorell y M. C. Pons. 2012. Agresividad canina. Legislación, deberes y ética. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/85681/agrcan.pdf> [consultado el 13 de enero de 2019].
- Cadena, G. G. J. 2013. Estudio de la población de perros callejeros en mercados municipales del Distrito Metropolitano de Quito. Tesis de Licenciatura. Colegio de Ciencias de la Salud. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.
- Cárdenas, S. J. A. 2012. Tecnologías para la producción de ovinos en el estado de Nayarit. Folleto para productores No. 2. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC.



- Claro, M. D. 2009. La seguridad del rebaño ovino. <http://www.goldensheep.cl/la-seguridad-del-rebano-ovino> [consultado el 21 de mayo de 2019].
- Corti, P. and D. M. Shackleton. 2002. Relationship between predation-risk factors and sexual segregation in Dall's sheep (*Ovis dalli dalli*). *Can. J. Zool.* 80:2108-2117.
- Cota, G. 2013. Perros atacan un criadero de borregos. [http://diario.mx/Local/2013-03-31\\_0fd3acbf/perros-atacan-un-criadero-de-borregos/](http://diario.mx/Local/2013-03-31_0fd3acbf/perros-atacan-un-criadero-de-borregos/) [consultado el 5 de marzo de 2019].
- Dwyer, C. M. 2009. The behavior of sheep and goats. In: Jensen P. (ed). *The ethology of domestic animals*. 2da ed. CAB International, London, England. Pp. 161-176.
- González, I. C. 2014. Diseñan sistema para monitorear ataques de depredadores. <http://www2.latercera.com/noticia/disenan-sistema-para-monitorear-ataques-de-depredadores/> [consultado el 19 de marzo de 2019].
- Gutiérrez, G., D. R. Granados y N. Piar. 2007. Interacciones humano-animal: características e implicaciones para el bienestar de los humanos. *Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombiana de Psicología* 16:163-183.
- Herrera, P. 2017. Perros protectores de rebaño. *Boletín Vida Silvestre* N° 2. Conservación Patagónica. Enero. 24 pp.
- López, F. D. 2017. Un centenar de ovejas y cabras muertas se apilan en una finca de Matadepera. [http://www.elespanol.com/reportajes/grandes-historias/20170107/184231893\\_0.html](http://www.elespanol.com/reportajes/grandes-historias/20170107/184231893_0.html) [consultado el 12 de mayo de 2019].
- Partida de la Peña, J. A., V. D. Braña, S. H. Jiménez, R. F. G. Ríos, R. G. Buendía. 2013. *Producción de carne ovina. Libro Técnico No. 5. SAGARPA. INIFAP. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Querétaro, México.*
- Pérez, M. P. 2016. Depredación en la producción de pequeños rumiantes. *TecnoVet* 15(3):12-17.
- PROGAN. 2010. Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx> [consultado el 26 de febrero de 2019].



- Schacht, W. S. M. 2013. Comportamiento del ovino ante depredadores: revisión bibliográfica. Memoria de título de médico veterinario. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fvs291c/doc/fvs291c.pdf> [consultado el 11 de marzo de 2019].
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2019. Mercados nacionales. Mercados pecuarios. Ovinos. <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/> [consultado el 15 de marzo de 2019].
- Zanini, F., D. Leiva, S. Cabeza, C. Elissondo, E. Olmedo y H. Pérez. 2008. Poblaciones caninas asilvestradas: impacto en la producción pecuaria de Tierra del Fuego, Argentina. [https://prolana.magyp.gob.ar/archivoadm/publicacions\\_Poblaciones%20caninas%20asilvestradas.pdf](https://prolana.magyp.gob.ar/archivoadm/publicacions_Poblaciones%20caninas%20asilvestradas.pdf) [consultado el 13 de abril de 2019].



## FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN LACTEA EN BOVINOS. I. NÚMERO DE LACTACIÓN Y EDAD

Octavio Rojas Rodríguez<sup>118</sup>, Justo Tepal Chale<sup>118\*</sup> y María de la Luz Murguía Olmedo<sup>118</sup>

### Resumen

La necesidad de producción de leche en Yucatán es de prioridad alta, debido a que ocupa el último lugar de la producción nacional y tiene un promedio de 1.7 L *per cápita* por año, e importa alrededor del 20% del consumo nacional aparente. Un problema constante a que se enfrentan los productores es la temporada anual de seca, en la que merma la producción de leche. El objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos factores que afectan la producción de leche en la época de sequía en bovinos doble propósito. Este trabajo se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Mocochoá, dependiente del INIFAP. Todos los datos se recolectaron de febrero a mayo, que coincide con la época de sequía en el estado. Los datos se analizaron con el programa SAS, ver 9.0, a través de un modelo lineal. Las variables independientes fueron número de lactación y edad de las vacas. Las variables dependientes fueron: producción mensual de leche y producción de leche acumulada. En los resultados se puede observar que en la mayoría de los meses evaluados durante el periodo de sequía entre la primera y segunda lactancia fueron diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ). La mayoría de los meses evaluados durante el periodo de sequía entre las vacas de 30 a 46 meses de edad y las de 63 a 80 meses de edad fueron diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ). El promedio de producción diaria de leche y la producción acumulada de leche durante los meses de sequía fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre los rangos de 63 a 80 meses de edad y las vacas de menor rango de edad de 30 a 46 meses. El número de lactación

---

<sup>118</sup> Campo Experimental Mocochoá (CIRSE, INIFAP). Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, C.P. 97454. Tel: (55) 38718700 ext. 88203. \*Autor para correspondencia: rojas.octavio@inifap.gob.mx





y la edad de las vacas fueron factores importantes que influyeron directamente sobre la producción de leche.

**Palabras claves:** leche, vacas, sequía, Yucatán

## Introducción

México es deficitario en producción de leche y sus derivados, por lo que se tiene que importar alrededor del 20% del consumo nacional aparente (Vera *et al.*, 2009). La necesidad de producción de leche en Yucatán es de prioridad alta, debido a que ocupa el último lugar de la producción nacional y tiene un promedio de 1.7 L *per cápita* por año. Curiel (2012) observó que las sequías y el incremento del calor son algunos de los efectos secundarios evidentes que produce el calentamiento global en nuestro país. Esto ha ocasionado grandes pérdidas para la ganadería mexicana, provocando una disminución severa en un grupo muy importante como fuente de alimento; especialmente vulnerables a estas condiciones climáticas son las vacas lecheras. Sheen y Riesco (2002) informaron que los principales factores involucrados en la baja producción de leche en los trópicos son: suplementación, grupo racial y mes de lactancia. Vélez (2013) observó que uno de los factores más estudiados que afecta la producción de leche es la temperatura ambiental; se sabe con certeza que tiene efecto sobre el consumo de alimento, consumo de agua, producción y composición de la leche y tasa de concepción. La máxima producción de leche se logra con una temperatura que oscila entre 4 y 21°C. Cuando la temperatura ambiental es de 24°C o superior, se reduce el consumo de alimento, con disminución de la producción láctea. La temperatura es el factor climático más importante en nuestras condiciones, por su doble acción sobre el pasto y los animales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos factores que afectan la producción láctea en la época de sequía en bovinos productores de leche de doble propósito.



## Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Mocochá, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Mocochá, Yucatán, ubicado en la región centro-norte del estado de Yucatán. El clima predominante en la región es cálido sub-húmedo (Aw0), con lluvias en verano, con una precipitación pluvial de 997 a 1,132 mm y temperatura media anual de 26.5°C. Todos los bovinos provienen del rancho La Montaña, ubicado en el oriente de Yucatán. El sistema de producción fue de bovinos de doble propósito, semiestabulados, alimentados en pastoreo en praderas de pastos de Guinea (*Panicum maximum*), Estrella de África (*Cynodon Plectostachyus*) y Brizantha (*Brachiaria brizantha*); además, fueron suplementados con 2 kg/día/vaca en producción de un alimento comercial con 16% de PC. Además, se realizó una suplementación mineral. Se utilizó la información de 115 vacas cruzadas Cebú con Suizo Pardo y Holstein. Todos los animales fueron vacunados contra enfermedades del complejo respiratorio y Derriengue; al momento de realizar el trabajo, tenían estatus de hato libre de *Brucella abortus* y Tuberculosis. Además, fueron desparasitados con Ivermectina para control de parásitos internos y externos. El hato estaba constituido por vacas en producción jóvenes de inicio de lactancia. Todos los datos se recolectaron de febrero a mayo, que coincide con la época de sequía en el estado. El mayor incremento de temperatura ambiental se produce entre los meses de marzo y abril. Los datos se analizaron con el programa SAS (1999), a través de un modelo lineal, tomando en cuenta las siguientes variables independientes: número de lactación (1, 2 y 3) y edad de las vacas (de 30 a 46 meses [vacas jóvenes], de 47 a 62 meses [vacas jóvenes-maduras] y de 63 a 80 meses [vacas maduras-viejas]). Las variables dependientes fueron: producción mensual de leche y producción de leche acumulada. La comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan. También se estimaron los coeficientes de correlación entre las variables.



## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se puede observar que las vacas con número de lactación primera y segunda fueron diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ) en la mayoría de los meses evaluados durante el periodo de sequía, a excepción del mes de mayo cuando la seca empezaba a llegar a su fin. En lo que se refiere a las vacas de tercera lactación la mayoría tuvo diferencia estadística ( $P < 0.05$ ), a excepción del mes de febrero. Las vacas de tercera lactación tuvieron diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) en todos los meses de la sequía con respecto a las vacas de inicio de lactación. Los meses de menor producción de leche mensual en promedio fueron febrero y abril. Claridades Agropecuarias (2010) menciona que el sistema de producción de doble propósito o de lechería familiar es en el que la producción de leche depende de la disponibilidad de forraje, la cual está ligada a la temporada de lluvias y, en años recientes, a los precios pagados al productor, por lo que presenta mayores volúmenes de producción, sobre todo en los meses de julio a octubre. Los meses de menor producción de leche bovina en la República Mexicana son febrero, marzo, abril y mayo, donde se manifiesta la estacionalidad de los forrajes con datos acumulados de 10 años de información (promedio de 1999 a 2009). En Dichos meses, que son los mismos del presente estudio, se observa una disminución para esta época de sequía del 19.04% con respecto a los meses de mayor producción de leche acumulada en el mismo periodo del año.

**Cuadro 1. Efecto del número de lactación sobre la producción de leche mensual en bovinos.**

Número de lactación	n	Producción de leche mensual (kg)			
		FEB	MAR	ABR	MAY
1	65	113.83 <sup>b</sup>	110.51 <sup>c</sup>	105.38 <sup>c</sup>	113.37 <sup>b</sup>
2	41	162.54 <sup>a</sup>	166.17 <sup>b</sup>	159.32 <sup>b</sup>	158.71 <sup>b</sup>
3	9	158.89 <sup>a</sup>	270.11 <sup>a</sup>	244.88 <sup>a</sup>	292.0 <sup>a</sup>

Distintas literales indican diferencia estadística entre renglones de cada variable ( $p < 0.05$ ).

En el Cuadro 2 se puede observar que el promedio de producción diaria de leche y la producción acumulada de leche fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes números de lactación.



**Cuadro 2. Efecto del número de lactación sobre el promedio de producción de leche diaria y la producción de leche total en los meses de sequía en bovinos.**

Número de lactación	n	Prom. prod. leche/día (kg)	Prod. leche acumulada (kg)
1	65	3.69 <sup>c</sup>	443.09 <sup>c</sup>
2	41	5.39 <sup>b</sup>	646.73 <sup>b</sup>
3	9	8.04 <sup>a</sup>	965.78 <sup>a</sup>

Distintas literales indican diferencia estadística entre renglones de cada variable ( $p < 0.05$ ).

Estos datos concuerdan con lo presentado por Román *et al.* (2009), quienes presentaron información de producción completa para los genotipos de Holstein y Suizo Pardo encastados con Cebú, en donde tienen producción de 1706 a 2100 kg, en promedio, por lactación, para las mismas cruzas, respectivamente, si tomamos en cuenta que solo se cuantificaron en este trabajo 4 meses del año, mostrando buen potencial de producción de leche. Ríos *et al.* (2010) analizaron información de vacas de las razas Simmental y Suizo Pardo encastadas con Cebú, midieron la producción de leche por lactación en vacas de primera, segunda y tercera o más lactancias, encontraron que conforme incrementa el número de lactación se incrementa la producción de leche ( $P < 0.05$ ), coincidiendo con lo encontrado en este trabajo en los 4 meses que duró la época seca. Vera *et al.* (2009), en sistemas de lechería familiar en el centro del país, obtuvieron 3000 kg/vaca/año de producción de leche. En los trópicos, la producción de leche sufre un sistema estacional debido a la escasez de pastos y forrajes en la época de seca. Vera *et al.* (2009) mencionaron que el principal problema es en la época crítica, con una nutrición inadecuada por la variación en la disponibilidad y calidad de los forrajes en el trópico. En este trabajo se evaluó la época crítica de sequía, donde se logró minimizar el efecto en la producción de leche, obteniendo buenos resultados. Osorio *et al.* (1999), en un trabajo de caracterización de la producción lechera yucateca, encontraron promedios de producción de leche diaria por vaca de 5.6 a 6.7 kg, semejante a lo encontrado en este trabajo para la segunda lactación. También la información coincide con lo reportado por Martínez *et al.* (2012), con un promedio de producción de leche/día de 6.2 kg. Sheen y Riesco (2002) encontraron con vacas no suplementadas y suplementadas un promedio de producción de leche/día/vaca de





3.8 y 8.4 L, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo encontrado en el presente trabajo para los diferentes números de lactancia.

En el Cuadro 3 se puede observar que, en la mayoría de los meses evaluados durante el periodo de sequía, las vacas de 30 a 46 meses de edad y las de 63 a 80 meses de edad fueron diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ), a excepción del mes de febrero cuando la seca empezaba, en donde no hubo diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre los tres rangos de edades de las vacas. En lo que se refiere a las vacas del rango de 47 a 62 meses de edad, la mayoría no tuvo diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre las vacas de 30 a 46 meses de edad y las de 63 a 80 meses de edad. Las vacas que tuvieron mayor producción de leche en los meses de sequía fueron las de 63 a 80 meses de edad. Estos datos concuerdan con lo presentado en el trabajo de Villegas y Román (1982), en donde las vacas más productivas fueron las de número de parto de entre 5 y 6, que corresponden a una edad entre 6 y 7 años.

**Cuadro 3. Efecto de la edad de las vacas sobre la producción de leche mensual (meses de sequía) en bovinos.**

Edad (meses)	n	Producción mensual de leche (kg)			
		FEB	MAR	ABR	MAY
30 a 46	58	116.74 <sup>a</sup>	114.09 <sup>b</sup>	109.57 <sup>b</sup>	120.91 <sup>b</sup>
47 a 62	52	152.98 <sup>a</sup>	167.87 <sup>ab</sup>	158.50 <sup>b</sup>	162.98 <sup>ab</sup>
63 a 80	5	153.40 <sup>a</sup>	216.20 <sup>a</sup>	197.60 <sup>a</sup>	203.20 <sup>a</sup>

Distintas literales indican diferencia estadística entre renglones de cada variable ( $p < 0.05$ ).

En el Cuadro 4 se puede observar que el promedio de producción diaria de leche y la producción acumulada de leche durante los meses de sequía y que fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre los rangos de 63 a 80 meses de edad y las vacas de menor rango de edad de 30 a 46 meses de edad. Las vacas del rango de edad intermedio, 47 a 62 meses de edad, no fueron estadísticamente diferentes a las vacas de 30 a 46 meses y de 63 a 80 meses de edad, respectivamente. Carbajal *et al.* (2002) encontraron que las vacas al incrementar la edad incrementan la producción de leche hasta alrededor de 5 años de edad (3 partos); de ahí en adelante empieza a disminuir la producción de leche. Esto mismo se encontró en las vacas



de este trabajo, solo que por la edad solo se encontraron los datos de producción de leche ascendentes, ya que las vacas eran jóvenes.

#### **Cuadro 4. Efecto de la edad sobre el promedio de producción de leche diaria y la producción de leche acumulada en los meses de sequía en bovinos.**

Edad (meses)	n	Prom. prod. leche/día (kg)	Prod. leche acumulada (kg)
			(feb-may)
30 a 46	58	3.84 <sup>b</sup>	461.63 <sup>b</sup>
47 a 62	52	5.32 <sup>ab</sup>	642.30 <sup>ab</sup>
63 a 80	5	6.42 <sup>a</sup>	770.40 <sup>a</sup>

Distintas literales indican diferencia estadística entre renglones de cada variable (P<0.05).

El coeficiente de correlación encontrado entre el número de lactancia y edad de los bovinos fue diferente estadísticamente (P<0.001) y el grado de asociación entre las dos variables fue de 79.4%.

### **Conclusiones**

1. El número de lactación y la edad de las vacas fueron factores importantes que influyeron directamente sobre la producción de leche en los meses de sequía evaluados.

### **Literatura Citada**

- Carbajal, H. M., H. E. R. Valencia y C. J. C. Segura. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México. *Revista Biomed* 10:217-227.
- Claridades Agropecuarias. 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Noviembre. No. 207. <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>.



- Curiel, B.A. 2012. Desaparecerán las vacas lecheras. Revista Ciencia. Octubre-Diciembre 2012. [https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/63\\_4/PDF/vacaslecheras.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/63_4/PDF/vacaslecheras.pdf) [consultado el 20 de junio del 2019].
- Martínez, C., C. Julio, R. J. Cotera y J. A. Zavaleta. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. Revista Mexicana de Agronegocios 30:816-824.
- Osorio, A. M. M., C. J. C. Segura, A. D. A. Osorio y A. A. A. Marfil. 1999. Caracterización de la ganadería lechera del estado de Yucatán, México. Revista Biomed 10:217-227.
- Ríos, U. A., M. Zárate, R. R. Calderón, H. V. Hernández. 2010. En clima tropical producción de leche de vacas cruzadas con Simmental-Cebú y Suizo Pardo-Cebú. <http://agroregion.com/index.php/2017/06/02/en-clima-tropical-produccion-de-leche-de-vacas-cruzadas-simmental-cebu-y-suizo-pardo-cebu/> [consultado el 3 de junio del 2019].
- Román, P. H., R. L. Ortega, A. L. Hernández, A. E. Díaz, G. J. A. Espinosa, H. G. Nuñez, A. H. Vera, C. M. Medina y L. J. Ruiz. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico No. 22. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 355 p.
- SAS. 1999. User's Guide Statistic., SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Sheen, R. S. y D. A. Riesco. 2002. Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (Pucallpa). Rev. Investig. Vet. Perú. 13(1):25-31.
- Vélez, V. V. E. 2013. Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/225-Articulo\\_velez.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/225-Articulo_velez.pdf) [consultado el 24 de junio de 2019].
- Vera, A. H., A. L. Hernández, G. J. Espinoza, R. L. Ortega, A. E. Díaz, P. H. Román, H. G. Nuñez, C. M. Medina y L. F. Ruiz. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico No. 24. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 384 p.



Villegas, C. M. C. y P. H. Román. 1982. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/3396/2816> [consultado 25 de junio de 2019].





## ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN EL PESO AL DESTETE EN UN REBAÑO OVINO EN YUCATÁN

Octavio Rojas Rodríguez<sup>119\*</sup>, María de la Luz Murguía Olmedo<sup>119</sup>, Alejandro Josué Borges  
Uc<sup>120</sup> y Benjamín Ortiz de la Rosa<sup>120</sup>

### Resumen

Los ovinos tropicales, conocidos como ovinos de pelo, han surgido como resultado de la selección, tanto natural como practicada por el hombre. Las razas tropicales más conocidas por su abundancia en México son Pelibuey y Blackbelly. En la actualidad, la producción de ovinos tropicales está adquiriendo cada vez mayor importancia en México. Por sus características de adaptación a las condiciones tropicales y utilización eficiente de los recursos forrajeros, esta especie permite su producción en pequeña, mediana y gran escala. Su poca estacionalidad reproductiva y su alta prolificidad hacen que su explotación en el país se esté extendiendo a otras regiones fuera del trópico. El objetivo del presente trabajo fue analizar los parámetros enfocados a la producción ovina en las razas de pelo Pelibuey y Blackbelly. La información proviene de la Unidad Productiva Ovina del Campo Experimental Mocochoá (INIFAP). La información se recopiló a través de 3 años consecutivos producto de los empadres. Los datos fueron: fecha de nacimiento, tipo de parto, peso al nacimiento, raza, identificación de la madre, peso al parto, identificación del padre, fecha de destete, peso al destete, peso de la madre al destete, peso de la camada al destete (kg), sexo y periodo de destete, analizándose con el programa SAS, ver 9.0. Se utilizó un modelo estadístico cuyas variables fijas fueron raza de la cría, tipo de parto, sexo de la cría y año de nacimiento de las crías; la variable dependiente fue peso al destete de las crías. El peso al destete

<sup>119</sup> Campo Experimental Mocochoá, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. CP. 97454. Autor para correspondencia: rojas.octavio@inifap.gob.mx

<sup>120</sup> Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán. CP. 97345.



no tuvo diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) para las variables raza, tipo de parto, sexo y año de nacimiento.

**Palabras clave:** borregos, peso al destete, razas de pelo, trópico

## Introducción

La producción de ovinos tropicales está tomando cada vez mayor importancia en México, ya que, por sus características de adaptación a las condiciones tropicales y utilización eficiente de los recursos forrajeros, esta especie permite su producción en pequeña, mediana y gran escala. Aun cuando sus indicadores de crecimiento son actualmente bajos, en comparación con los ovinos de clima templado, su poca estacionalidad reproductiva y su alta prolificidad hacen que su explotación en México se esté extendiendo a otras regiones fuera del trópico. El futuro de su explotación depende de la mejora de tres aspectos fundamentales, en los cuales se tiene que enfocar la investigación: tasa reproductiva, velocidad de crecimiento del cordero y calidad de la canal. Sin embargo, para obtener el máximo rendimiento, es necesario considerar el potencial genético de los animales y los factores ambientales que influyen en su producción. La deficiencia de información de parámetros productivos en razas de pelo en los productores de ovinos es muy común, debido a que no llevan registros y los que llevan algún tipo de registro no lo analizan, interpretan y utilizan. Por ello, no hay avance en los sistemas productivos. Las unidades de producción ovina hoy en día no cuentan con información que les permita evaluar aspectos productivos y, por lo tanto, económicos, razón por la cual es importante considerar el uso de registros de tipo productivo, reproductivo, sanitario y económico, a fin de conocer la situación real de cada unidad. Este proyecto surgió para conservación y multiplicación de razas ovinas nativas de pelo, para el beneficio de los productores, ya que ellos posteriormente utilizan el cruzamiento terminal con otras razas cárnicas; también surgió con la idea de divulgar tecnologías ovinas para beneficiar a ovinocultores, con el fin de incitarlos a



llevar registros en sus unidades de producción y evaluar sus parámetros productivos. El objetivo fue evaluar factores que afectan el peso al destete en ovinos de las razas Pelibuey y Blackbelly.

## **Materiales y métodos**

Para generar la información, se realizaron empadres semi-controlados, los cuales consistieron en la separación de los rebaños Pelibuey y Blackbelly. Las borregas y sementales en empadre fueron pesadas e identificadas con cintas de colores en los cuellos. Se formaron cuatro grupos de 50 hembras y un semental cada uno. La condición corporal fue de 1 a 3 unidades y el peso corporal de 25 a 35 kg en las hembras. Los machos pesaron 60 kg. Las borregas en cada grupo fueron de la misma raza, para que fueran apareadas por un semental de la misma raza. Se eligieron las borregas más aptas, de 1 a 4 años de edad. Los cuatro lotes de ambas razas se integraron en uno solo al momento de salir al pastoreo, el cual se realizó de 6 am a 1 pm, con una duración de 7 h, aproximadamente, en praderas de pasto Tanzania y Mombaza. Una vez que finalizó el pastoreo, todo el lote integrado regresó al corral y se separó en los cuatro lotes por color, y en los corrales se les suplementó con 250 g de alimento comercial con 16% de proteína cruda. Los sementales fueron suplementados con 300 a 500 g de alimento comercial con 16% de proteína cruda y pasto de corte picado, para mantener su condición corporal en 3 unidades y asegurar una buena eficiencia reproductiva del semental, ya que los sementales se encontraban estabulados en el momento que las hembras salían al pastoreo. Después de la suplementación de las hembras, se ingresó a los sementales, también identificados por colores, para conocer la paternidad de la progenie. El tiempo de permanencia del semental fue 17 h/d, aproximadamente (2 pm a 5 am), y la duración del empadre fue de 40 d, procurando cubrir dos celos por borrega, teniendo el semental dos oportunidades para gestarla. Conforme fue aumentando el tiempo de gestación de las borregas, se incrementó el suplemento de 250 a 350 g. Sanitariamente, se cumplieron los programas de vacunación y desparasitación en



hembras y machos, durante todas las fases productivas: empadre, gestación, parición, lactancia y destete. La técnica de empadre se realizó por tres años consecutivos, del 2012 al 2014, para poder recabar información por varios años, que permitiera tener parámetros confiables. Posteriormente, a la parición, lactancia y destete se recabaron los datos en una libreta de campo que se generó en la unidad productiva ovina del INIFAP. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS (1999) utilizando un modelo estadístico lineal y se realizaron pruebas de comparación de medias. El Modelo estadístico lineal utilizado incluyó las variables fijas: raza de la cría, tipo de parto, sexo de la cría y año de nacimiento de la cría; la variable dependiente fue el peso al destete.

## Resultados y discusión

En Cuadro 1 se observan los pesos al destete de los corderos; los corderos de la raza Pelibuey pesaron 14.77 kg, mientras que los de la raza Blackbelly pesaron 11.14 kg, no encontrándose diferencia significativa ( $P>0.05$ ). Los corderos al destete de la raza Pelibuey fueron numéricamente más pesados que los de la raza Blackbelly en casi un 25%. Estos pesos se encuentran en el rango reportado por González *et al.* (2002) e Hinojosa *et al.* (2009) para razas ovinas de pelo establecidas en el trópico. Quintanilla *et al.* (2018) encontraron resultados similares para la raza Blackbelly, con 12.6 kg, y la raza Pelibuey, con 13.7 kg al destete, no encontrando diferencia significativa ( $P>0.05$ ), coincidiendo a lo encontrado en este trabajo.

**Cuadro 1. Peso de las crías (medias  $\pm$  error estándar) al destete según la raza.**

Raza	Número de crías	Peso al destete (kg)
Pelibuey	183	14.77 $\pm$ 3.70 <sup>a</sup>
Blackbelly	218	11.14 $\pm$ 3.37 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P>0.05$ ).

En el Cuadro 2 se observa el peso al destete de los corderos de las dos razas estudiadas de acuerdo al tipo de parto. Aunque fue mucha variabilidad, no se





encontró diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ), aunque sí numérica. Para el parto sencillo se obtuvo 16.8 kg, para el doble 11.0 kg, para el triple 9.5 kg, y para el cuádruple 7.0 kg en promedio. Además, se observa que las crías con mayor peso al destete (kg) son las que nacieron de un parto sencillo, esto debido a que el cordero no tiene competencia por consumo de leche, en comparación con los de parto múltiple reportado por González *et al.* (2002). Esto afecta adversamente las ganancias de peso de los corderos de parto múltiple presentadas por Tuah y Baah (1985). Aunque la producción de leche de las reproductoras múltiparas es, aproximadamente, entre 20 y 40% mayor que la de las de parto simple, sus crías consumen menos cantidad de leche porque la comparten con su hermano gemelo, aspecto que influye de manera determinante en el peso al nacer y el peso al destete. Los datos encontrados en el presente trabajo no coinciden con los reportados por Basáñez (2014), quien reportó que el tipo de parto afectó el peso al destete en corderos de la raza Polypay ( $P < 0.001$ ). Los corderos nacidos de parto simple tuvieron mayor peso al destete ( $33.42 \pm 4.1$  kg) que los de parto doble ( $29.80 \pm 4.07$  kg) y triple ( $26.38 \pm 4.89$  kg). Los datos del presente trabajo tampoco coinciden con los resultados encontrados por Larrondo *et al.* (2014) en animales cruzados de diferentes razas,  $\frac{3}{4}$  Poll Dorset x Corriedale,  $\frac{3}{4}$  Texel x Corriedale,  $\frac{1}{2}$  Finnish Landrace x Corriedale y  $\frac{1}{2}$  Finnish Landrace x Merino Australiano, donde los corderos de parto sencillo (32.20 kg) pesaron más que los de parto doble (26.69 kg) y triple (25.35 kg), siendo estos dos últimos iguales estadísticamente ( $P < 0.05$ ). La tendencia numérica encontrada en el presente trabajo coincidencia parcialmente con los resultados de Larrondo *et al.* (2014). Otros resultados que coinciden con los del presente trabajo fueron los de González *et al.* (2002) en ovinos de la raza Blackbelly, donde las crías nacidas de parto sencillo tuvieron mayor peso ajustado al destete ( $P < 0.01$ ) que las provenientes de parto gemelar (15.1 y 12.8 kg, respectivamente); la explicación que dan los autores es que las crías únicas son más pesadas que las de parto múltiple, debido a que la producción de leche de la oveja se destina a una sola cría.


**Cuadro 2. Peso de las crías (media  $\pm$  error estándar) al destete según el tipo de parto.**

Tipo de parto	Número de crías	Peso al destete (kg)
Sencillo	132	16.89 $\pm$ 4.34 <sup>a</sup>
Doble	230	11.04 $\pm$ 3.14 <sup>a</sup>
Triple	36	9.56 $\pm$ 2.72 <sup>a</sup>
Cuádruple	3	7.00 $\pm$ 2.00 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

En el Cuadro 3 se observa el efecto del sexo de las crías, no encontrándose diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Para los machos se encontró un promedio de 14.14 kg y para las hembras de 11.18 kg. La diferencia en el peso al destete de las hembras con respecto a los machos fue 20% inferior. Esta diferencia del peso al destete de las hembras con respecto a los machos concuerda con lo reportado por Dimsoski *et al.* (1999) y González *et al.* (2002). Aunque se ha demostrado que el sexo y el tipo de parto si afectan el desempeño productivo de los corderos, pueden existir variaciones en el crecimiento post-destete de acuerdo a cada raza y sistema de producción, esto reportado por Quintero *et al.* (1997) y Zambrano *et al.* (1997). Los datos encontrados en el presente trabajo coinciden con los reportados por Basáñez (2014), quien reportó que el efecto del sexo en corderos de la raza Polypay no influyó en el peso al destete ( $P > 0.05$ ). Los resultados del presente trabajo también coinciden con los encontrados por Larrondo *et al.* (2014) en animales cruzados de diferentes razas,  $\frac{3}{4}$  Poll Dorset x  $\frac{1}{4}$  Corriedale,  $\frac{3}{4}$  Texel x  $\frac{1}{4}$  Corriedale,  $\frac{1}{2}$  Finnish Landrace x  $\frac{1}{2}$  Corriedale y  $\frac{1}{2}$  Finnish Landrace x  $\frac{1}{2}$  Merino Australiano, donde fue mayor el peso al destete de los machos que el de las hembras (29.54 vs 27.23 kg).

**Cuadro 3. Peso de las crías (media  $\pm$  error estándar) al destete según el sexo.**

Sexo	Número de crías	Peso al destete (kg)
Macho	219	14.14 $\pm$ 3.39 <sup>a</sup>
Hembra	182	11.18 $\pm$ 3.20 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

En el Cuadro 4 se observa el peso al destete para ambas razas con relación al año de nacimiento, no encontrándose diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). En el 2012 se obtuvo un peso al destete de 11.17 kg, en el 2013 de 12.08 kg y en el 2014



de 14.77 kg en promedio. Se encontró un incremento de un poco más del 24% en el período 2012-2014. Para el periodo 2013-2014 el incremento fue ligeramente menor (18%). El peso al destete puede variar con el año de nacimiento de acuerdo a factores ambientales o de manejo de la unidad de producción, observándose que en el año 2014 se presentaron mejores condiciones nutricionales, sanitarias y reproductivas de las madres durante el empadre, la gestación y lactancia, que permitieron obtener mejores pesos al destete que en los años 2012 y 2013. Esto también fue reportado por Hinojosa *et al.* (2009), en donde mejores condiciones ambientales y de manejo durante el año favorecieron un mejor desempeño del rebaño. González-Garduño *et al.* (2010), trabajando con ovejas de la raza Pelibuey, no encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre años para la variable peso al destete en los años 2007 y 2008, con  $9.92 \pm 3.25$  y  $9.43 \pm 3.57$  kg, respectivamente, coincidiendo con lo encontrado en el presente trabajo.

Explicar el efecto de año es muy difícil, ya que son múltiples los factores que los afectan. Principalmente, los factores ambientales influyen fuertemente en los resultados. Es importante considerar que el efecto año de nacimiento engloba diversos aspectos que no se pueden definir y medir con precisión en los estudios efectuados con información productiva proveniente de fincas comerciales, donde el manejo de los animales está sujeto a una amplia variación de ambiente y de tipo financiero (Hinojosa *et al.*, 2011; Ríos *et al.*, 2014).

**Cuadro 4. Peso de las crías (media  $\pm$  error estándar) al destete según el año de nacimiento.**

Año	Número de crías	Peso al destete (kg)
2012	110	$11.17 \pm 3.33^a$
2013	147	$12.08 \pm 3.34^a$
2014	144	$14.77 \pm 4.17^a$

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P > 0.05$ ).



## Conclusiones

1. El peso al destete no fue afectado por la raza, tipo de parto, sexo y año de nacimiento; sólo se encontraron diferencias numéricas; los corderos de la raza Pelibuey fueron más pesados en un 25%.
2. Los machos tuvieron un peso superior en un 20% en comparación con las hembras. Conforme avanzaron los años del estudio, se incrementó el peso en 24.3%.

## Literatura citada

- Basáñez, N. C. J. 2014. Producción de corderos y efecto del sexo y tipo de parto en ovejas Polypay en sistema estabulado. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 19 pp.
- Dimoski, P., J. J. Tosh, J. C. Clay and K. M. Irvin. 1999. Influence of management system on litter size, lamb growth, and carcass characteristics in sheep. *J. Anim. Sci.* 77:1037-1043.
- González, G. R., H. G. Torres y A. M. Castillo. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández y J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zoot. Trop.* 28(1):51-56.
- Hinojosa, C. J. A., A. F. M. Regalado y H. J. Oliva. 2009. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Kathadin y sus cruces en el Sureste de México. *Rev. Científ., FCV- LUZ* 19:522-532.
- Hinojosa, C. J. A., G. Torres-Hernández, J. Oliva-Hernández, E. Aranda-Ibáñez, J. C. Segura-Correa y J. M. González-Camacho. 2011. Pre-weaning performance of lambs from purebred and crossbred hair ewes under humid tropical conditions of Tabasco, México. *J. Anim. Vet. Adv.* 10:3149-3154.





- Larrondo, C. C., O. G. Bianchi y M. H. Uribe. 2014. Medidas zoométricas y crecimiento pre-destete en corderos de ovejas híbridas y carneros de la raza Southdown. *Rev. Abanico Vet.* 4(2).
- Quintanilla, J. J., R. A. Arnoldo González, M. J. Hernández, M. A. G. Limas, P. A. Carreón y G. J. C. Martínez. 2018. Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo en el noreste de México. *Rev. Inv. Vet. Perú* 29(2):544-551.
- Quintero, A., J. Boscán, R. Palomares, A. González y J. Boissiere. 1997. Efecto del sexo sobre el peso corporal a diferentes edades en corderos West-African criados en el trópico venezolano. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1):426- 427.
- Ríos, U. A., R. C. Calderón, L. J. Lagunes y H. J. Oliva. 2014. Ganancia de peso predestete en corderos Pelibuey y sus cruces con Blackbelly, Dorper y Katahdin. *Nova Scientia* 6(2):272-286.
- SAS. 1999. User's Guide. SAS Institute, Cary, N.C. USA.
- Tuah, A. K. and J. Baah. 1985. Reproductive performance, preweaning growth rate and preweaning lamb mortality of Djallonke sheep in Ghana. *Trop. Anim. Health. Prod.* 17:107-112.
- Zambrano, A. C. R. 1997. Crecimiento postdestete en corderos West African. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1):445-447.



## ETNOVETERINARIA EN EL TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES EN LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN EL ESTADO DE CAMPECHE

José Fernando de la Cruz García<sup>121</sup>, Jaime Bautista Ortega<sup>122</sup> y Ángel Juárez Zárate<sup>123</sup>

### Resumen

Se realizó una investigación enfocada en la avicultura de traspatio en el ámbito de alimentación local y prácticas etnoveterinarias de las comunidades de Santo Domingo Keste, Silvituc, Xmaben y Nuevo Campanario, pertenecientes al municipio de Campeche, donde se evaluaron las medidas sanitarias, prevención de enfermedades y el control de estas mediante conocimientos locales y tradicionales. El estudio se realizó durante el periodo del 22 de enero al 22 de abril. Se hizo uso de la Investigación Acción Participativa (IAP) como parte de la metodología y se aplicaron 54 encuestas a productores que realizaban avicultura de traspatio en sus unidades de producción familiar; para el análisis de los datos, se utilizó Excel. De acuerdo a los resultados arrojados por el estudio, las enfermedades son un problema crítico que se debe enfrentar y resolver a la brevedad, ya que en algunos casos ha sido la causante de que esta actividad se deje de practicar. La poca información para identificar enfermedades, la cultura de prevención y prácticas de sanidad son los principales obstáculos para reducir el problema de las enfermedades. Las prácticas etnoveterinarias pueden ser un punto clave para reducir algunos de los problemas de mortalidad por causas de enfermedades más comunes en la avicultura, debido a que los mismos productores han innovado la forma en curar a sus animales, ya sea mediante el uso de plantas locales, o el uso de elementos que tienen a su alcance. Se logró caracterizar las prácticas etnoveterinarias realizadas por los productores, además, se encontró una variedad

---

<sup>121</sup> Universidad Autónoma Chapingo. [fernando.jfdlc@gmail.com](mailto:fernando.jfdlc@gmail.com)

<sup>122</sup> Colegio de Postgraduados. [jbautista@colpos.mx](mailto:jbautista@colpos.mx)

<sup>123</sup> Universidad Autónoma Chapingo. [zarateaajj@gmail.com](mailto:zarateaajj@gmail.com)



de diferentes tipos de alimentos locales que se les proporcionan a sus aves, con lo cual algunos evitan depender de alimentos comerciales.

**Palabras clave:** tratamientos locales, conocimiento tradicional, alimentación

## Introducción

La avicultura de traspatio es una actividad importante en las zonas rurales de México. Se realiza en los patios domésticos con el uso de aves como el pollo criollo (*Gallus gallus L.*) y los guajolotes domésticos (*Meleagris gallopavo L.*) (Juárez-Caratachea y Alvarado, 2001). El sistema de traspatio aporta alrededor de un 10% de la producción nacional en pollos de engorda (Fernán, 2014); esto se debe a que la producción de pollo de engorda y huevo son para autoconsumo, y los excedentes son para venta. Esta actividad se enfrenta a una serie de retos, como la alimentación y tratamiento de las enfermedades de las aves. Para ello, es importante conocer las condiciones en las que viven, los factores que ocasionan las enfermedades y la época en que tienden a dispararse las enfermedades. En cuanto a la alimentación de las aves, la FAO (2002) prevé que en los países en desarrollo el aumento de los costos y la disminución en el suministro de alimentos tradicionales limitarán la expansión futura de la producción de aves de corral. Esta situación resalta la urgente necesidad de mejorar la utilización de la amplia gama de alimentos alternativos de que disponen dichos países.

Con la finalidad de profundizar más en la problemática de los tratamientos de enfermedades en la avicultura de traspatio, se plantea una investigación con el objetivo de determinar la situación de la avicultura de traspatio en el ámbito de alimentación local y prácticas etnoveterinarias de las comunidades de Campeche. En la parte de alimentación se enlistan todos los tipos de alimentos alternativos que se les da a las aves por parte de los productores, para, de esta manera, poder encontrar una relación entre la alimentación y la condición de salud de las aves y



generar un catálogo de posibles alimentos potenciales alternativos, que se puedan elaborar localmente.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en cuatro municipios del estado de Campeche, los cuales fueron Calakmul, Champotón, Hopelchén y Escárcega; en cada uno de estos municipios se visitó una comunidad, que estuvo a una distancia no menor a 80 km entre cada una (Cuadro 1).

Se hizo uso de la IAP como parte de la metodología, la cual tiene la finalidad de estudiar algún aspecto de la realidad, de manera objetiva y práctica, mediante la intervención del investigador. Con esta metodología se logra involucrar de una forma más completa en el proyecto, ya que por un lado se está investigando y también se realiza una contribución de conocimientos.

Para realizar una eficiente investigación, se recaudó la información necesaria sobre el tema de interés; la revisión bibliográfica fue un punto estratégico para poder iniciar el camino de la investigación. Se aplicaron 60 encuestas (Cuadro 1) enfocadas a investigar la situación de la avicultura de traspatio en las comunidades en los ámbitos de prevención y tratamiento de enfermedades y alimentación en el sistema de producción, así también estas encuestas estaban acondicionadas para conocer las condiciones de la avicultura en los traspatios familiares; la encuesta estuvo diseñada de tal forma que no solo fuera una serie de preguntas que se aplicaran al productor, sino que también fuera una lista de datos, que ayuda a tener una evaluación del encuestador en el sistema mediante la observación.

La aplicación de las encuestas se realizó en cuatro comunidades, cada una correspondiente a cuatro municipios distintos. La muestra de encuestados estuvo basada en un muestreo aleatorio estratificado, buscando solo aquellas unidades de producción de traspatio que practicaban la avicultura y que existiera una disponibilidad de productores para ser entrevistados.





### Cuadro 2. Relación de encuestas aplicadas por comunidad.

Lugar	No. de encuestas
Santo Domingo Keste	19
Silvituc	14
Xmaben	17
Nuevo Campanario	10

Para el análisis de los datos se utilizó Excel; se realizaron análisis de datos estadísticos con ayuda de graficas de barras y de dispersión, así como el cálculo de porcentajes.

### Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados arrojados por el estudio, la alimentación de las aves de traspatio en el estado de Campeche está compuesta por desechos de cocina (alimentos descompuestos, desperdicio de frutas como mango, sandía, plátano, pepino y verduras), maíz, hierbas y masa. En los países en desarrollo, hasta el 95% de los habitantes rurales poseen pequeñas parvadas que se alimentan de desechos (FAO, 2002). Puntualizando en los tipos de hierba, se encontró una dieta de alimentación basada en 19 diferentes tipos de hierba, identificadas con nombres locales (Cuadro 2).

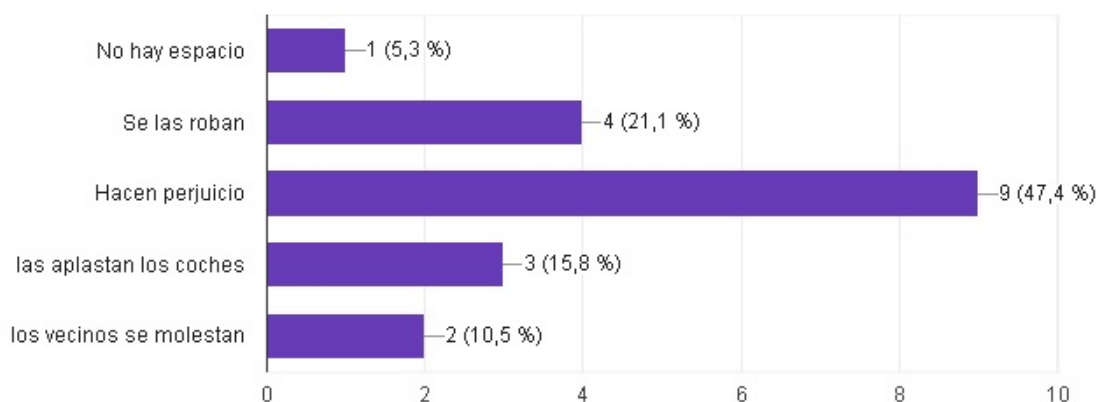
### Cuadro 2. Variedad de hierbas con la que los productores alimentan a sus aves

Tipos de hierba	Porcentaje
Hoja de maíz	17.3
Monte	29.2
Yuca	3.8
Huashi	26.5
Piojillo	7.3
Hoja fina	12.7
Zacate	27.3
Hojas de Ramón	3.8
Chaya	1.9
Hierba negra	1.9



Los polluelos tienen una alimentación especial, compuesta por alimento comercial, salvadillo, arroz y masa, que en promedio termina a los 3 meses de haber nacido; esto es variable dependiendo de cada productor.

Se encontró que el 73.6% de las unidades de producción familiar dejan que sus aves estén libres, mientras que el 26.4% no lo permite. Con base en el análisis realizado en las cuatro comunidades, en Santo Domingo Keste el pastoreo es una actividad limitada, principalmente por los problemas de crecimiento del pueblo, que ha hecho que los espacios se encuentren reducidos y solo algunas familias dejan sus aves libres, mientras que, en otras zonas, como en Calakmul, las aves se encuentran totalmente libres. La Figura 1 muestra los principales problemas del por qué no se realiza la práctica de pastoreo.



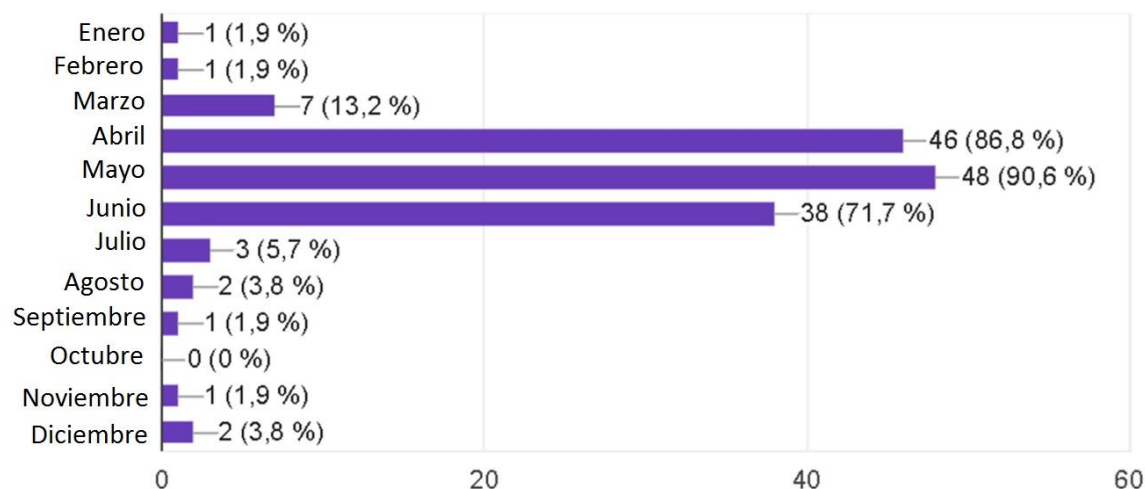
**Figura 1. Principales problemas que evitan el pastoreo en avicultura de traspatio.**

Se encontró que existe un descuido en la parte de prevención de enfermedades de las aves; el 83% de los productores no desparasita a sus aves, y el 90% de los productores no realiza actividad alguna para prevenir enfermedades, más que el uso de limón en el agua. Además de que no se realizan adecuadas prácticas de sanidad dentro del sistema de producción, existen comunidades donde la situación es más preocupante, que van desde no realizar un cambio constante del agua, la cual se encuentra en condiciones poco salubres, muchas veces contaminada principalmente por tierra y excremento de las mismas aves u otros animales; hay



casos donde las aves toman agua del desagüe de la cocina, charcos, o canales de riego, que suelen estar contaminados con agroquímicos. Además, se encontraron lugares donde la parte de sanidad es muy importante; las aves tienen camas limpias, sus bebederos se encuentran en excelentes condiciones y se les da un manejo más adecuado; la comunidad donde existe un mayor descuido de la avicultura es Nuevo Campanario.

De acuerdo con los datos que se presentan en la Figura 2, los meses con mayor incidencia de enfermedades son abril, mayo y junio, lo cual está relacionado con el clima, ya que son los meses más calurosos y con menos lluvia. Con base en esto, se puede establecer un programa de planificación para prevenir enfermedades.



**Figura 2. Meses con mayor influencia de enfermedades.**

En relación con las enfermedades, se logró identificar más de 30 tratamientos etnoveterinarios distintos para aquellas enfermedades más comunes que se dan en la comunidad y que son las principales causantes de muerte en las aves (Cuadros 3, 4, 5, 7, 8).

Las prácticas etnoveterinarias tienen un impacto positivo en la avicultura de traspatio, ya que son una opción económica, basada en el conocimiento tradicional, y que a la vez son una alternativa para evitar el consumo de medicamentos veterinarios. Los tratamientos van desde la aplicación de alguna planta, hasta el uso



de tizne (polvo negro que se queda en el comal, a causa de la quema de leña). Es importante mencionar que cuando se habla de tratamientos veterinarios, no todos son medicamentos estrictamente diseñados para animales, sino que también se llegan a utilizar medicamentos para personas, como es el caso de antigripales.

**Cuadro 3. Tratamientos para la gripe en la avicultura de traspatio.**

<b>Gripe</b>				
	<b>Síntomas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Tratamiento local</b>	Le sale líquido de la nariz	2	Ajo con limón	\$ -
	Le sale agua de la nariz	1	Epazote	\$ -
	Estornudan	11	Limón	\$ -
	Moquean mucho	2	Ajo machacado	\$ -
	Se ven tristes y dormilonas	2	Cebolla molida	\$ -
	Estornudan	1	Sandia y limón	\$ -
	Se ven dormilonas	1	Limón, cebolla molida	\$ -
	Les escurre el moco	1	Ajo, cebolla, limón, en té	\$ -
<b>Tratamiento Veterinario</b>	Tiene un hervor en la garganta	1	Antibiótico	\$110.00
	El gallo ya no puede cantar	5	P. veterinario	\$ 60.00
	Se ponen tristes y no comen	1	Cafiaspirina o sal de uvas	\$ 2.50
	Se ponen tristes y no comen	1	Centryl aves 5%	\$ 80.00
	Se ponen tristes y no comen	1	Tri-sulfa	\$190.00
	Estornudan	2	Terramicina y Emicina	\$ 90.00

**Cuadro 4. Tratamientos para la fiebre (calentura) en la avicultura de traspatio.**

<b>Calentura o fiebre</b>				
	<b>Síntomas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Tratamiento local</b>	No comen y están calientes	2	Nada	\$ -
	Se ponen morados y calientes	7	Limón en el agua	\$ -
	Se ponen calientes	1	Limón y sal	\$ -
	Se ponen calientes y se agachan	1	Meterlos en agua fría	\$ -
<b>Tratamiento veterinario</b>	Se ponen morados y calientes	1	Emicina	\$100.00
	Doblan sus alas y duermen	1	Mejoralito	\$10.00
	Se ven muy tristes	1	Pastillas	\$50.00
	Se ve muy triste y morado	1	Antibiótico	\$150.00





**Cuadro 5. Tratamientos para la diarrea en la avicultura de traspatio.**

		Diarrea		
	Síntomas	Frecuencia	Tratamiento	Costo
<b>Tratamiento local</b>	Diarrea con sangre	5	Nada	\$ -
	Diarrea blanca	3	Limón con agua	
	Diarrea blanca	1	Limón, pimienta y miel	
	Diarrea blanca	1	Hierbas para humanos	
	Diarrea blanca	2	Limón con naranja agria	
	Diarrea blanca	7	Nada	
<b>Tratamiento veterinario</b>	Diarrea con sangre	1	Antibióticos	\$150.00
	Blanco y amarillo	2	Terramicina	\$5.00
	Diarrea blanca	3	P. Veterinario	\$60.00
	Amarillo con verde	1	Terramicina	\$ 8.00

**Cuadro 6. Tratamientos para el mal del corazón en la avicultura de traspatio.**

		Mal del corazón		
	Síntomas	Frecuencia	Tratamiento	Costo
<b>Tratamiento local</b>	Amanecen muertas	3	No hay	\$

Uno de los casos que se llegó a detectar es la enfermedad que localmente se conoce como “mal del corazón” (Cuadro 6), a la cual los pobladores la describen como una enfermedad que no tiene tratamiento, ya que mata a sus aves en un instante, sin presentar síntomas.

**Cuadro 7. Tratamientos para la viruela en la avicultura de traspatio.**

		Viruela		
	Síntomas	Frecuencia	Tratamiento	Costo
<b>Tratamiento local</b>	Granos en la cara	1	Miel con Limón	\$ -
	Le salen bolitas en la cara	1	Aceite quemado	
	Le salen granos en la cabeza	1	No hay	\$ -
	Le salen granos	1	Le echo aceite de pimienta	
	Salen granos	2	Se bañan con jugo de naranja	
	Le salen granos	1	Se muele pimienta y se le aplica	
	Le salen granos	3	Huashi revuelto con masa	
	Granitos en pavos	1	Azul o cloro	
<b>Tratamiento veterinario</b>	Granos; se hinchan	1	Antibiótico	\$150.00
	Granos en la cara	2	P. veterinarios	\$120.00
	Le salen granitos	1	Se compran gotas	\$ 50.00



**Cuadro 8. Tratamientos para la tos en la avicultura de traspatio.**

Tos			
	Síntomas	Tratamiento	Costo
<b>Tratamiento local</b>	Por el ruido que hacen	Limón y agua	\$ -
	Por el sonido	Miel y limón	\$ -
	Hacen un ruido al gritar	Cebolla molida	\$ -
<b>Tratamiento veterinario</b>	Se les escucha un gorgoreo al respirar	Mejoralito	\$ 10.00
	Cuando no pueden cantar	P. veterinario	\$ 20.00
	Hacen mucho ruido	Paracetamol	\$ 12.00
	Cada rato se escucha su ruido	Gotas de veterinaria	\$ 28.00

En el Cuadro 9 se presenta una serie de enfermedades que los productores no han podido tratar y que les ha sido complicado en la producción de aves, ya que les ocasiona la muerte al instante. Solo en el caso de los parásitos un productor aplica un producto veterinario.

**Cuadro 9. Tratamientos para otro tipo de enfermedades poco comunes en la avicultura de traspatio.**

Otras		
Nombre	Síntomas	Tratamiento
<b>Mal de los ojos</b>	Le sale agua en los ojos y se quedan ciegos	
<b>Parásitos</b>	Se enflacan	Panacurt
<b>Chuequez</b>	Se van de lado y no caminan	
<b>Mal aire</b>	Quedan chuecos del cuello	

El 94.4% de los productores ve a sus aves como una fuente de alimentación, más que como una oportunidad de negocios, además, para algunos productores tener gallinas es una práctica cultural, que incluso solo llegan a realizar por estética (“porque se ve bonita su casa con gallinas de colores”).

Cuando se abordó el tema de la mejora de la situación de la avicultura, se encontró una situación preocupante, ya que el 72.4% del total de productores encuestados no confían en los técnicos capacitadores, mientras que el 64.6% de los productores considera que los programas de gobierno no cumplen su función o no les ayuda a resolver sus problemas. Una de las posibles soluciones a este problema está entre los mismos productores, ya que para el 87.5% de ellos su principal fuente de



información confiable, o con los que se capacitan, es el vecino o el líder de la comunidad, es decir, solo confían entre ellos, porque se conocen y pueden ellos mismos constatar los resultados.

Es importante reestructurar la forma en que se realizan intervenciones en el sector rural, sobre todo en la parte técnica con las capacitaciones. Los productores han demostrado tener una postura de inconformidad y desconfianza ante los técnicos, por el contrario, han demostrado tener una gran confianza entre ellos, es por eso que se plantea identificar actores claves dentro de la comunidad, que sean personas confiables para los productores y que los consideren líderes, para que de ellos aprendan y se disperse el asesoramiento, “de productor a productor”.

La avicultura de traspatio es una actividad que enfrenta retos muy importantes, pero también no es una práctica sencilla de comprender, ya que para los productores hablar de gallinas puede implicar visiones diversas, que pueden ir desde lo comercial, como una fuente de alimentación, hasta una práctica cultural y de estética.

La FAO (2002) enfatizó que la alimentación era un reto importante, ya que el incremento de los alimentos comerciales ponía en riesgo la existencia de la avicultura de traspatio, pero sin duda alguna la alimentación de las aves de traspatio no depende exclusivamente de este tipo de productos, ya que su dieta está basada en más de 19 tipos de plantas identificadas por los productores por su palatabilidad en las aves, así como también en desechos de cocina, insectos y el maíz que se llega a producir en las mismas comunidades. Sin embargo, no se debe descartar, ya que el constante crecimiento de las poblaciones va eliminando la avicultura porque se van reduciendo los espacios y no hay lugar para su desarrollo.

## Conclusiones

1. Si bien la avicultura tiene muchos retos que enfrentar, las enfermedades son un problema crítico que se debe enfrentar y resolver a la brevedad, ya que hasta los mismos productores lo han identificado como el principal problema dentro del



sistema de producción, que en algunos casos ha sido la causante de que esta actividad se deje de practicar. El poco conocimiento para identificar enfermedades, la cultura de prevención, realizar buenas prácticas de manejo y el incremento de los medicamentos veterinarios son los principales obstáculos para reducir el problema de las enfermedades.

### **Literatura citada**

- Juárez-Caratachea, A., y Alvarado, M. A. O. (2001). Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Vet. Méx.* 32(1): 27-32.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2002. Producción avícola familiar.
- Fernán, C. A. (2014). Aves de corral. Manuales para educación agropecuaria. 136 p.





## DEMANDA DE MACRONUTRIENTES DEL PASTO TAIWÁN EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO Y FRECUENCIAS DE CORTE

Gloria Esperanza De Dios León<sup>124</sup>, Armando Guerrero Peña<sup>125\*</sup>, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar<sup>126</sup>, Catalino Jorge López Collado<sup>127</sup>, Eusebio Ortega Jiménez<sup>127</sup> y Alejandro Alonso López<sup>127</sup>

### Resumen

La ganadería bovina que se desarrolla en la región tropical húmeda de México basa su alimentación principalmente en pastos y forrajes, por ser la fuente más económica y disponible; en estas zonas se han hecho muchas evaluaciones de rendimiento y valor nutritivo en pastos y forrajes, pero no se ha encontrado evidencia de experimentos que determinen demanda de nutrientes de estas especies. El objetivo del presente estudio fue estimar la demanda total de nitrógeno, fósforo y potasio durante tres épocas climáticas y tres frecuencias de corte en pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial y seis repeticiones; la unidad experimental consistió en una planta de 1 m<sup>2</sup>. Se encontraron diferencias significativas entre épocas del año; en la época de seca se observaron las mayores demandas de nitrógeno, fósforo y potasio con 90, 12 y 99 kg/ha, respectivamente; las menores demandas fueron observadas en época de lluvias con 47, 6 y 51 kg/ha para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Se encontró diferencia significativa entre las frecuencias de corte; a los 80 días se encontraron las mayores demandas con 88, 12 y 105 kg/ha para los tres nutrientes, respectivamente; la menor demanda fue observada a los 40 días de rebrote con 43, 6 y 43 kg/ha para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Con la información generada es posible establecer una

<sup>124</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Amatlán de los Reyes, Veracruz.

<sup>125</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco. [garmando@colpos.mx](mailto:garmando@colpos.mx)

<sup>126</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. Huimanguillo, Huimanguillo Tabasco.

<sup>127</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.



norma de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio con el modelo de balance nutrimental para el pasto Taiwán; con la capacidad de fraccionar la dosis en las épocas del año o en las tres frecuencias de corte.

**Palabras clave:** *Pennisetum purpureum*, seca, lluvias, nortes, nitrógeno

## Introducción

La utilización de especies de corte como el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum), es una alternativa para la alimentación del ganado bovino durante las épocas de escasez de forraje en las zonas tropicales (seca y nortes), debido a que la escasa disponibilidad y la pobre calidad de los forrajes en esas épocas limitan la producción animal en estas regiones (León *et al.*, 2000). En general, los pastos y forrajes en el trópico presentan variación en calidad y producción de biomasa en sus distintas etapas de crecimiento, debido principalmente a las diferentes condiciones ambientales y edafoclimáticas, material genético y manejo, entre otras (Elizondo, 2017). Los suelos de regiones tropicales son poco fértiles, por lo que no satisfacen los requerimientos de la planta, principalmente de los tres elementos esenciales para el desarrollo, crecimiento y producción: nitrógeno, fósforo y potasio. Cerdas (2015) menciona que en variedades de *Pennisetum purpureum*, la relación promedio de extracción nutricional de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O es de 3.5:1.0:4.0, respectivamente; por lo cual, el consumo de nutrientes está controlado por el rendimiento de forraje y la fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción (Cerdas y Vallejos, 2012). Para realizar aplicaciones de nutrientes, se debe conocer la demanda del elemento a través de las diferentes etapas vegetativas de la planta y proporcionárselo en el momento y cantidades adecuadas que permita a la planta expresar su mayor potencial de rendimiento (Ramírez *et al.*, 2010). La demanda de un cultivo es la cantidad de un nutrimento que debe estar presente en los tejidos de la planta en cada etapa fenológica, para que no sea un factor restrictivo y afecte negativamente el crecimiento y



rendimiento de la misma (Rodríguez *et al.*, 2001; Medina *et al.*, 2010); y depende de la biomasa aérea que puede producir un cultivo en su agroecosistema y de la concentración óptima del nutrimento contenido en ella, medida al momento de la cosecha (Escalona y Pire, 2008). Cerdas (2015) refiere que la variabilidad de la demanda nutrimental de los forrajes depende de tres factores: la capacidad para extraer nutrientes del suelo, el requerimiento interno de la planta y el potencial de producción de la especie. Es escasa la literatura de estudios de la demanda en forrajes de corte en zonas tropicales, por lo que el objetivo del presente estudio fue estimar la demanda total de nitrógeno, fósforo y potasio durante tres épocas climáticas y tres frecuencias de corte en pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum).

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El experimento se estableció en el Rancho Santa Rosa del ejido Posa Redonda, segunda sección del municipio de Cárdenas, Tabasco, México, sitio con coordenadas 18° 14´ de Latitud Norte y 93° 29´ de Longitud Oeste y altitud de 10 msnm. El sitio cuenta con un clima Am(f) cálido-húmedo con lluvias en verano y parte del otoño; la precipitación y temperatura promedio anual son de 2151 mm y 25.8°C, respectivamente (García, 2004); el suelo es Vertisol (Palma *et al.*, 2007), caracterizado por presentar más de 30% de arcilla en todos los horizontes.

### **Especie evaluada**

El pasto en estudio fue Taiwán (*P. purpureum* Schum) e involucró desde su establecimiento con material vegetativo en terreno, con uso esporádico de cultivos anuales, principalmente maíz y frijol. Después de la siembra, se esperaron cinco meses antes de realizar el corte de homogeneización.

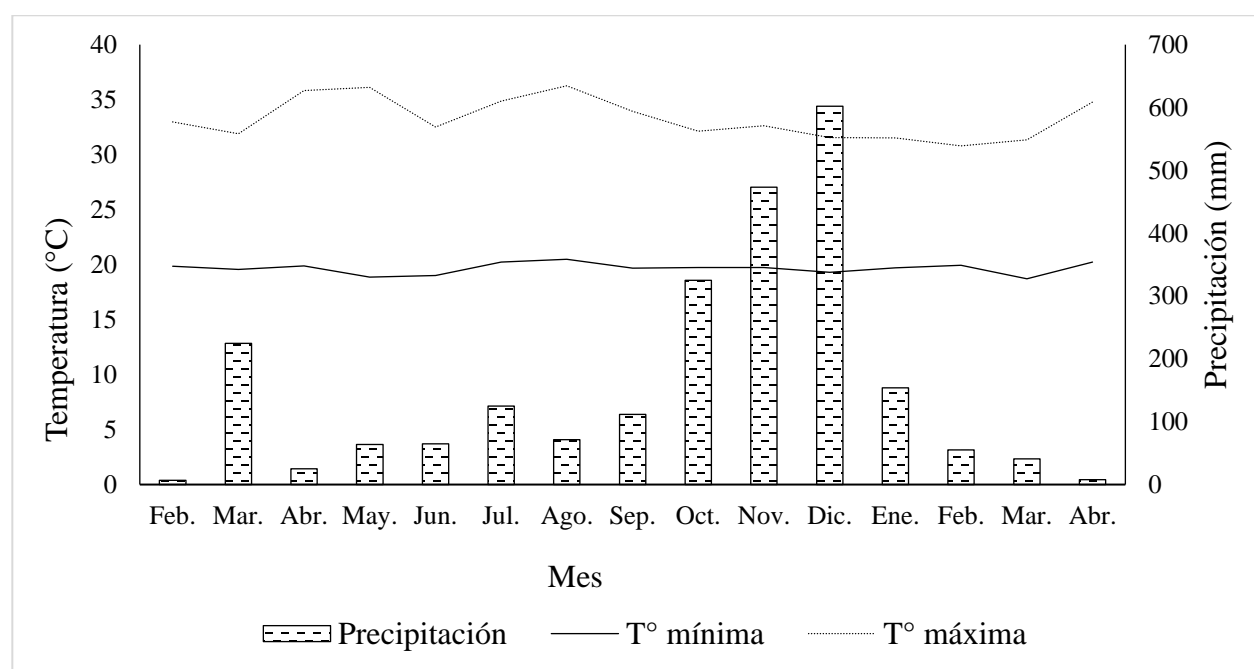


## Unidad experimental

La unidad experimental consistió en una planta con separación de un metro entre ellas y un metro entre líneas para eliminar el efecto de borde. Sobre la pradera se formaron un total de 54 unidades experimentales donde se distribuyeron las tres épocas climáticas y las tres frecuencias de corte.

## Periodos de evaluación y muestreo

El experimento comprendió del 10 de febrero del 2015 al 28 de abril del 2016, para abarcar las tres épocas climáticas definidas en la zona (seca, lluvias y nortes), con evaluaciones a los 40, 60 y 80 días de rebrote dentro de cada una de las tres épocas del año. Las muestras se obtuvieron mediante la cosecha de la planta entera, incluyendo la raíz (Kolesnikov, 1971). El material cosechado fue lavado, secado y molido para su posterior análisis. Las condiciones climatológicas presentes en el sitio durante el periodo de estudio son presentadas en la Figura 1.



**Figura 1. Condiciones climatológicas presentes durante la fase de establecimiento y experimentación del pasto *P. purpureum*.**





## Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos resultaron de la combinación de las tres épocas y las tres frecuencias de corte, cada uno con seis repeticiones. Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 (tres épocas del año y tres frecuencias de corte). Los datos se analizaron con el programa SAS (2009); en variables que resultaron con diferencia estadística significativa se hizo la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Variables de respuesta

La demanda de biomasa aérea y radical fue calculada mediante la fórmula Demanda (kg/ha) de N, P y K = (biomasa total alcanzable \* requerimiento interno) / 100, fórmula propuesta por Rodríguez (1993); la biomasa total (BT, kg/ha) = suma de la biomasa aérea y la biomasa radical. La determinación analítica de nitrógeno del material vegetal se realizó mediante el método micro-Kjeldahl modificado para incluir nitratos; el fósforo y el potasio medidos en el digestado con  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ ; la cuantificación del fósforo con espectrofotómetro UV-visible y potasio, cuantificado por espectrometría de absorción atómica.

## Resultados y discusión

### Efecto de épocas climáticas

#### Demanda total de nitrógeno, fósforo y potasio

Se encontró diferencia significativa en las demandas totales de nitrógeno ( $p < 0.0001$ ), fósforo ( $p < 0.0001$ ) y potasio ( $p < 0.0001$ ) dentro del factor época. Las mayores demandas de los tres elementos fueron observadas en la época seca y las menores en la de lluvias (Cuadro 1); siendo superior en 48, 50 y 48% para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. La demanda total de nitrógeno se observó directamente proporcional a la biomasa total, lo cual es un comportamiento normal que ha sido observado en diversos experimentos, como el de Ra *et al.* (2012), quienes evaluaron diferentes pastos tropicales, y el de Bernal (2003), en pasto Elefante (*P.*



*purpureum*); estos autores observaron que cuando fue mayor la producción de biomasa, mayor fue la demanda de nitrógeno. Márquez *et al.* (2007), en evaluaciones de tres variedades *P. purpureum* durante un año, observaron demanda de 116.8±1 kg/ha de nitrógeno; este valor es superior al observado en el presente estudio en las tres épocas, debido a condiciones edafoclimáticas diferentes. Lemos Dos Santos *et al.* (2012), en *P. purpureum* durante época de lluvias, encontraron demanda de fósforo de 20±4.1 kg/ha, resultados superiores al del presente estudio, debido a que usaron altas dosis de fertilizante de ese elemento además de yeso.

**Cuadro 1. Demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en pasto Taiwán en tres épocas climáticas en Tabasco, México.**

Época	RIN	RIP	RIK	DEM N	DEMP	DEMK	BT
	RIP (%)			DEM (kg/ha)			
Seca	1.50 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	1.63 <sup>ab</sup>	90 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	6642 <sup>a</sup>
Lluvias	1.61 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup>	1.69 <sup>a</sup>	47 <sup>c</sup>	6 <sup>c</sup>	51 <sup>c</sup>	3442 <sup>c</sup>
Nortes	1.63 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup>	1.56 <sup>b</sup>	66 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	4688 <sup>b</sup>
<b>EE</b>	0.27	0.03	0.18	28.7	3.8	31.9	1923.7

Valores con letras diferentes dentro de cada columna son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

RIN: requerimiento interno de nitrógeno, RIP: requerimiento interno de fósforo, RIK: requerimiento interno de potasio, DEMN: demanda de nitrógeno, DEM P: demanda de fósforo, DEMK: demanda de potasio, BT: biomasa total.

## Efecto de la frecuencia de corte

### Demanda total de nitrógeno, fósforo y potasio

Se observaron diferencias significativas (Cuadro 2) en las demandas totales de nitrógeno ( $p < 0.0001$ ), fósforo ( $p < 0.0001$ ) y potasio ( $p < 0.0001$ ) de acuerdo con la frecuencia de corte. Las mayores demandas de los tres elementos fueron a los 80 días de rebrote y las menores a los 40 días en orden superior de 51, 50 y 59% para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. El comportamiento de la demanda de nitrógeno es similar al observado por Palacios *et al.* (2013), quienes reportaron aumento del 17% en el transcurso de 90 a 120 días de rebrote en Marafalfa; Xu *et al.* (2015) observaron en Taiwán que la demanda de nitrógeno estuvo directamente relacionada con la producción de biomasa; esto mismo se observó en la demanda de potasio. La mayor demanda de fósforo a los 80 días de rebrote se relaciona con



la producción de biomasa total (datos no mostrados); esto es atribuido a la relación directamente proporcional entre las variables demanda y rendimiento de biomasa, a lo que Rao *et al.* (1999) refieren que las especies forrajeras perennes desarrollan sistemas radiculares más vigorosos, como una característica adaptativa a la baja disponibilidad de fósforo en los suelos tropicales y como en este experimento se incluyó la producción de raíces.

**Cuadro 2. Demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en pasto Taiwán en tres frecuencias de corte en Tabasco, México.**

Frecuencia de corte (d)	RIN	RIP %	RIK	DEM N	DEM P	DEM K	BT
	(kg/ha)						
40	1.86 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	1.65 <sup>b</sup>	43 <sup>c</sup>	6 <sup>c</sup>	43 <sup>c</sup>	2858 <sup>c</sup>
60	1.59 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	1.73 <sup>a</sup>	71 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	4643 <sup>b</sup>
80	1.28 <sup>c</sup>	0.18 <sup>c</sup>	1.50 <sup>c</sup>	88 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	105 <sup>a</sup>	7271 <sup>a</sup>
<b>EE</b>	0.27	0.03	0.18	28.7	3.8	31.9	1923.7

Valores con letras diferentes dentro de cada columna son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

d: días de rebrote, RIN: requerimiento interno de nitrógeno, RIP: requerimiento interno de fósforo, RIK: requerimiento interno de potasio, DEMN: demanda de nitrógeno, DEM P: demanda de fósforo, DEM K: demanda de potasio, BT: biomasa total

## Conclusiones

1. Se generaron los valores de demanda total de nitrógeno, fósforo y potasio en pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum) en condiciones de campo en el trópico húmedo mexicano.
2. Los resultados de la investigación indicaron diferencias significativas en función de los tres elementos en las tres épocas climáticas y tres frecuencias de corte. Los valores generados de la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio es información útil para establecer una norma de fertilización para *Pennisetum purpureum* basada en el modelo de balance nutrimental, con la capacidad de fraccionar la dosis en cada una de las épocas del año: secas, lluvias y nortes, y en las tres frecuencias de corte.



## Agradecimientos

Agradecemos al MC. Francisco Meléndez Nava por las facilidades otorgadas en el rancho "Santa Rosa" para el desarrollo de la fase experimental de este estudio; al Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua y Laboratorio de Instrumentación Analítica del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por el apoyo para la realización de los análisis químicos.

## Literatura citada

- Bernal, J. E. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Bogotá, Colombia. 94 p.
- Cerdas, R. R. 2015. Comportamiento productivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes* 16:125-145.
- Cerdas, R. y E. Vallejos. 2012. Comportamiento productivo de varios pastos tropicales a diferentes edades de cosecha en Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes* 26:6-22.
- Elizondo, S. J. A. 2017. Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agronom. Mesoam.* 28:329-340.
- Escalona, A. y R. Pire. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 25:243-260.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.
- Kolesnikov, V. 1971. The root system of fruit plants. Translated from the Russian by L. Aksenova. Mir Publishers Moscow. p. 103-127.
- Lemos Dos Santos, R., V. Mendes de Azevedo, J. Freire F., A. Tavares Da Rocha, J. Alves T. e M. B. Galvão Dos Santos F. 2012. Extração e eficiência de uso de nutrientes em Capim-Elefante na presença de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:497-505.





- León, J., G. Ibarra y O. Iglesias. 2000. *Pennisetum purpureum* cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. Rev. Prod. Anim. 3:12-18.
- Márquez, F., J. Sánchez, D. Urbano y D. Ciro. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zoot. Trop. 25:253-259.
- Medina, N., J. Borges G. y L. Soria F. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Trop. Subtrop. Agroecosys. 12:219-228.
- Palacios, D. M. P., V. Mendoza G., J. R. Fernández V. and J. M. Hernández M. 2013. Effects of defoliation and nitrogen uptake on forage nutritive values of *Pennisetum* sp. The J. Anim. Plant Sci. 23:566-574.
- Palma, L. D. J., D. Cisneros, J., C. Moreno, E. y J. A. Rincón R. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Ra, K., F. Shiotsu, J. Aber and S. Morita S. 2012. Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosis energy crops for etanol production. Biomass and Bioenergy 37:330-334.
- Ramírez, R. O., A. Hernández G., S. Carneiro Da S., J. Pérez P., J. S. Jacaúna De S., R. Castro R. *et al.* 2010. Características morfogenéticas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. Trop. Subtrop. Agroecosys. 12:303-311.
- Rao, I. M., K. Friesen D. and M. Osaki. 1999. Plant adaptation to phosphorus-limited tropical soil. p. 81-115. *In*: M. Pessarakli. Ed. Handbook of plant and crops stress. Second Edition. Chapter 4. Marcel Dekker, In. New York.
- Rodríguez, S. J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 287 p.
- Rodríguez, J., D. Pinochet y J. Matus F. 2001. Fertilización de los cultivos. Ed. LOM. Santiago Chile. 117 p.
- SAS. 2009. Statistical Analysis System. SAS/STAT. SAS user´s guide, 9.3. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.



Xu, Q., Z. Hunag, X. Wang and L. Cui. 2015. *Pennisetum sinense* Roxb and *Pennisetum purpureum* Schum. as vertical-flow constructed wetland vegetation for removal of N and P from domestic sewage. *Ecological Engineering* 83:120-124.



## PREVALENCIA A RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN HATO LECHERO DEL SUBTRÓPICO HÚMEDO Y RESPUESTA INMUNE POSVACUNACIÓN

Rebeca Tejeda Castro<sup>128</sup>, Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>129\*</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>130</sup>, Guadalupe A. Socci Escatell<sup>131</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>129</sup>, Sara Olazarán Jenkins<sup>129</sup> y David Itzcóatl Martínez Herrera<sup>128</sup>

### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar la prevalencia de anticuerpos a rinotraqueitis infecciosa bovina (RIB) en un hato lechero mantenido en pastoreo en clima subtropical húmedo y evaluar la respuesta inmune al aplicar la vacuna con virus activo modificado. Se incluyeron 100 animales sin antecedentes de vacunación en los 10 últimos años. Se formaron dos grupos experimentales: vacunados y no vacunados. Los animales de los grupos fueron homogéneos en cuanto a vacas en producción gestantes y vacías y vaquillas; además, tuvieron semejante prevalencia a RIB. Todos los animales se muestrearon antes de la vacunación para determinar la prevalencia de anticuerpos en suero contra RIB con la prueba de ELISA. Después de la primera aplicación de vacuna al día cero, los animales se muestrearon en el día 30 y después de la segunda aplicación de vacuna en el día 30 posterior a la primera (refuerzo de la primera del día cero) se muestrearon los animales a los 30 días, para determinar la respuesta inmune a los 30 y 60 días de la primera, ambas con la prueba de ELISA. La prevalencia promedio antes de vacunar a los animales fue de 16% (no vacunado 14% y vacunados 18%), no habiendo diferencia estadística significativa ( $P=0.5850$ ) entre los dos grupos, por lo que ambos estuvieron

<sup>128</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica.

<sup>129</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México. \*Correspondencia: rosete.jorge@inifap.gob.mx

<sup>130</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México.

<sup>131</sup> INIFAP, Centro Nacional de Investigación en Inocuidad y Salud Animal.



equilibrados en cuanto a prevalencia a RIB antes de la vacunación. A los 30 días después de la primera aplicación de vacuna hubo diferencia estadística significativa para la respuesta inmune entre animales vacunados y no vacunados del 58% ( $P=0.0002$ ) y también a la segunda de 94% ( $P<0.0001$ ) lo que indica que la vacunación causó respuesta inmune a los 30 y 60 días después de la primera aplicación. La vacuna con virus activo modificado produjo una respuesta inmune alta de 94% a la segunda aplicación (refuerzo) por lo que se infiere que los animales quedan protegidos contra la enfermedad necesitando la segunda aplicación de vacuna con virus activo modificado.

**Palabras clave:** Rinotraqueitis infecciosa bovina, prevalencia, inmunidad

## Introducción

La RIB, es una enfermedad que afecta la reproducción en las vacas (Moles *et al.*, 2002; Waldner, 2005). Por otro lado, la vacunación contra la RIB se ha utilizado para el control en hatos ganaderos estabulados, pero su uso ha sido reducido en ganado en pastoreo en el trópico, donde se ha resaltado la necesidad de su utilidad para el control de la enfermedad (Zárate *et al.*, 2013).

La RIB también llamada vulvovaginitis pustular infecciosa, es una enfermedad descrita desde el año 1895 por Metzler *et al.* (OIE, 2004) que afecta a bovinos domésticos y salvajes y es causada por el Herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1), miembro del género *Varicellovirus* y de la familia *Herpesviridae*. El virus produce infecciones respiratorias (subtipo 1.1), infecciones respiratorias y genitales (subtipo 1.2), e infecciones neurológicas (subtipo 1.3 y BHV-5); sin embargo, a pesar de haberse distinguido estos subtipos solo hay un tipo antigénico de más importancia que es el BHV-1 (OIE, 2004).

La importancia de identificar esta enfermedad (BHV-1) en los hatos ganaderos, radica en que causa disminución en la productividad de las vacas debido a las fallas reproductivas y afecciones respiratorias en becerros jóvenes (Gu y Kirkland, 2008).





La RIB, puede pasar desapercibida por no manifestar con claridad signos clínicos en los animales, pero el virus permanece latente alojado en órganos blanco, de tal manera que, si la infección se adquiere vía genital, el virus se replica en la mucosa vaginal o del prepucio y se establece en los nodos sacros.

El estrés por el parto, el transporte o el manejo, inducen la reactivación de la infección y los animales aún sin signos de la enfermedad y eliminan el virus al ambiente al actuar como portadores de apariencia sana, donde estos animales se constituyen como los principales factores de riesgo de la enfermedad (OIE, 2004).

En México, la RIB se ha identificado en hatos ganaderos por lo general productores de leche en el altiplano (Reyes *et al.*, 2004) y es documentada su relación con problemas reproductivos (Waldner, 2005; Meléndez *et al.*, 2010; Armas *et al.*, 2004; Escamilla *et al.*, 2004), de donde resulta conveniente realizar estudios en animales del trópico húmedo para controlar la transmisión entre animales.

En ganaderías del trópico húmedo, se ha identificado la presencia de la RIB y se ha estudiado la prevalencia e incidencia (Betancourt *et al.*, 2006; Zárate *et al.*, 2013), pero en esos hatos no se ha comprobado si la respuesta inmune a la vacunación es apropiada.

Con la finalidad de conocer la condición zoonosaria de un hato ganadero mantenido en clima subtropical húmedo con relación a la RIB, se planteó este trabajo para identificar con el uso de pruebas serológicas (ELISA) la prevalencia serológica de la RIB y verificar la respuesta inmune a la vacunación con refuerzo con virus activo modificado.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo se realizó en el hato ganadero de lechería tropical especializada del Campo Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional del Golfo Centro del INIFAP, ubicado en la región oriente del estado de Puebla. El hato no tuvo antecedentes de vacunación para RIB por lo menos en los últimos 10 años.



## **Animales**

Los animales fueron Suizo Americano y Holstein y estuvieron identificados con arete SINIIGA y con numeración marcada con fierro quemador. La captura de datos experimentales se hizo en libretas de campo y libros electrónicos para registrar la información para su conservación y análisis.

## **Grupos experimentales**

Se hicieron dos grupos experimentales con el total de los animales. Un grupo fue vacunado contra RIB con virus activo modificado (grupo experimental) y otro grupo que no fue vacunado (grupo control). Cada grupo se homogenizó con vacas en lactancia gestantes y vacías, secas gestantes y vaquillas con edades promedio semejantes; además, se hizo un primer diagnóstico serológico de RIB para homogenizar los dos grupos en cuanto prevalencias a anticuerpos contra RIB. Se cuidó que la condición corporal no descendiera de 2.5 unidades (1=emaciación; 5=obesidad).

## **Protocolo de vacunación**

Los animales del grupo experimental se vacunaron con una primera dosis, considerado como el día 0 y después, en el día 30 se aplicó la sesancheznda dosis que fue el refuerzo de la primera. La vacuna que se utilizó fue comercial, siendo una preparación liofilizada del virus activo modificado con combinación de adyuvantes, incluido el Amphigen como mejorador de la respuesta inmune.

## **Toma de muestras de sangre**

Al total de vacas y vaquillas, vacunadas y no vacunadas, se les tomaron tres muestras de sangre, en el día 0, 30 y 60, considerado como día cero el de la primera aplicación de vacuna, el día 30, el de la segunda aplicación de vacuna (refuerzo) y el del día 60 para obtener la respuesta inmune a la segunda aplicación de vacuna. Las muestras de sangre fueron tomadas con tubos al vacío de 6 mL con gel separador del coagulo. Las muestras se centrifugaron a 4000 rpm por 10 minutos, para la recolección de



suero sanguíneo. El suero recolectado se conservó en viales de polipropileno de 6 mL provistos de tapón y se congelaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en el laboratorio.

### **Determinación de resultados de laboratorio**

La primera muestra de suero fue para determinar la prevalencia de anticuerpos contra RIB, en los dos grupos, experimental y control. Las siguientes dos muestras de suero fueron para determinar la respuesta inmune por efecto de la vacunación en el grupo experimental, que se expresó en términos de proporciones (%).

### **Variables estudiadas, diseño experimental y análisis estadísticos**

Se analizaron tres variables de respuesta: a) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 0, que significó la prevalencia; b) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 30, que significó la respuesta inmune a la primera aplicación de la vacuna que fue en el día cero y; c) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 60, que significó la respuesta inmune mejorada a la segunda aplicación de vacuna que fue el día 30 posterior a la primera aplicación. Para el análisis estadístico, cuando una hembra tuvo anticuerpos de la RIB, se consideró positiva y se registró como 1 en los días 0, 30 o 60; en caso contrario, se registró como 0. La información se analizó con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del programa SAS, ajustado a un modelo de regresión logística que incluyó el efecto fijo de la vacunación (hembras vacunadas contra no vacunadas), en una distribución binomial y aplicando una función liga logit. El criterio de convergencia fue  $10^{-8}$ .

### **Resultados y discusión**

La significancia estadística para la prevalencia (%), día cero, y de la respuesta inmune a la primera aplicación de vacuna que se determinó en el día 30 post primera aplicación y la respuesta inmune a segunda aplicación de vacuna que fue el día 30 posterior a la primera y que se determinó el día 60 post primera aplicación, se muestran en el Cuadro 1.



**Cuadro 2. Significancia para la prevalencia (%) de anticuerpos en el día cero y de la respuesta inmune post primera (día 30) y post segunda aplicación de vacunación (día 60), en bovinos lecheros en pastoreo.**

Prevalencia % (día cero)	Respuesta inmune 1ª aplicación (día 30)	Respuesta inmune 2ª aplicación (día 60)
0.5850	0.0002	<0.0001

Para la prevalencia, no hubo significancia estadística ( $P=0.5850$ ) entre animales vacunados y no vacunados, por lo que los dos grupos estuvieron equilibrados a anticuerpos a RIB antes de la vacunación; sin embargo, si hubo significancia para la respuesta inmune en la primera aplicación ( $P=0.0002$ ) y segunda aplicación de vacuna ( $P<0.0001$ ), lo que indica que la aplicación de vacuna si causó respuesta inmune a los 30 días después de la primera y a los 60 días cuando se aplicó el refuerzo.

En el Cuadro 2, se presenta la prevalencia en el hato y los intervalos de confianza de los grupos de animales no vacunados y vacunados contra RIB. La prevalencia promedio entre animales vacunados y no vacunados fue de 16.0% la cual es de consideración para un hato con antecedentes de no vacunación, lo que indica que los animales debieran ser incluidos en un programa de vacunación para protegerlos de la enfermedad y evitar problemas reproductivos.

La prevalencia observada en este estudio de 16.0% resultó ser menor a la de un trabajo realizado con bovinos mantenidos en pastoreo en clima tropical en el centro de Veracruz, con prevalencia de 76.32% (Abad *et al.*, 2016).

**Cuadro 2. Prevalencia de anticuerpos en el hato e intervalos de confianza al 95% de anticuerpos, contra rinotraqueitis infecciosa bovina para animales no vacunado y vacunados.**

Grupo	Número de muestreados	Animales positivos	Prevalencia %	IC <sub>0.95%</sub>
Animales no vacunados	50	9	14.0 ± 4.9 <sup>a</sup>	6.3 a 27.4%
Animales vacunados	50	7	18.0 ± 5.4 <sup>a</sup>	9.1 a 31.9%
Total	100	16	16.0 ± 5.5	9.7 a 25.0%

<sup>a</sup> Medias con igual literal dentro de columna no son diferentes ( $P>0.05$ ).

Sin embargo, la prevalencia de este estudio de 16.0% resultó ser superior a las prevalencias encontradas por otros autores en ganado Cebú, Pardo Suizo y Holstein





en Tizimín, Yucatán. Cuya prevalencia fue del 5.33% en 600 muestras procesadas (Calderón *et al.*, 1997). En la zona sur del estado de Veracruz, De La Trinidad (2010) encontró otra del 58.6%, inferior a la registrada en la zona centro de Veracruz de 76.32% (Abad *et al.*, 2016). Por otro lado, en otro estudio que se llevó a cabo con bovinos productores de carne en el trópico húmedo mexicano se registró una prevalencia del 13.66% (Córdova *et al.*, 2007) similar a la observada en este estudio (Cuadro 2). De cualquier manera, estas prevalencias identificadas en bovinos mantenidos en clima tropical, al igual que las documentadas en el altiplano de México en el estado de Hidalgo (Sánchez *et al.*, 2012) de 35.2%, ponen de manifiesto la presencia de la enfermedad y la necesidad de su control.

En Colombia, en hatos lecheros de Toca-Boyacá se encontró una prevalencia de 35.65% (Ochoa *et al.*, 2011); pero en el departamento de Caquetá, Colombia la prevalencia obtenida superó el 90% de presencia de anticuerpos contra HVB-1 (Motta *et al.*, 2013). Asimismo, en hatos ganaderos de Antioquia y del Valle de Cauca, en ganado de leche y de carne se encontraron prevalencias del 85.51% y 69.84%, respectivamente (Ruiz *et al.*, 2010).

Varios autores, en la búsqueda de la prevalencia contra RIB, observaron valores diversos comparados con la encontrada en esta investigación (16.0%), como la de la región de Magdalena que fue de 55.5% (Piedrahita *et al.*, 2010) en el municipio de Montería 74.7%, o la de Betancur *et al.* (2006) en Perú en la provincia de Melgar Puno de 29% o bien la de Pariente *et al.* (2006), en la zona de Parinacochas, Ayacucho de 67.6% o la de Zacarías *et al.* (2002) en el Valle de Lima de 36% (Sánchez *et al.*, 2003), e incluso en la región de Chile de 76% (Felmer *et al.*, 2009).

El HVB-1 es uno de los agentes de mayor distribución en el mundo (OIE, 2008) y a pesar de que existen múltiples agentes vacúnales contra este virus (Ruiz-Saenz *et al.*, 2009), se sospecha que es uno de los mayores generadores de pérdidas económicas en la producción ganadera tanto de carne como de leche. Los bovinos asintomáticos constituyen el reservorio más importante, porque pueden excretar el virus de forma intermitente y transmitirlo a bovinos sanos (Pérez *et al.*, 2005).

La frecuencia de anticuerpos en animales vacunados a los 30 días post-vacunación fue de 58%, mayor ( $P < 0.05$ ) que la frecuencia de anticuerpos en los animales no



vacunados que fue de 22%. Esto indica que hubo una respuesta inmune a la primera aplicación de vacuna contra RIB en los animales vacunados, pero que fue muy reducida. En el mismo sentido, como la frecuencia de anticuerpos en animales vacunados fue de 94% a los 30 días de la primera aplicación de vacuna y fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el valor de 28% de los animales no vacunados, esto indica que hubo un incremento en la respuesta inmune a los 30 días posteriores de la segunda aplicación de la vacuna (refuerzo), y con ello se puede inferir que la vacuna con virus activo modificado sí produjo protección contra la enfermedad, pero con la necesidad de una segunda aplicación como refuerzo. En el Cuadro 3, se presentan los intervalos de confianza para la respuesta inmune a los 30 días posteriores la primera y segunda aplicación de vacuna de los animales en estudio.

**Cuadro 3. Frecuencia de anticuerpos en animales vacunados y no vacunados contra rinotraqueitis infecciosa bovina a la primera y segunda aplicación de vacuna e intervalos de confianza al 95%.**

Grupo	Muestreo	Positivos 1ª aplicación	Respuesta Inmune 1ª aplicación %	IC .95%	Positivos 2ª aplicación	Respuesta Inmune 2ª aplicación %	IC .95%
No vacunados	50	11	22.0 ± 5.9 <sup>a</sup>	12.6-35.5	14	28.0 ± 6.4 <sup>a</sup>	17.3-41.9
Vacunados	50	29	58.0 ± 7.0 <sup>b</sup>	44.1-70.8	47	94.0 ± 3.4 <sup>b</sup>	83.0-98.1

<sup>a,b</sup>proporciones con diferente literal dentro de columna son diferentes ( $P < 0.05$ ).

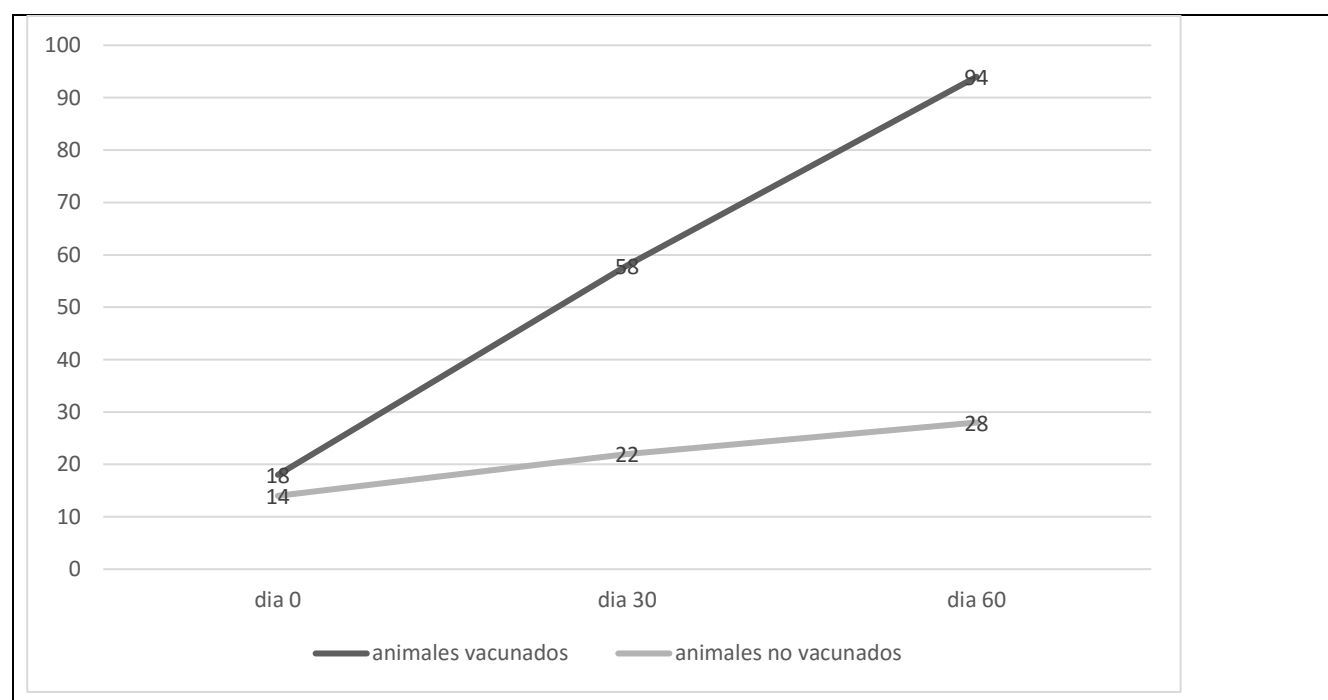
La respuesta inmune de los animales en el presente estudio fue satisfactoria con base de un 94% de animales que respondieron a una segunda aplicación de la vacuna. Con este resultado se considera que es posible que los animales del hato estén protegidos contra la enfermedad, en particular las vacas que son las que por efecto de la enfermedad padecen infecciones en el tracto genital como la VPI, metritis (Betancur *et al.*, 2006), mastitis, abortos, repetición de servicios, infección fetal y anestro (Elhassan, 2009; Gür S, 2010).

Sin embargo, la anterior respuesta no fue lograda en un trabajo experimental, donde se utilizó una vacuna intranasal como única dosis, con virus atenuado conocida como TSV-2 de RIB-PI3, donde resultó poco inmunogénica, porque solo el 33.3% de los animales produjeron anticuerpos después de recolectar muestras



sanguíneas a 28 días post vacunación para medir anticuerpos contra RIB (Vilchis et al., 1991). Tal vez en esta vía de vacunación, se requiera de una segunda aplicación para lograr una mejor respuesta.

Con la intención de mostrar mejor el efecto de la vacunación, en la Figura 1 se aprecia con mayor claridad el efecto de la primera y segunda aplicación de la vacuna, observándose que entre la prevalencia y la primera aplicación de vacuna el incremento fue de 40% y entre la primera y segunda aplicación de la vacuna el incremento fue del 36%, hasta llegar al 94%.



**Figura 3. Prevalencia a rinotraqueitis infecciosa bovina en el hato (día 0) y respuesta inmune a los 30 días de la primera aplicación de vacuna (día 0) y a los 30 días después de la segunda aplicación de la vacuna (día 60) con virus activo modificado en animales experimentales.**

La respuesta inmune de los animales en el presente estudio fue satisfactoria hasta la segunda aplicación de la vacuna. Con este resultado se considera que es posible que los animales del hato estén protegidos contra la enfermedad, en particular las vacas que son las que por efecto de la enfermedad padecen infecciones en el tracto



genital como la VPI, metritis (Betancur *et al.*, 2006), mastitis, abortos, repetición de servicios, infección fetal y anestro (Elhassan, 2009; Gür S, 2010).

Según Pretrini *et al.* (2019), en Europa se realizó una investigación en la que usaron vacunas marcadoras gE; vacuna que se comercializa de forma inactivada o atenuada, que permite ver la diferencia de animales vacunados o infectados. La desventaja de la vacuna de virus activo modificado, es que puede permanecer latente en los animales inmunizados y ser reactivados o excretados tras un estímulo supresor.

En otra investigación donde se utilizó virus activo modificado, la tasa de aborto en hembras vacunadas fue de 5% y la tasa de no vacunadas fue 73% (Walz *et al.*, 2017), aspecto que no sucedió en este hato experimental, porque no se detectaron abortos. Sin embargo, en la investigación de Walz *et al.* (2017), no se determinó que esta tasa de aborto (5%), se haya debido al efecto de la vacunación, pues se considera baja y pudo deberse a otros efectos no identificados.

Por lo tanto, es recomendable que para la protección contra RIB en especial de las hembras en edad reproductiva, es mejor utilizar la vacuna de virus activo modificado, ya que están destinadas a reproducirse hasta cierto punto dentro del hospedador, lo cual aumentan la probabilidad de la inmunidad protectora (OIE., 1998).

Adicionalmente en Buenos Aires Argentina, se hizo un estudio donde se utilizaron dos tipos de vacunas con virus inactivado que lleva la secuencia de la versión secretada de la glicoproteína D, una formulada con adyuvante y la otra no, en el entendido de que ambas incrementan la respuesta inmune humoral; sin embargo, la que tuvo adyuvante mejoró la respuesta inmune celular. El experimento fue con bovinos de uno y dos años de edad que resultaron negativos por pruebas serológicas a BHV-1 y que se dividieron en dos grupos donde se les aplicó una vacunación intradérmica de 1.5 mL con un refuerzo a los 20 y 33 días para observar una mejor respuesta inmune en el grupo que tenía la adición del adyuvante (Quattrocchi *et al.*, 2017).





## Conclusiones

1. La prevalencia promedio fue de 16.0%, siendo para el grupo no vacunado de 14% y para el vacunado de 18%.
2. La vacuna de virus activo modificado contra RIB produjo una respuesta inmune alta de 36% (sin considerar a los ya seropositivos), pero considerándolos fue de 94% a la segunda aplicación de vacuna (refuerzo) por lo que se infiere que los animales quedan protegidos contra la enfermedad.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Golfo Centro por el apoyo financiero y científico para la realización de este trabajo en las instalaciones del Campo Experimental Las Margaritas.

## Literatura citada

- Abad, Z. J., A. Ríos U., J. V. Rosete F, A. García C. y J. P. Zarate M. 2016. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas de año en la zona centro de Veracruz. Revista electrónica Nova Scientia 8 (16):213-227.
- Armas, C. A. C., C. R. Muñoz M., D. J. Bolaños L. y G. Iñiguez M. 2004. Determinación de agentes infecciosos causantes de abortos fetales en un hato lechero en Tizayuca Hidalgo México. Memorias XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Morelia, Michoacán, México. 135 p.
- Betancur, H. C., M. Gonzales T. y L. Reza G. 2006. Seroepidemiología de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina en el Municipio de Montería, Colombia. Revista MVZ Córdoba 11(2):830-836.



- Calderón, V. G., A. Alvarado I., C. Vilchis M., A. Aguilar S. y D. Batalla C. 1997. Detección de seropositividad al virus de rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), en ganado del municipio de Tizimín, Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México* 35(3):161-164.
- Córdova, I. A., C.A. Córdova J., M. S. Córdova J., J. A. Saltijeral O., C. G. Ruiz L, V. M. Xolalpa C., S. Cortés S., y J. E. Guerra L. 2007. Seroprevalencia de enfermedades causantes de aborto bovino en el trópico húmedo mexicano. *Revista Veterinaria REDVET* 18(2):139-142.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080809.html>. [Consultado el 04 de febrero de 2019].
- De La Trinidad, S. H. 2010. Seroprevalencia y factores de riesgo de Rinotraqueítis Infecciosa bovina en ranchos ganaderos de la Choapas, Minatitlán y Moloacán ubicados en la zona sur del estado de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. 48 p.
- Elhassan, A. M., M. A. Fadol and A. M. El-Hussein. 2009. Seroprevalence of bovine herpes virus-1. Bovine herpes virus-4 and bovine viral diarrhoea virus in dairy cattle in Sudan. *Pakistan Veterinary Journal* 31(4):317-320.
- Escamilla, H. P., E. Morales S., J. M. Martínez J. y M. Medina C. 2004. Frecuencia y causas de aborto de origen infeccioso en hatos de bovinos en el estado de Querétaro *In: memorias XXVIII Congreso Nacional de Buiatría*. Morelia, Michoacán. México. 111 p.
- Felmer, A., J. Zúñiga, A. M. López H. 2009. Prevalencia y distribución espacial de brucelosis, leucosis bovina, diarrea viral bovina y rinotraqueitis infecciosa bovina a partir del análisis ELISA de estanques prediales en lecherías de la IX región, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 41:17-26.
- Gu, X. and P. D. Kirkland. 2008. Infectious Bovine Rhinotracheitis. *Australian and New Zealand Standard Diagnostic Procedure*. 1-18.
- Gür, S. and N. Doğan. 2010. The possible role of bovine herpes virus type-4 infection in cow infertility. *Animal Science Journal*. 81(3):304-308.



- Meléndez, S. R. M., A. G. Valdivia F., E. J. Rangel M., E. Díaz A., C. Segura-Correa J. y A. L. Guerrero B. 2010. Factores de riesgo asociados a la presencia de aborto y desempeño reproductivo en ganado lechero de Aguascalientes México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(4):391-401.
- Moles, L. P. D., J. Gavaldón, A. Torres M, J. Cisneros S., N. Aguirre y Rojas. 2002. Seroprevalencia simultánea de leptospirosis y tres enfermedades de importancia reproductiva en bovinos del Altiplano Central de la República Mexicana. *Revista de Salud Animal* 24(2):106-110.
- Motta, G. J. L., I. Waltero G., y A. Abeledo M. 2013. Prevalencia de anticuerpos al virus de la diarrea viral bovina, herpes virus bovino 1 y herpes virus bovino 4 en bovinos y búfalos en el departamento de Caquetá, Colombia. *Revista de Salud Animal* 35(3):174-181.
- Ochoa, X., M. Orbegozo, F. Manrique A., M. Pulido P. y J. Ospina. 2012. Seroprevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros de Toca-Boyacá. *Revista MVZ Córdoba* 17(2):2974-2982.
- OIE. 2004. Manual de la OIE sobre animales terrestres. Rinotraqueitis bovina infecciosa/vulvovaginitis pustular infecciosa (2.3.5.): 514-525.  
<http://www.oie.int/es/normas-internacionales/manual-terrestre/acceso-en-linea/>.  
[Consultado el 12 de noviembre de 2018].
- OIE. 2008. Manual de la OIE sobre animales terrestres. Rinotraqueitis bovina infecciosa/vulvovaginitis pustular infecciosa. (2.4.13): 1-17.  
[http://wahis2devt.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahm/2.04.13.%20Rinotraqueitis%20infecciosa%20bovina.pdf](http://wahis2devt.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/2.04.13.%20Rinotraqueitis%20infecciosa%20bovina.pdf). [Consultado el 12 de noviembre de 2018].
- OIE. 1998. Rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina: repercusiones en la salud animal y el comercio internacional. *Animal Diseases Research Institute*. 147-156.
- Pariente, A. E., A. Cama S. y H. Rivera G. 2006. Anticuerpos contra el virus causante de la rinotraqueitis infecciosa en vacunos de la provincia del Melgar, Puno. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 17(2):137-143.
- Pérez, S., M. Inman, A. Doster and C. Jones. 2005. Latency-related gene encoded by bovine herpes virus 1 promotes virus growth and reactivation from latency in tonsils of infected calves. *Journal of Clinical Microbiology* 43:393-401.



- Petrini, S., C. Iscaro, and C. Righi. 2019. Antibody Responses to Bovine Alpha herpesvirus 1 (BoHV-1) in Passively Immunized Calves. *Viruses* 11(23):1-15. DOI: 10.3390/v11010023. [Consultado el 8 de mayo de 2019].
- Piedrahita, L. E., M. Montoya L., y J. Pedraza F. 2010. Herpes virus bovino tipo 1(BoHV-1) como posible causa de encefalitis en bovinos de la región del Magdalena Medio Colombiano. Estudio serológico y análisis epidemiológico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:191-198.
- Quattrocchi, V., I. Soria, C. A. Langellotti, V. Gnazzo, M. Gammella, P. D. Moore and P. I. Zamorano. 2017. A DNA vaccine formulated with chemical adjuvant provides partial protection against bovine herpes virus infection in cattle. *Frontiers in Immunology* 8(37).
- Reyes, J. M., R. Vázquez y A. García J. 2004. Seroprevalencia de IBR y DVB en hatos muestreados en México. 2002-2003 In. XXVIII Congreso Nacional Buiatría. Morelia Michoacán. México. 112 p.
- Ruíz-Saenz, J., J. Jaime y J. Vera V. 2009. Vacunas contra el herpes virus bovino-1: una mirada desde el pasado hacia el futuro de la inmunización. *Acta Biológica Colombiana* 14(2):3-20.
- Ruíz-Saenz, J., J. Jaime, y J. Vera V. 2010. Prevalencia serológica y aislamiento del herpes virus bovino 1 (BHV-1) en hatos ganaderos de Antioquia y del Valle de Cauca. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:299-307.
- Sánchez, T. G., A. Benito Z. y H. Rivera G. 2003. Seroprevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en ganado lechero del Valle de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 14(1):54-60.
- Sánchez, C. Y. M., J. G. Rodríguez D., M. Pedroso y S. Cuello. 2012. Simultaneidad serológica de *Neospora caninum* con *Brucella abortus* y los virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en bovinos pertenecientes al estado de Hidalgo México. *Revista de Salud Animal* 34(2):95-100.
- Vilchis, M. C., M. Sosa R., A. Alvarado I., A. Aguilar S., R. Hernández V. y D. Batalla C. 1991. Evaluación de la vacuna tsv-2 de ibr-p13 en bovinos nacionales productores de leche. *Técnica Pecuaria en México* 29:19-23.





- Waldner, C. L. 2005. Serological status for *N. caninum*, bovine viral diarrhoea virus and infectious bovine rhinotracheitis virus at pregnancy testing and reproductive performance in beef herds. *Animal Reproduction Science* 90(3-4):219-242.
- Walz, P. H., T. Montgomery, T. Passler, K. P. Riddell, T. D. Braden, Y. Zhang, P. K. Galik and S. Zuidhof. 2017. Comparison of reproductive performance of primiparous dairy cattle following revaccination with either modified live or killed multivalent viral vaccines in early lactation. *Journal of Dairy Science* 98:8753–8763.
- Zacarías, R. E., A. Benito Z. y H. Rivera G. 2002. Seroprevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa en bovinos criollos de Parinacochas, Ayacucho. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 13(2):61-65.
- Zárate, M. J. P., J.V. Rosete F., A. Ríos U., F. T. Barradas P., R. López E., S. Olazarán J. y V. M. Banda R. 2013. Estado reproductivo y prevalencia de IBR y DVB en hembras bovinas en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. *Memorias. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco Guerrero, México.* 759-766.



## PREVALENCIA DE RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN TOROS Y LA ELIMINACIÓN DEL VIRUS EN EL SEMEN

José Alexis Cruz Díaz<sup>132</sup>, Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>133\*</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>134</sup>, Guadalupe A. Socci Escatell<sup>1354</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>133</sup>, Sara Olazarán Jenkins<sup>133</sup> y Raymundo Ávila Benitez<sup>132</sup>

### Resumen

Se determinó la prevalencia de anticuerpos a rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) en sementales de 13 ranchos de Puebla, Tabasco y Veracruz, así como si existe una correlación entre la positividad a anticuerpos de IBR en suero sanguíneo con la positividad a antígenos de IBR en semen. A cada semental se les tomó una muestra de sangre, estas muestras se centrifugaron para la obtención del suero sanguíneo que fue conservado a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis por la técnica ELISA. También se tomó una muestra de semen por la técnica de electroeyaculación, muestras que fueron conservadas en congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis por la técnica de PCR. La información se analizó con el procedimiento GENMOD del paquete SAS. Los factores de riesgo fueron los estados Puebla, Tabasco y Veracruz; los 13 ranchos y los genotipos cebú, cruzados y europeos. La prevalencia de anticuerpos a IBR fue alta de 73% para los tres estados sin ser diferentes estadísticamente ( $P>0.05$ ); de 71% para los 13 ranchos sin ser diferentes estadísticamente ( $P>0.05$ ) y de 72% para los tres genotipos sin ser diferentes estadísticamente ( $P>0.05$ ). El porcentaje de sementales con antígenos de IBR en semen fue en promedio de 58%; sin embargo, no hubo correlación entre anticuerpos en suero con antígenos en semen (coeficiente de

<sup>132</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica.

<sup>133</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México. \*Correspondencia: rosete.jorge@inifap.gob.mx

<sup>134</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México.

<sup>135</sup> INIFAP Centro Nacional de Investigación en Inocuidad y Salud Animal.



correlación 0.07 y significancia  $P > 0.05$ ). La prevalencia de anticuerpos en suero sanguíneo y la prevalencia de antígenos en semen a IBR son de importancia para tomar en consideración a los sementales como indicadores de la enfermedad en el hato siendo un factor de riesgo, pues como eliminan el virus en semen son un medio de contagio eficiente de la enfermedad al transmitirse también por contacto sexual. Por lo tanto, para evitar problemas reproductivos en el hato, se deben incluir medidas de control y la vacunación.

**Palabras clave:** rinotraqueitis infecciosa bovina, antígenos, semen

## Introducción

La rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) es altamente contagiosa, causada por un herpesvirus que se manifiesta clínicamente de diferentes maneras, el virus se puede transmitir por contacto directo con secreciones ocular y genital, por vía respiratoria; así como también con semen fresco de toros infectados (Nuotio *et al.*, 2007).

En México, la IBR es de gran importancia pues en la mayoría de los animales la enfermedad transcurre en forma subclínica; tiene como principal característica el aborto; afectando los parámetros reproductivos y productivos de las vacas e incrementando notablemente las pérdidas económicas (Bracho *et al.*, 2006).

El fenómeno de latencia de la infección por el herpes virus bovino tipo 1 (HVB-1) es el punto más crítico en los planes de prevención, control y erradicación de la infección, ya que la biología propia del virus le permite evadir la respuesta inmune del individuo, permaneciendo durante toda la vida del animal y se puede reactivar en algunas situaciones para alcanzar nuevos hospederos (Ruiz *et al.*, 2008).

Sprabdrow, en 1968 recuperó el virus en semen de pajillas congeladas y además en centros de inseminación artificial se han realizado aislamientos de este agente de toros clínicamente sanos (Martínez *et al.*, 2008).



Por otro lado, las fallas reproductivas en bovinos debidas a IBR están en más del 50%, ya que la incidencia de la IBR representa un aspecto limitante de la eficiencia reproductiva de los hatos ganaderos (Campero, 2002).

La función de los toros seropositivos en el empadre, constituye una vía fundamental en la diseminación de la rinotraqueitis infecciosa bovina ya que mantienen el virus en forma latente (Repiso *et al.*, 2005) y la adquisición de sementales sin control zosanitario también contribuye en gran medida al estatus zosanitario del hato, ya que se transmite por vía venérea (Zavaleta *et al.*, 2016).

Debido a que los ganaderos cambian sus sementales al menos una vez cada 2 a 5 años, de los cuales el 42.86% proviene de hatos de otros municipios, el 28.57% se adquieren de ranchos de registro y el 28.57% se adquieren de hatos locales, es de importancia conocer la presencia del virus de rinotraqueitis infecciosa bovina en sementales para establecer medidas de control (Zavaleta *et al.*, 2016).

Es difícil saber el momento del contagio de los animales que provienen de otras localidades, por lo que los animales seropositivos pueden no estar contagiados al momento de su incorporación en el hato al que llegaron y posteriormente son infectados por las mismas vacas (Magaña *et al.*, 2005), por lo que es conveniente conocer el estatus sanitario del hato a través de los sementales, por lo que se debería llevar a cabo medidas preventivas en las unidades de producción de bovinos, a través de estudios de prevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina (Córdova *et al.*, 2007), mediante la implementación de un protocolo integral zosanitario que incluya la vacunación (Zavaleta *et al.*, 2016). Por lo anterior, en este trabajo se determinó en sementales la prevalencia a rinotraqueitis infecciosa bovina y su posible relación con la eliminación del virus en el eyaculado.

## **Materiales y métodos**

### **Lugar de realización del estudio**

El trabajo se realizó en ranchos de bovinos ubicados en el trópico húmedo de Puebla, Veracruz y Tabasco, como muestra representativa de los bovinos de la





región tropical. Los ranchos están ubicados en el área de influencia de los campos experimentales del INIFAP: Las Margaritas en Puebla, La Posta en Veracruz y Huimanguillo en Tabasco. En cada rancho a todos los sementales se les tomó una muestra de sangre y de semen. A las muestras de sangre se obtuvo el suero para determinar anticuerpos contra el virus de la IBR. A las muestras de semen se les determinó la presencia del virus de la IBR.

### **Captura de datos**

La captura de datos se hizo en libretas de campo y libros electrónicos para registrar la información para su conservación y su análisis.

### **Obtención y análisis de las muestras de semen**

A cada semental de cada rancho se les tomó una muestra de semen (3 mL) del eyaculado que se obtuvo por el método de electroeyaculación, estas muestras se mantuvieron en frío en una hielera con congelantes a una temperatura entre 4°C y 6°C. Al llegar al laboratorio, las muestras de semen se almacenaron en viales de 6 mL con tapón y se conservaron en congelación a -20°C hasta el momento de su análisis en laboratorio. Las muestras de semen fueron analizadas por PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para detectar antígenos del virus de la IBR.

### **Obtención y análisis de las muestras de suero sanguíneo**

A cada semental de cada rancho se les tomó una muestra de sangre para la obtención de suero. Las muestras de sangre se tomaron de la vena coccígea y se conservaron en frío en una hielera con congelantes de 4°C a 6°C hasta llegar al laboratorio, donde fueron centrifugadas a 4000 rpm en 10 min y obtener el suero (3 mL) que se conservó en viales de 6 mL con tapón en congelación a -20°C hasta el momento de su análisis en laboratorio. Las muestras de suero fueron analizadas por la técnica de ELISA para detectar anticuerpos contra el virus de la IBR.



## Análisis estadístico

Las prevalencias de anticuerpos en sangre para rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) se consideraron como características binarias (0, 1), por lo que se registraron como 1 cuando el semental resultó seropositivo a la prueba de ELISA; en caso contrario, se registraron como 0. EL modelo estadístico para analizar las prevalencias de anticuerpos en sangre, incluyó los factores de riesgo estado, rancho anidado en estado y genotipo del semental. Los análisis de regresión logística se realizaron por característica, con el procedimiento GENMOD del paquete computacional SAS, asumiendo una función liga logit para la distribución binomial. El criterio de convergencia aplicado durante el análisis estadístico fue 10-8.

El grado de asociación entre la presencia de anticuerpos en sangre y de antígenos en semen, para rinotraqueitis infecciosa bovina, fue determinado con el coeficiente de correlación de Pearson. En el caso de variables binarias, dicho coeficiente es equivalente al coeficiente phi, también llamado coeficiente de correlación de Mathews, el cual se calcula para tablas de contingencia 2 x 2. Los coeficientes de correlación de Pearson, así como la significancia estadística de los mismos para determinar si eran diferentes de cero, se calcularon utilizando el procedimiento CORR (PROC CORR) del paquete SAS.

## Resultados y discusión

Los factores de riesgo para estado, rancho anidado en estado y genotipo del toro no afectaron las prevalencias de anticuerpos en suero para rinotraqueitis infecciosa bovina ( $P > 0.05$ ; Cuadro 1).

**Cuadro 1. Significancia estadística de los factores de riesgo incluidos en el modelo para analizar rinotraqueitis infecciosa bovina.**

Factor de riesgo	Grados de libertad	Chi-cuadrada	Significancia
Estado	2	1.80	0.4064
Rancho (Estado)	12	8.17	0.6124
Genotipo	2	3.18	0.2038



En el Cuadro 2, se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero de rinotraqueitis infecciosa bovina, por estado de la república. Las prevalencias fueron:  $0.83 \pm 0.07$ ,  $0.66 \pm 0.18$ , y  $0.70 \pm 0.10$  para los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente, sin ser diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por estado.**

Estado	No. de toros	Media $\pm$ error estándar	IC 95%
Puebla	34	$0.83 \pm 0.07^a$	0.63 - 0.93
Tabasco	11	$0.66 \pm 0.18^a$	0.29 - 0.90
Veracruz	29	$0.70 \pm 0.10^a$	0.47 - 0.86

<sup>a</sup>Las medias no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero de rinotraqueitis infecciosa bovina, por rancho, se presentan en el Cuadro 3. El intervalo de prevalencias fue de 0.28 (Rancho 3) a 0.90 (Ranchos 4, 5 y 7); con prevalencias intermedias de 0.46 (Rancho 8) y 0.58 (Rancho 9). Las prevalencias por rancho no fueron diferentes estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por rancho.**

Rancho	No. de toros	Media $\pm$ error estándar	IC 95%
1 <sup>b</sup>	2	$0.71 \pm 0.31^a$	0.11 - 0.98
2 <sup>b</sup>	6	$0.88 \pm 0.12^a$	0.43 - 0.99
3 <sup>b</sup>	3	$0.28 \pm 0.27^a$	0.03 - 0.84
4 <sup>c</sup>	6	$0.90 \pm 0.11^a$	0.47 - 0.99
5 <sup>c</sup>	6	$0.90 \pm 0.11^a$	0.47 - 0.99
6 <sup>c</sup>	7	$0.82 \pm 0.18^a$	0.30 - 0.98
7 <sup>c</sup>	7	$0.90 \pm 0.10^a$	0.48 - 0.99
8 <sup>c</sup>	8	$0.46 \pm 0.20^a$	0.15 - 0.80
9 <sup>d</sup>	12	$0.58 \pm 0.17^a$	0.27 - 0.84
10 <sup>d</sup>	4	$0.72 \pm 0.25^a$	0.18 - 0.97
11 <sup>d</sup>	3	$0.76 \pm 0.24^a$	0.19 - 0.98
12 <sup>d</sup>	3	$0.58 \pm 0.31^a$	0.10 - 0.94
13 <sup>d</sup>	7	$0.81 \pm 0.14^a$	0.40 - 0.97

<sup>a</sup>Las medias no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

<sup>b,c,d</sup>Ranchos del estado de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente.



En el Cuadro 4, se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero de rinotraqueitis infecciosa bovina, por genotipo del toro. Las prevalencias fueron:  $0.79 \pm 0.10$ ,  $0.54 \pm 0.13$  y  $0.84 \pm 0.12$  para los genotipos cebú, cruza y europeo, respectivamente y no fueron diferentes estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por genotipo.**

Genotipo	No de toros	Media $\pm$ error estándar	IC 95%
Cebú	33	$0.79 \pm 0.10^a$	0.52 - 0.92
Cruza	29	$0.54 \pm 0.13^a$	0.30 - 0.76
Europeo	12	$0.84 \pm 0.12^a$	0.46 - 0.97

<sup>a</sup>Las medias no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

En el Cuadro 5, se muestra el coeficiente de correlación de Pearson y su significancia estadística para anticuerpos en suero y antígenos en semen para la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBRac-IBRag). Los resultados indican que no hubo correlación entre positividad a anticuerpos en suero con la positividad a antígenos en semen (coeficiente de correlación 0.07 y significancia  $P > 0.05$ ).

**Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Pearson y su significancia estadística para anticuerpos en suero y antígenos en semen para rinotraqueitis infecciosa bovina (IBRac-IBRag).**

	IBRac-IBRag
Coeficiente	0.07
Significancia	$P > 0.05$

Finalmente, en el Cuadro 6, se muestra el promedio de la prevalencia a antígenos en semen de sementales evaluados en Puebla, Tabasco y Veracruz, siendo de 0.70 para Puebla, de 0.35 para Tabasco y 0.54 para Veracruz; sin embargo, las cuales son considerablemente altas para no existir correlación entre positividad a anticuerpos en suero con la positividad a antígenos en semen para la IBR (coeficiente de correlación 0.07 y significancia  $P > 0.05$ ).





**Cuadro 6. Promedio de la prevalencia de antígenos en semen de sementales evaluados en Puebla, Tabasco y Veracruz**

Estado	No. de toros	Prevalencia de antígenos en semen
Puebla	34	0.70
Tabasco	11	0.35
Veracruz	29	0.54
Total	74	0.58

Algunos autores mencionan que los sementales infectados son un factor de transmisión del herpes virus bovino, ya que se puede transmitir por vía venérea (Ruiz-Sáenz *et al.*, 2010); por lo tanto, a través de los apareamientos la enfermedad puede reactivarse especialmente en toros, por lo que la adquisición de sementales sin control sanitario contribuye a empeorar la situación de la IBR en los hatos. Un estudio realizado en la Sierra Oriente de Puebla mostró que la fertilidad de los sementales no se afectó por la IBR, esto demuestra que los sementales infectados son portadores sanos de la IBR por estar latentemente infectados (Soto *et al.*, 2014). En otro estudio, en el municipio de Tonalá Chiapas México, se documentó una seroprevalencia en machos bovinos de 69.5%, indicándose que el 50% de los seropositivos provenían de fuera del municipio de Tonalá (De los Santos *et al.*, 2013), esto demuestra que la prevalencia en machos es alta al igual que en hembras de 76.32%, como la de los resultados del estudio realizado por unos autores en el centro de Veracruz (Zavaleta *et al.*, 2016).

La importancia de detectar la enfermedad en los sementales a través de pruebas serológicas, permite hacer inferencia de que los sementales también están eliminado el virus en el semen, como es el caso de un estudio en Uruguay que demostró que un toro infectado a IBR comprobado por pruebas serológicas y que después de ser inmunodeprimido con corticosteroides, el virus se recuperó del fluido seminal y prepucial (Alonzo *et al.*, 2011); por lo que los virus en los sementales pueden causar infecciones latentes en los ganglios trigeminales y paravertebrales, desde donde se reactivan pudiendo producirse la propagación viral y provocar la contaminación del semen (Oliveira *et al.*, 2011). El HVB-1 es el patógeno viral más



frecuente en el semen de los toros, encontrándose el virus adosado en el capuchón cefálico del espermatozoide (Peña *et al.*, 2011).

En consecuencia, estos resultados sugieren realizar pruebas a los sementales de cada rancho, así como a los lotes de semen para detectar la presencia de los diferentes tipos y subtipos de virus de la IBR (Morán *et al.*, 2013) y tomar las medidas precautorias convenientes. El aislamiento viral ha sido considerado clásicamente como la prueba de oro para la detección del HVB-1, pero la muestra de semen presenta algunos factores particularmente citotóxicos que impiden en muchas ocasiones verificar la presencia del agente. La prueba de PCR para la detección del HVB-1 podría tener un mayor impacto en el control de calidad de programas de reproducción mediante monta natural o con la utilización de semen congelación para la inseminación artificial y también el uso de este semen para la producción de embriones para su transferencia (Rodas *et al.*, 1996).

Existen pocos trabajos que mencionan la presencia del virus de la IBR en sementales y por supuesto su eliminación en el semen y esto probablemente es debido a que como no se afecta su fertilidad (Soto *et al.*, 2014) no se le da la importancia necesaria; sin embargo, en hembras si se ha dado la importancia necesaria por los problemas que afectan la reproducción como son infecciones en el tracto genital como la vulvovaginitis pustular infecciosa, metritis (Betancur *et al.*, 2006), mastitis, abortos, repetición de servicios, infección fetal y anestro (Elhassan, 2009; Gür y Doğan, 2010), pero no se debe descuidar esta enfermedad por el impacto negativo que causa en los hatos a pesar de que existen múltiples agentes vacúnales contra este virus (Ruiz-Saenz *et al.*, 2009), pues es uno de los mayores generadores de pérdidas económicas en la producción ganadera tanto de carne como de leche y se debe considerar que los bovinos asintomáticos constituyen el reservorio más importante, porque pueden excretar el virus de forma intermitente y transmitirlo a bovinos sanos (Pérez *et al.*, 2005).



## Conclusiones

1. La prevalencia promedio de anticuerpos contra IBR en los sementales por estado de la república fue de 73% por lo que los sementales se consideran factores de riesgo.
2. Los resultados no mostraron correlación de anticuerpos en suero con los antígenos en semen de los sementales; sin embargo, dada la prevalencia promedio de antígenos en semen de 58% por estado de la república, con la prevalencia promedio de anticuerpos en suero de 73% se deben establecer medidas de control y vacunación.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Golfo Centro por el apoyo financiero y científico para la realización de este trabajo en las instalaciones del Campo Experimental Las Margaritas.

## Literatura citada

- Alonzo, P., R. Puentes, U. Benavides, A. Esteves P, D. Silva A, M. Roehe P y J. Maisonnave. 2011. Infección natural de un toro con dos subtipos diferentes de Herpesvirus bovino tipo 1. *Veterinaria (Montevideo)*, Uruguay 48(184):5-10.
- Betancur, H. C., M. Gonzales T. y L. Reza G. 2006. Seroepidemiología de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina en el Municipio de Montería, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 11(2):830-836.
- Bracho, C. A., C. J. Jaramillo A., J. J. Martínez M., A. Montañón H. J. y A. Olguín B. 2006. Comparación de tres pruebas diagnósticas para el aborto por rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros. *Veterinaria México* 37: 151-163.



- Campero, M. C. 2002. Pérdidas ocasionadas por las enfermedades venéreas de los bovinos. *Revista Idia*. Buenos Aires. Argentina 21(2):127-131.
- Córdova, I. A., C. A. Córdova J., M. S. Córdova J., J. A. Saltijeral O, C. G. Ruiz L., V. M. Xolalpa C., S. Cortes S. y J. E. Guerra L. 2007. Seroprevalencia de enfermedades causantes de aborto bovino en el trópico húmedo mexicano. *Revista Veterinaria* 18:2 139-142.
- De los Santos M. C., A. Orantes M., B. Sánchez, A. Manzur, L. Cruz J., L. Ruiz J. y R. Purroy R. 2013. Determinación de anticuerpos de IBR mediante la técnica de ELISA en la zona Paredón- Boca del Cielo, Tonalá, Chiapas. *Que hacer Científico en Chiapas* 8(1):31-34.
- Elhassan, A. M., M. A. Fadol. and A. M. El-Husseini. 2009. Seroprevalence of bovine herpes virus-1. Bovine herpes virus-4 and bovine viral diarrhoea virus in dairy cattle in Sudan. *Pakistan Veterinary Journal* 31(4):317-320.
- Gür, S. and N. Doğan. 2010. The possible role of bovine herpes virus type-4 infection in cow infertility. *Animal Science Journal* 81(3):304-308.  
[http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahc/current/chapitre\\_ibr\\_ipv.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_ibr_ipv.pdf). [Consultado el 20 de marzo de 2019].
- Magaña, A. U.; J. L. Solorio R. y J. Segura C. C. 2005. Rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros de la región Cotzaco-Téjaro, Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México* 43(1): 27-37.
- Martínez, C. P. J. e I. M. Riveira S. 2008. Antecedentes, generalidades y actualización en aspectos de patogénesis, diagnóstico y control de la diarrea viral bovina (DVB) y rinotraqueitis infecciosa bovina. Tesis Licenciatura en Microbiología Agrícola y Veterinaria. Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá D.C. Colombia. 92 p.
- Morán, P. E., A. Favier P., M. Lomónaco, C. Catena M., L. Chiapparrone M., C. Odeón A., E. Verna A. y E. Pérez S. 2013. Search for the genome of bovine herpesvirus types 1, 4 and 5 in bovine semen. *Open Veterinary Journal* 3(2):126-130.
- Nuotio, L., E. Neuvonen y M. Hyytiäinen. 2007. Epidemiology and eradication of infectious bovine rhinotracheitis/infectious pustular vulvovaginitis (IBR/IPV) virus in Finland. *Acta Veterinaria Scandinavica* 49 (3): 1-6.
- Oliveira, M. T., S. Campos F., M. Dias M., A. Velho F., E. Freneau G., M.E. D. Brito W., A. M. Rijsewijk F., C. Franco A. y M. Roehe, P. 2011. Detection of bovine herpesvirus 1 and 5 in semen from Brazilian bulls. *Theriogenology* 75:1139-1145.





- Peña, M. A., A. Góngora y C. Jiménez. 2011. Infectious agents affecting fertility of bulls, and transmission risk through semen. Retrospective analysis of their sanitary status in Colombia. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 24:634-646.
- Pérez, S., M. Inman, A. Doster and C. Jones. 2005. Latency-related gene encoded by bovine herpesvirus 1 promotes virus growth and reactivation from latency in tonsils of infected calves. *Journal of Clinical Microbiology* 43:393-401
- Repiso, M. V., A. Gi, P. Bañales, N. D'Anatro, L. Fernández, H. Guarino, B. Herrera, A. Nuñez, M. Olivera, T. Osawa y M. Silva. 2005. Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. *Sitio Argentino de Producción Animal* 40 (157): 5-28.
- Rodas, J. D., N. Zuluaga F. y E. Ossa J. 1996. Estandarización de una técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la detección del herpesvirus bovino-1(HVB-1) en semen. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 9(2):44-52.
- Ruiz, J., J. Jaime y V. Vera. 2008. Latencia del herpesvirus bovino-1: El papel de los transcritos relacionados con latencia (RL). *Acta Biológica Colombiana* 13: 3-22.
- Ruiz-Sáenz J., J. Jaime y V. Vera. 2010. Prevalencia serológica y aislamiento del Herpesvirus Bovino-1 (BHV-1) en hatos ganaderos de Antioquia y del valle del Cauca. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:299-307.
- Ruíz-Saenz, J., J. Jaime y V. Vera. 2009. Vacunas contra el herpesvirus bovino-1: una mirada desde el pasado hacia el futuro de la inmunización. *Acta Biológica Colombiana* 14(2):3-20.
- Soto, J. R. 2014. Prevalencia de anticuerpos a IBR, BVD, Leptospirosis y Neosporosis y su relación con la fertilidad en sementales bovinos productores de carne del subtrópico húmedo de Puebla. Tesis de Licenciatura. Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco, Puebla, México. 90 p.
- Zavaleta, A. J.; A. Ríos U.; J. V. Rosete F.; A. García C. y J. P. Zárate M. 2016. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. *Nova Scientia. Revista electrónica* 6 vol. 8(1): 213-227.



## RESPUESTA PRODUCTIVA DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS FORRAJERAS EN TRES ÉPOCAS DEL AÑO EN YUCATÁN

Javier E. Castillo Huchim<sup>136\*</sup>, María A. López Herrera<sup>136</sup>, Rosendo A. Alcaraz Romero<sup>136</sup>,  
Gonzalo J. Coronado Martín<sup>137</sup> y Alejandro Durán Celmo<sup>136</sup>

### Resumen

El objetivo fue evaluar la respuesta productiva de leguminosas y arbustivas forrajeras en tres épocas del año (lluvias, nortes y seca) en el oriente del Estado de Yucatán. Las especies de leguminosas y arbustivas evaluadas fueron: T1) *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae); T2) *Acalypha villosa* (Euphorbiaceae); T3) *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (Leguminosae); T4) *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt (nativa) (Leguminosae); T5) *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Leguminosae); T6) *Guazuma ulmifolia* Lam. (Esterculiaceae) y T7) *Leucaena leucocephala* (peruana) (leguminosae). Se evaluaron en tres épocas en 2018; seca (14 de febrero al 12 de junio), lluvia (12 de junio a 23 de octubre) y nortes (23 de octubre al 6 de febrero de 2019). Se establecieron de septiembre a febrero de 2016, con corte de homogenización el 14 de febrero de 2018. Los árboles se podaron a una altura de 50 cm sobre el nivel del suelo. Las parcelas fueron de 8 m<sup>2</sup>; se dejó una área útil al centro de 1.2 m<sup>2</sup>. La altura se tomó a partir de la base del suelo hasta el ápice de la rama más alta del tallo principal. Se utilizó un diseño de bloques al azar con mediciones repetidas como épocas del año. Los datos se analizaron con Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (P<0.05). Las variables fueron: altura de planta (cm), materia seca (%), hoja (%), tallo (%) y rendimiento de forraje comestible (MS, kg/ha). Destacan con mayor rendimiento de MS (4,785 kg/ha) las leguminosas *Leucaena leucocephala* (nativa), *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*, con incremento de forraje de 106% respecto a las demás especies leguminosas y

<sup>136</sup> Campo Experimental Mocochoá-INIFAP, [castillo.javier@inifap.gob.mx](mailto:castillo.javier@inifap.gob.mx)

<sup>137</sup> Instituto Tecnológico de Tizimín.



arbustivas evaluadas, con MS de 2,319 kg/ha. Las leguminosas *Leucaena leucocephala* (nativa), *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* en las épocas de lluvias y seca presentan características sobresalientes de productividad, para contribuir en la alimentación de los animales en pastoreo en monocultivo, así como en la participación en sistemas silvopastoriles en la zona oriente del Estado de Yucatán.

**Palabras clave:** especies, rendimiento, *Leucaena*, *Gliricidia*

## Introducción

Los recursos genéticos nativos forrajeros (RGF) constituyen una importante fuente de diversificación para la generación de nuevas opciones forrajeras. Sin embargo, las plantas forrajeras nativas que históricamente han sido consumidas por el ganado en pastoreo se están perdiendo de manera paulatina, debido al desconocimiento de su presencia, así como a la falta de propuestas integrales para su conocimiento y manejo sustentable en los ecosistemas naturales (Gold *et al.*, 2004). Así mismo, los ecosistemas naturales en México sufren una continua degradación a consecuencia de una intensa intervención del hombre, acelerada en los últimos años por el avance de la agricultura en tierras dedicadas a la ganadería, acelerando los procesos de erosión del suelo, la pérdida de especies vegetales autóctonas y finalmente la desertificación de tierras en las diferentes regiones fisiográficas (Villanueva *et al.*, 2010).

En el estado de Yucatán existen alrededor de 500 mil hectáreas de praderas introducidas; de ellas depende la mayoría de la alimentación de la ganadería a nivel regional, ya que son la fuente alimenticia más económica tanto para ganado doméstico como para la fauna silvestre. Sin embargo, la mayoría de las praderas en el estado están compuestas básicamente por Guinea o Estrella de África y en menor escala por Insurgente o Llanero. Además, el uso de otras especies forrajeras nativas (i.e., leguminosas, arbustivas y herbáceas) por los ganaderos para alimentar el



ganado es incipiente, en parte debido al desconocimiento de esos forrajes y/o manejo agronómico en los sistemas silvopastoriles. Aun cuando se sabe que las leguminosas han sido tradicionalmente usadas para forraje, fijar nitrógeno, controlar la erosión, agroforestería y abonos verdes, también contienen sustancias importantes como taninos y resinas que son utilizadas para colorantes, perfumes, insecticidas y biocombustibles.

Los recursos forrajeros nativos presentes en los ecosistemas naturales se han estado perdiendo, principalmente por un manejo inadecuado, introducción de especies exóticas y la ausencia de propuestas integrales de investigación y manejo que eviten o disminuyan la erosión genética de que están siendo objeto y, que a la vez, contribuyan al rescate, conservación y mejoramiento de estos importantes recursos forrajeros nativos (Villanueva *et al.*, 2010). Por lo anterior, es importante enfocar esfuerzos y recursos para implementar programas dirigidos a la recuperación y utilización de vegetación nativa de forrajes en el Estado de Yucatán. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva de especies forrajeras de leguminosas y arbustivas en tres épocas del año (lluvias, nortes y seca) en el oriente del Estado de Yucatán.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Tizimín (INIFAP), con clima tropical Aw0 y precipitación y temperatura media anual de 1200 mm y 25.6°C, respectivamente. Las especies de leguminosas y arbustivas evaluadas fueron: T1) *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae); T2) *Acalypha villosa* (Euphorbiaceae); T3) *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (Leguminosae); T4) *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt (nativa) (Leguminosae); T5) *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Leguminosae); T6) *Guazuma ulmifolia* Lam. (Esterculiaceae) y T7) *Leucaena leucocephala* (peruana) (leguminosae). Se evaluaron en tres épocas en 2018; seca (14 de febrero al 12 de junio), lluvia (12 de junio a 23 de octubre) y nortes (23 de octubre al 6 de febrero de 2019). Se establecieron de septiembre a febrero de 2016, con corte de





homogenización el 14 de febrero de 2018. Los árboles se podaron a una altura de 50 cm sobre el nivel del suelo. Las parcelas fueron de 8 m<sup>2</sup>; se dejó una área útil al centro de 1.2 m<sup>2</sup>. La altura se tomó a partir de la base del suelo hasta el ápice de la rama más alta del tallo principal. Se utilizó un diseño de bloques al azar con mediciones repetidas como épocas del año, contando con tres repeticiones. Los datos fueron analizados mediante un Análisis de Varianza con el paquete estadístico SAS (2009), aplicando la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ). Las variables de respuesta fueron: altura promedio de planta (cm), materia seca (%), hoja (%), tallo (%) y rendimiento de materia seca comestible (MS, kg/ha).

## Resultados y discusión

La respuesta productiva de las diferentes especies forrajeras por efecto de las épocas del año se presenta en los Cuadros 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Los resultados indican que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre especies (Cuadro 1) y épocas (Cuadro 2) para la variable materia seca (MS) de forraje comestible (kg/ha), así como efecto de interacción entre especies y épocas (Cuadros 3, 4, 5 y 6) para altura, porcentaje de MS, porcentaje de hoja y porcentaje de tallo.

En la comparación entre especies forrajeras (Cuadro 1), *Leucaena leucocephala* (nativa), *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* presentaron los mayores rendimientos de MS comestible (4,785 kg/ha en promedio), seguidas por *Leucaena leucocephala* (peruana) con 3,743 kg/ha; las arbustivas con menor rendimiento fueron *Manihot esculenta*, *Piscidia piscipula* y *Acalypha villosa* (2,319 kg/ha en promedio). Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Petit *et al.* (2010) en la zona norte-centro del Estado de Yucatán para *Guazuma ulmifolia* (4,575 kg/ha), no así para *Leucaena leucocephala* que produjo 3,029 kg/ha, resultado inferior a lo encontrado en el presente estudio.



**Cuadro 1. Efecto de diferentes especies forrajeras arbustivas en tres épocas del año sobre la producción de forraje comestible en Tizimín, Yucatán, México.**

Especie forrajera	N	Forraje comestible (MS, kg/ha)
<i>Manihot esculenta</i>	9	2,484 ± 2,457 <sup>b</sup>
<i>Acalypha villosa</i>	9	2,202 ± 1,562 <sup>b</sup>
<i>Piscidia piscipula</i>	9	2,270 ± 1,453 <sup>b</sup>
<i>Leucaena leucocephala (nativa)</i>	9	5,599 ± 3,578 <sup>a</sup>
<i>Gliricidia sepium</i>	7	4,252 ± 2,381 <sup>a</sup>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	4,504 ± 2,862 <sup>a</sup>
<i>Leucaena leucocephala (peruana)</i>	9	3,743 ± 1,029 <sup>ab</sup>

Media ± desviación estándar

Con respecto a los efectos por influencia de época del año sobre la respuesta productiva (Cuadro 2), se destaca un incremento en la época de lluvias para MS de forraje comestible con 5,521 kg/ha, mientras que en las épocas de nortes y seca los rendimientos fueron 3,254 y 1,992 kg/ha. Similar comportamiento reportaron Petit *et al.* (2010) para las épocas de lluvias (2,699 y 1,876 kg/ha) y seca (1,560 y 1,469 kg/ha) para *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala*, pero con rendimientos inferiores a los del presente estudio.

**Cuadro 2. Efecto de época del año de diferentes especies forrajeras arbustivas sobre la producción de forraje seco comestible en Tizimín, Yucatán, México.**

Época del año	N	Forraje comestible (MS, kg ha <sup>-1</sup> )
Lluvias	21	5,521 ± 2,696 <sup>a</sup>
Nortes	20	1,962 ± 1,410 <sup>c</sup>
Seca	20	3,254 ± 2,399 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar

Respecto al efecto de la interacción especie forrajera x época del año (Cuadro 3) sobresalen las mayores alturas en época de lluvias con valor promedio de 176.8 cm para *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* (peruana y nativa) y *Manihot esculenta*, continúan de mayor a menor las arbustivas *Acalypha villosa* y *Gliricidia sepium*, con promedio de 110.9 cm, y la de menor altura *Piscidia piscipula*, con 82.3 cm. Los valores encontrados en el presente estudio son superiores a los reportados por Petit *et al.* (2010) para *Guazuma ulmifolia* (140.0 cm) y *Leucaena leucocephala* (120.0 cm) para la época de lluvias.



En la época de nortes, la mayor altura fue para las especies *Leucaena leucocephala* (peruana y nativa) y *Guazuma ulmifolia* con valores promedio de 121.5 cm, seguidas por *Manihot esculenta* y *Acalypha villosa* con valores de 170.2 cm; las de menor altura fueron *Piscidia piscipula* y *Gliricidia sepium* con 64.6 cm.

Para la época seca, las mayores alturas se encontraron en las leguminosas *Leucaena leucocephala* (peruana y nativa) y la arbustiva *Guazuma ulmifolia* con 130.6 cm en promedio y la menor altura la presentó *Piscidia piscipula*, al igual que en las épocas de lluvias y nortes con 68.3 cm (Cuadro 3), valores superiores a los reportados por Petit et al. (2010) para *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* con 120.0 cm para la época seca.

**Cuadro 3. Efecto de la interacción de la especie forrajera x épocas del año sobre la altura en Tizimín, Yucatán, México.**

Especie forrajera	Altura por época (cm)		
	Lluvias	Nortes	Seca
<i>Manihot esculenta</i>	172.90 ± 21.4	70.03 ± 3.1	85.70 ± 7.6
<i>Acalypha villosa</i>	113.13 ± 15.4	70.33 ± 3.3	78.40 ± 5.4
<i>Piscida piscipula</i>	82.27 ± 8.5	64.40 ± 7.5	68.33 ± 6.8
<i>Leucaena leucocephala (nativa)</i>	178.00 ± 24.9	123.00 ± 20.4	130.83 ± 34.1
<i>Gliricidia sepium</i>	108.57 ± 8.8	64.76 ± 1.5	76.36 ± 0.6
<i>Guazuma ulmifolia</i>	185.57 ± 8.9	107.70 ± 8.9	130.57 ± 5.9
<i>Leucaena leucocephala (peruana)</i>	170.67 ± 28.1	133.90 ± 12.2	130.40 ± 3.7

Media ± desviación estándar

En relación con el efecto de la interacción especie x época para porcentaje de hoja (Cuadro 4), en la época de lluvias las arbustivas *Gliricidia sepium*, *Piscida piscipula* y *Guazuma ulmifolia* tuvieron un porcentaje de hoja promedio de 55.2%; continúa de mayor a menor *Acalypha villosa* (48.6%) y *Leucaena leucocephala* peruana (43.9%); los menores valores los presentaron *Leucaena leucocephala* nativa y *Manihot esculenta* con 31.2 y 26.9%, respectivamente. Similares porcentajes reportaron Castillo et al. (2013) para las mismas especies, con un promedio de 49.3% para la época de lluvias.

En la época de nortes, los mayores valores fueron para *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* con 71.4% en promedio; las arbustivas restantes, presentaron 55.9% de hoja. Los valores de este trabajo son superiores a los reportados por Castillo et al. (2010),



quiénes reportaron un 65.9%. En la época seca sobresalieron *Piscida piscipula*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* con 64.6%; el menor valor fue para *Leucaena leucocephala* peruana con 48.6%.

**Cuadro 4. Efecto de la interacción especie forrajera x época del año sobre el porcentaje de hoja en Tizimín, Yucatán, México.**

Especie forrajera	Hoja por época (%)		
	Lluvias	Nortes	Seca
<i>Manihot esculenta</i>	26.9 ± 3.2	58.3 ± 2.5	52.3 ± 5.5
<i>Acalypha villosa</i>	48.6 ± 5.5	54.4 ± 4.5	56.5 ± 2.6
<i>Piscida piscipula</i>	56.1 ± 1.0	59.1 ± 6.8	70.8 ± 5.0
<i>Leucaena leucocephala</i> (nativa)	31.2 ± 4.5	55.3 ± 0.4	60.0 ± 13.8
<i>Gliricidia sepium</i>	58.2 ± 3.9	72.8 ± 6.9	64.5 ± 2.9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	51.4 ± 3.3	69.9 ± 5.0	63.1 ± 4.0
<i>Leucaena leucocephala</i> (peruana)	43.9 ± 7.8	52.5 ± 2.3	48.6 ± 10.6

Media ± desviación estándar.

Los porcentajes de hoja encontrados en el presente estudio fueron superiores a los reportados por Castillo *et al.* (2013) para la época seca con 53.7% para las mismas especies forrajeras. Los porcentajes de hoja encontrados para *Gliricidia sepium* en las épocas de seca (64.5%) y nortes (72.8%), están en el rango reportado por Ramos *et al.* (2015), quiénes evaluaron frecuencias de corte de 45, 60 y 75 días en *Gliricidia sepium* con valores de hoja de 69.4, 66.4 y 68.7%, respectivamente.

## Conclusiones

1. Las leguminosas *Leucaena leucocephala* (nativa), *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* presentaron características sobresalientes de productividad en las épocas de lluvias y seca, por lo que representan una buena alternativa para la alimentación de los animales en pastoreo en monocultivo, así como en la participación en sistemas silvopastoriles en la zona Oriente del Estado de Yucatán.





## Literatura citada

- Castillo, H. J., P. F. Rivas y R. L. Ortega. 2013. Características productivas de leguminosas y arbustivas forrajeras tropicales en las épocas de lluvias, nortes y secas en Yucatán. Pp. 224-228. *In*: Memorias del VIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales SOMMAP. Zacatecas, Zac., México.
- Gold, K., L. P. León y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación y restauración ecológica de Investigación Agropecuaria Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110. 62 p.
- Petit, A. J., L. F. Casanova y S. F. Solorio. 2010. Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje. *Revista Forestal Venezolana* 54(2):161-167.
- Ramos, T. O., S. J. Canul y V. J. Kú. 2015. Efecto de altura y frecuencia de corte sobre la producción forrajera de *Gliricidia* en Yucatán. pp. 18-22. *In*: Memorias del II Congreso Mundial de Ganadería Tropical. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- SAS. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Villanueva, A. J., C. F. Herrera y J. R. Plascencia. 2010. Leguminosas forrajeras: un recurso sustentable para el trópico mexicano. Folleto Técnico No. 14. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.



## EFFECTO DE ÉPOCA DE NACIMIENTO Y SEXO EN BECERROS BEEFMASTER DEL SUR DE VERACRUZ

Maximino Zito Romero Figueroa<sup>138\*</sup>, José Antonio Fernández Figueroa<sup>138</sup>, Pablo Tadeo Cruz<sup>138</sup> y Nayib Bechara Acar Martínez<sup>138</sup>

### Resumen

Con el objetivo de estudiar el efecto de la época de nacimiento y del sexo en el crecimiento de becerros Beefmaster nacidos en enero-febrero y junio-julio del 2017, se realizó el presente trabajo en la comunidad de Agua Fría, Municipio de Chinameca, Ver, con clima cálido húmedo (AW<sub>2</sub>). Se analizó la información de 51 becerros nacidos en dos épocas de partos: 14 machos (MEF) y 15 hembras (HEF) en enero-febrero; 10 machos (MJJ) y 12 hembras (HJJ) en junio-julio. Al nacer, las crías se identificaron con tatuaje y se registró la fecha de nacimiento, su peso, su sexo y la identificación de sus padres. Las crías permanecieron con su madre hasta los 4-5 meses de edad, momento en que se destetaron; MEF y HEF en junio y MJJ y HJJ en noviembre. A partir del destete, se mantuvieron en potreros de *Brachiaria brizantha* con acceso a concentrado (20% PC) y se pesaron cada mes. Las variables analizadas fueron: peso al nacimiento (PN; kg), peso a 150 días (P150; kg), peso a 210 días (P210; kg) y ganancia diaria de peso a 210 días (GDP210; kg). Se realizó ANDEVA considerando época y sexo; la prueba de Tukey se utilizó para diferenciar medias. Los resultados indican que hubo efecto de época sobre P210 (MEF 202<sup>a</sup>, HEF 199<sup>ab</sup>, MJJ 171<sup>ab</sup>, HJJ 167<sup>b</sup>) y GDP210 (MEF 0.800<sup>a</sup>, HEF 0.800<sup>a</sup>, MJJ 0.670<sup>ab</sup>, HJJ 0.650<sup>b</sup>). No se encontró efecto de sexo ni de la interacción época x sexo en el peso de los becerros.

**Palabras clave:** destete precoz, peso a 210 días, ganancia diaria de peso

<sup>138</sup> FISPA-UV \*romero.maximino@yahoo.com.mx



## Introducción

En México, el sistema producto Bovinos Carne comprende 1 millón de unidades de producción pecuaria (UPP), aporta el 26% del valor de dicha producción, genera 250,000 empleos remunerados, es el principal generador de divisas del subsector y ocupa más del 50% del territorio nacional (SAGARPA, 2013). México ocupa el sexto lugar en producción de carne de res en el mundo; el estado de Veracruz ocupa el primer lugar en producción de carne de bovino en el país, donde se supone que la mayor proporción proviene de toretes de doble propósito, el resto de animales se originan en los hatos vaca-cría (SAGARPA, 2013). En Veracruz, la ganadería bovina se desarrolla en aproximadamente 116 mil UPP distribuidas en todo el estado. Los hatos productores de becerros se manejan de forma extensiva bajo condiciones de pastoreo, con animales cruzados de razas Cebú con razas europeas. Predominan los cruzamientos de Suizo Pardo con Cebú y en menor escala cruza con Simmental, Simbrah, Holstein y Beefmaster. Estos sistemas de doble propósito proveen la mayor cantidad de becerros para la producción de carne en el Estado; los becerros se desarrollan en pastoreo de forrajes tropicales (Román *et al.*, 2012). Sin embargo, la producción de forrajes tropicales se ve afectada en cantidad y calidad por diversos factores, entre los que destaca el clima, y dentro de este, la precipitación que influye en la cantidad total y su distribución, determinando la estacionalidad de la producción de forrajes, abundancia en la época de lluvias y escasez en la época seca (Enríquez *et al.*, 1999). Aunque existen algunas variaciones entre especies, más del 70% de la producción forrajera se presenta en la época de lluvias; el resto se distribuye en la época de secas y nortes. La interacción entre la composición química (fracciones proteína, FDN, FDA, etc.) de los pastos tropicales y las épocas en el trópico veracruzano ha sido ampliamente documentada por López (1999) y Juárez *et al.* (2004), incluidos los *Brachiaria*: Chetumal, Insurgente y Mulato. En los sistemas de cría o vaca-becerro se estima el peso promedio al destete entre 150 y 175 kg y sólo un estrato muy pequeño de la población con pesos promedio al destete superiores a los 200 kg. Se ha demostrado que algunas prácticas pueden incrementar la eficiencia de estos sistemas, como la utilización de razas cárnicas,



temporadas cortas de empadre, destete precoz y Creep Feeding. En un estudio realizado en Carbó, Sonora, con la raza Charolais, el peso de las crías a los 4 meses fluctuó de 133.41 a 141.87 kg; sin embargo, el peso de las crías a los 7 meses fue de 252.6, 232.9 y 179.6 kg para los tratamientos destete precoz, Creep Feeding y testigo, respectivamente (Ibarra *et al.*, 2011). En el caso de la raza Beefmaster es escasa la información generada en el trópico húmedo. Pruebas de desempeño en Colombia indican un rango de 30-35 kg (33 kg promedio) para pesos al nacimiento, 172 kg para peso a los 7 meses, y 0.660 kg de ganancia diaria de peso, para ambos sexos (Camargo, 2019). Las funciones de producción son herramientas matemáticas que permiten a los administradores tomar decisiones para mejorar la eficiencia de las empresas, en especial cuando las condiciones del mercado son cambiantes; representan la máxima cantidad que se puede producir de un bien con unos recursos dados; por lo tanto, es una aplicación que a un vector de recursos le hace corresponder una escala que representa la cantidad producida (Montilla, 2007). Con el objetivo de generar información sobre el efecto de la época de nacimiento y el sexo en el crecimiento de becerros Beefmaster nacidos en enero-febrero y junio-julio se realizó el presente trabajo.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en un rancho productor de bovinos Beefmaster, ubicado en la comunidad de Agua Fría, Municipio de Chinameca, Ver. El clima es cálido húmedo con temperatura promedio de 27°C; humedad relativa promedio de 80% y precipitación pluvial media anual de 1650 mm. Se analizó la información de 51 becerros Beefmaster nacidos en 2017: 14 machos y 15 hembras nacidos en enero-febrero y 10 machos y 12 hembras en junio-julio. Al nacer, los becerros se identificaron con tatuaje, se registró la fecha, peso, sexo, padre y madre. Los becerros permanecieron con su madre todo el día hasta los 4-5 meses de edad, momento en que se destetaron; los nacidos en enero-febrero se destetaron en junio; los nacidos en junio-julio se destetaron en noviembre; a partir del destete se





mantuvieron en potreros de pasto Insurgente (*B. brizantha*) con acceso a sales minerales, agua y concentrado (20% de PC). Desde el nacimiento, los animales se pesaron cada mes; la información del peso vivo, así como la de los costos de alimentación y sanitarios se registraron en hojas de cálculo de Excel, para formar la base de datos utilizada en este trabajo. Las variables analizadas fueron: peso al nacimiento, peso a 5 meses (destete) y peso y ganancia diaria de peso a los 7 meses. Se realizó análisis de varianza considerando dos factores (época y sexo); la prueba de Tukey se utilizó para diferenciar medias con el paquete de cómputo Info Stat. Para graficar las funciones de la utilidad, se determinaron los costos de alimentación y sanitarios acumulados por mes y se descontaron del ingreso por venta en el mes correspondiente; la utilidad obtenida se relacionó con el mes y se graficó con la herramienta para este fin en la hoja de cálculo de Excel.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa que no hay diferencia significativa entre machos y hembras, ni entre los nacidos en enero-febrero y los nacidos en junio-julio ( $P > 0.05$ ). Los resultados están dentro del rango de 30-35 kg reportados por Camargo (2009) en pruebas de desempeño para esta raza en Colombia.

**Cuadro 1. Peso al nacimiento de becerros Beefmaster en el sur de Veracruz: efecto de época de nacimiento y sexo.**

	Junio-julio	Enero-febrero	Promedio
Hembras	30.8 (12) 1.09* a	31.7 (15) 0.97* a	31.3 (27) 0.93* a
Machos	31.5 (10) 1.19* a	34.1 (14) 1.01* a	32.8 (24) 0.78* a
Promedio	31.2 (22) 0.81* a	32.9 (29) 0.70* a	

( ) Número de observaciones; \*error estándar.

A los 5 meses de edad los animales fueron estadísticamente similares en cuanto a peso, sin importar el sexo ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 2). Durante este tiempo, la alimentación de los becerros dependió fuertemente de la leche materna. Considerando que las



vaquillas llegaron al parto con excelente condición corporal, cabe suponer que la producción de leche satisfizo las necesidades de los becerros.

**Cuadro 2. Peso a 150 días de edad de becerros Beefmaster en el sur de Veracruz: efecto de época de nacimiento y sexo.**

	Junio-julio	Enero-febrero	Medias
Hembras	143.5 (12) 6.23* a	145.4 (15) 5.57* a	144.5 (27) 4.18* a
Machos	134.8 (10) 6.82* a	146.3 (14) 5.70* a	140.6 (24) 4.47* a
Promedio	139.2 (22) 4.62* a	145.8 (29) 4.01* a	

( ) Número de observaciones; \*error estándar.

Para peso a 210 días de edad la diferencia entre épocas fue significativa ( $P < 0.05$ ), no siendo así para el sexo ni la interacción época x sexo. Esta situación probablemente se deba a que los becerros dependían del pastizal para su desarrollo. En el caso de los nacidos en enero-febrero se destetaron en junio, considerado como época de lluvias, mientras que los nacidos en junio-julio se destetaron en noviembre, considerado como época de nortes. La diferencia entre la calidad y cantidad de forraje entre épocas ha sido registrada por varios autores (Enríquez *et al.*, 1999; López, 1999; Juárez *et al.*, 2004), favoreciendo generalmente a la época de lluvias. El peso de los animales nacidos en junio-julio (169.7 kg) es inferior a lo reportado por Camargo (2009) para Beefmaster (172.0 kg); sin embargo, el de los nacidos en enero-febrero (200.8 kg) es superior.

**Cuadro 3. Peso a 210 días de edad de becerros Beefmaster en el sur de Veracruz: efecto de época de nacimiento y sexo.**

	Junio-julio	Enero-febrero	Medias
Hembras	167.5 (12) 8.44* b	199.0 (15) 7.55* ab	183.3 (27) 5.66* a
Machos	171.8 (9) 9.74* ab	202.6 (14) 7.81* a	187.2 (23) 6.24* a
Promedio	169.7 (21) 6.44* b	200.8 (29) 5.43* a	

( ) Número de observaciones; \*error estándar.

Como consecuencia del peso vivo, la GDP mostró diferencia significativa entre épocas ( $P < 0.05$ ), favoreciendo a los becerros nacidos en enero-febrero y destetados en junio (época de lluvias). Para sexo y la interacción época x sexo no se encontraron diferencias. La GDP de los nacidos en junio-julio corresponde a la reportada por



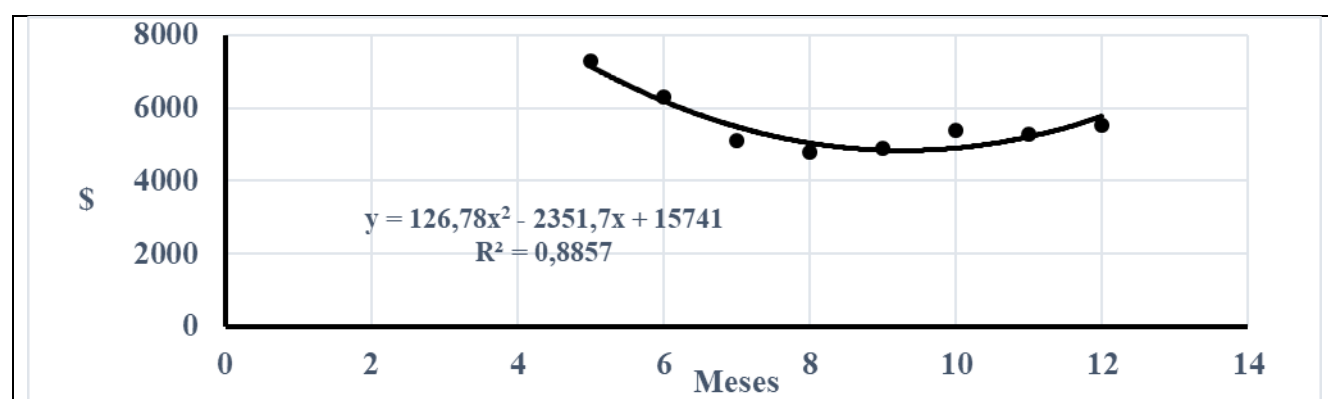
Camargo (2009) (0.660 kg) para becerros Beefmaster de esta edad; sin embargo, la GDP de los nacidos en enero-febrero (0.800 kg) supera ampliamente los resultados de este autor. La presente información indica que destetar la becerrada en el mes de junio provoca diferencia significativa en relación a destetarlo en la época de nortes, por lo cual la temporada de empadre, de nacimientos y destete deben considerar este aspecto en su planeación.

#### Cuadro 4. GDP a 210 días de becerros Beefmaster en el sur de Veracruz: efecto de época de nacimiento y sexo.

	Junio-julio	Enero-febrero	Medias
Hembras	0.650 (12) 0.04* b	0.800 (15) 0.03* a	0.720 (27) 0.03* a
Machos	0.670 (10) 0.04* ab	0.800 (14) 0.04* a	0.740 (24) 0.03* a
Promedio	0.660 (22) 0.03* b	0.800 (29) 0.02* a	

( ) Número de observaciones; \*error estándar.

En la Figura 1 se presenta la función de producción de los becerros destinados a la engorda; en ella se observa que, en este caso, el mejor momento de vender es a los 5 meses (destete), de otra manera, para alcanzar esa misma utilidad, tendrían que pasar varios meses, con los riesgos propios de un animal en el campo, así como menor liquidez y revolvencia económica de la empresa.



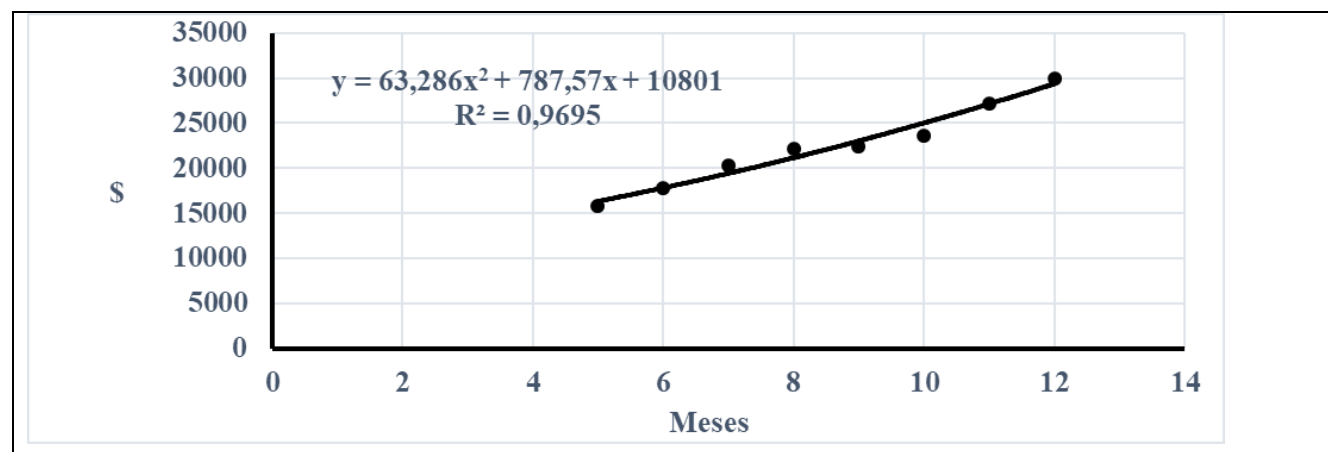
**Figura 1. Utilidad sobre costos de sanidad y alimentación en función de la edad en becerros comerciales Beefmaster en el sur de Veracruz.**

Esta situación se presenta porque en la región los becerros cárnicos se pueden vender "a bulto" desde los 5 meses, mientras que pasando de los 200 kg solo se venden por kilogramo de peso vivo; mientras más pesa el animal, es menor el precio



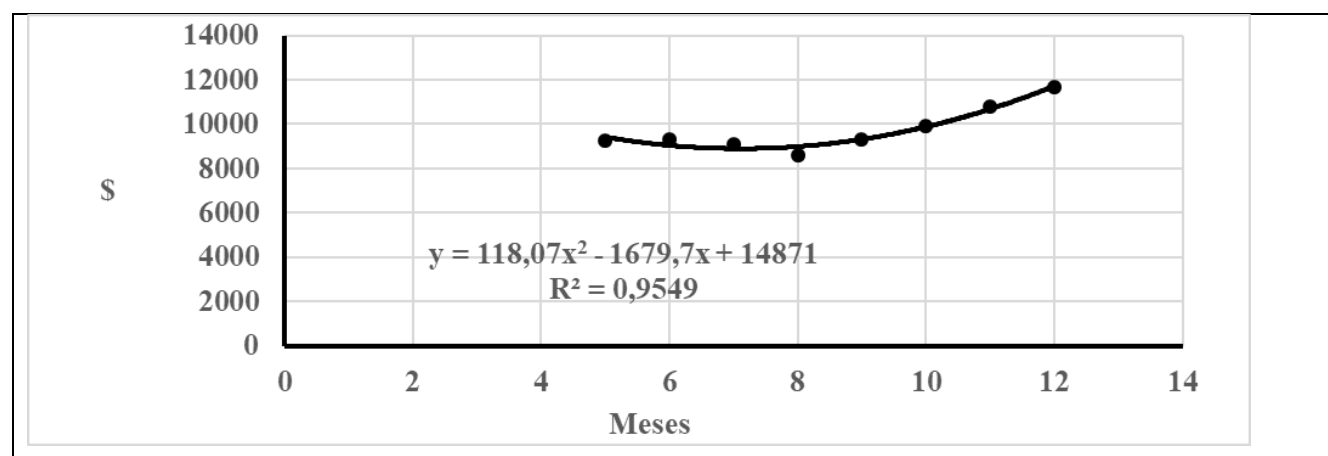
ofertado por kilogramo. Años atrás el precio del kilogramo de becerro en pie se incrementaba en función del peso, situación que cambió a partir de la proliferación de centros de acopio de grandes empresas que dominan el mercado.

En el caso de los becerros machos seleccionados como prospectos de sementales la situación cambia; en estos animales, a mayor edad mayor utilidad, debido a que desde el destete el precio se fija en función del peso.



**Figura 2. Utilidad sobre costos de sanidad y alimentación en función de la edad en becerros Beefmaster selectos en el sur de Veracruz.**

En el caso de las hembras que se venden para pie de cría, se observa que la utilidad incrementa casi constantemente, partiendo de un precio base a los 5 meses e incrementando conforme aumenta de edad.



**Figura 3. Utilidad sobre costos de sanidad y alimentación en función de la edad en becerras Beefmaster en el sur de Veracruz.**





## Conclusiones

Existió efecto de época en becerros Beefmaster a los 210 días de edad. La programación de los empadres, nacimientos y destetes es una práctica que permite alcanzar GDP sobresalientes en los becerros Beefmaster. La función de producción es una herramienta que se debe utilizar para tomar decisiones, en virtud que sus resultados cambian en relación a los grupos de animales y condiciones del mercado.

## Literatura citada

- Camargo, P. M. A. 2009. Pruebas de desempeño en ganado Beef Master. Informe para obtener el título de Industrial Pecuaria. Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Bogotá, Colombia.
- Enríquez, Q. F. J., F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Factores que afectan la producción de forrajes. p. 72, *In: Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México.*
- Ibarra, F. F. A., C. Y. Moreno Á., M. H. Martín R., S. Moreno M., F. Denogean B., A. Baldenegro C., F. L. León M. 2011. El destete precoz como una herramienta para incrementar la rentabilidad en los ranchos ganaderos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28:531-542.
- Juárez, L. F., M. Montero L., C. Serna G., F. Alpírez M y E. Canudas L. 2004. Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales en la zona centro del estado de Veracruz. *In: Memorias de la XVII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria Veracruz, 2004, Veracruz, Ver., México.*
- López, G. I. 1999. Producción, manejo y conservación de forrajes tropicales. p. 1-25. *In: Memoria del día del ganadero. Tecnología INIFAP para el Nuevo Milenio. Memoria Técnica No 5. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México.*
- Montilla, F. 2007. Función de producción. Conceptos básicos de microeconomía de las empresas. [www.ecolink.com.ar](http://www.ecolink.com.ar). Julio 2007, consultado en julio 2019.



- Román, P. H, R. Aguilera S., A. Patraca F. 2012. Producción y comercialización de ganado y carne de bovino en el estado de Veracruz. Comité Nacional del Sistema Producto Bovinos Carne. Veracruz, Ver., noviembre de 2012.
- SAGARPA. 2013. Programa Nacional Pecuario 2007-20012; México.



## EVALUACIÓN DE RACIONES CON DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA PARA PRODUCIR LECHE CON VACAS DOBLE PROPÓSITO

Maximino Zito Romero Figueroa<sup>139\*</sup>, José Antonio Fernández Figueroa<sup>139</sup>, Ana Karen García Cortez<sup>139</sup>, Tadeo Cruz Pablo<sup>139</sup> y Acar Martínez Nayib Bechara<sup>139</sup>

### Resumen

El objetivo fue evaluar la sustitución de maíz por aceite de rosticería como fuente de energía, para complementar la alimentación de vacas de doble propósito en producción, pastoreando forrajes tropicales en el sur de Veracruz. El trabajo se realizó en el municipio de Jesús Carranza, Ver., durante 47 días, del 30 de diciembre del 2018 al 16 de febrero del 2019. Se seleccionaron 10 vacas con menos de 190 días de lactancia, para formar dos grupos con características similares en kilogramos de producción de leche. Se les proporcionaron 2 kg de alimento por vaca al día, usando dos raciones isoproteicas (18% de PC estimada), una con 29.77% de maíz quebrado (M), 2.7 Mcal/kg y costo de \$4.81/kg, en base húmeda; la otra sin maíz, con 10% de aceite de rosticería (A), 3.1 Mcal/kg y \$4.30/kg, en base húmeda. Se utilizó un diseño cruzado por dos ciclos y cada vaca fue una repetición completa en dos ocasiones, totalizando 20 repeticiones por tratamiento. Se dieron 3 días de adaptabilidad para ver la reacción de las vacas; a partir de ahí se contaron 11 días para realizar el primer registro de las variables a estudiar, y se realizaba el cambio de alimento. Las variables analizadas fueron perímetro torácico (PT) en metros, producción de leche (L) en kg/día. Para determinar diferencia estadística se utilizó la prueba T de Student. La relación costo-beneficio (RCB) incluyó costos de alimentación y mano de obra (\$) e ingreso por producción. Los resultados indican que con ambas raciones el perímetro torácico se incrementó en relación al registrado al inicio del trabajo (1.8 m), sin que hubiera diferencia entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). El PT fue 1.82 m y 1.83 m, para M y A, respectivamente; la cantidad de leche se incrementó de 5.3 kg/vaca/día

<sup>139</sup> FISPA-UV \*romero.maximino@yahoo.com.mx



producidos al inicio, a 8.4 y 8.5 kg/vaca/día producidos al final en M y A, respectivamente, diferencias que no fueron significativas ( $P>0.05$ ). La RCB fue de 1.50 y 1.70 para M y A, respectivamente. Se concluye que el aceite de rosticería sustituyó al maíz como fuente de energía.

**Palabras clave:** maíz, aceite de rosticería, perímetro torácico

## Introducción

En la situación actual, con el acelerado crecimiento de la población humana, la producción, distribución y comercialización de alimentos para satisfacer sus necesidades primarias es quizás la mayor prioridad que enfrentan los gobiernos de todo el mundo. El problema es mayor en los países con menor desarrollo económico y que no tienen la posibilidad de producir en cantidad y calidad sus propios alimentos. El hambre ha ido en aumento por tercer año consecutivo; según la FAO (2017), el número de personas sub-alimentadas, las cuales son las que sufren de privación crónica de alimentos, se estima que alcanzó casi 821 millones en 2017, y alrededor de 804 millones en 2016; estos niveles son similares a los que había hace casi una década (FAO, 2017). El consumo de granos para uso doméstico ha incrementado 559.95 millones de toneladas del 2010 al 2019 (Cuadro 1); se estima que la producción en lo que va del año 2018-2019 fue menor al consumo en 15.33 millones de toneladas.

**Cuadro 1. Producción y consumo de granos básicos en el mundo (millones de toneladas).**

Años	2009-2010	2014-2015	2018-2019
Utilización doméstica	2,183.00	2,517.95	2,742.95
Producción	2,230.87	2,627.00	2,727.62





El consumo de granos en México ha ido incrementando en el 2009; el maíz blanco tiene un total de 15.330 millones de t, 75% es para consumo humano, mientras que 19% es para consumo pecuario (FAOSTAT, 2016).

Las grasas y aceites son una fuente alimenticia para rumiantes de alta densidad energética y de bajo costo (Plascencia *et al.*, 2006). La suplementación con grasa y aceites data de hace más de 200 años. Las grasas producen más energía que los carbohidratos y las proteínas; para elegirirlas debe considerarse la fuente más barata (Juárez *et al.*, 2009). La energía que aporta el maíz en la dieta animal puede sustituirse por la proveniente de otras fuentes que no se utilizan en la alimentación humana, para de esta manera liberar el grano para consumo de la población necesitada. El aceite de rosticería es un producto que emana del proceso de cocción de pollos, conocido como “rostizado”; es una grasa insaturada que causa problemas de contaminación. El objetivo fue evaluar dos raciones isoproteicas, una que contenía grano de maíz y otra que contenía aceite de rosticería en sus formulaciones, para complementar la alimentación de vacas de doble propósito que pastorearon forrajes tropicales y determinar la rentabilidad del proceso. La hipótesis fue que la producción de leche/vaca/día sería similar con las dos raciones.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en la Colonia 16 de septiembre municipio de Jesús Carranza, Ver., durante 47 días, del 30 de diciembre del 2018 al 16 de febrero del 2019. Se seleccionaron 10 vacas con menos de 190 días de lactancia, para formar dos grupos con características similares en kilogramos de producción de leche. Se les proporcionaron 2 kg de alimento por vaca al día, usando dos raciones isoproteicas (18% de proteína cruda estimada) diseñadas por programación lineal a mínimo costo con la herramienta Solver de Excel y considerando los contenidos de energía y proteína de alimentos para rumiantes propuestos por Shimada (2007); en el Cuadro 2 se presenta la ración con maíz en base húmeda.

**Cuadro 2. Ración con maíz (M).**

Insumo	%	PC	Mcal	\$/kg
Maíz	29.8	2.6	0.9	1.49
Melaza	10.0	0.4	0.2	0.36
Urea	2.1	6.0	0.0	0.24
Sales minerales	3.0	0.0	0.0	0.15
Soya	1.9	0.8	0.1	0.19
Salvado	53.2	8.1	1.5	2.39
Total	100	18	2.7	4.81

En el Cuadro 3 se presenta la ración con aceite de rosticería en base húmeda.

**Cuadro 3. Ración con aceite de rosticería.**

Insumo	%	PC	Mcal	\$
Melaza	12.0	0.5	0.3	0.43
Urea	2.1	6.0	0.0	0.24
Sales minerales	3.0	0.0	0.0	0.15
Soya	0.0	0.0	0.0	0.00
Salvado	72.9	11.1	2.0	3.28
Aceite de rosticería	10.0	0.4	0.8	0.20
Total	100	18.0	3.1	4.30

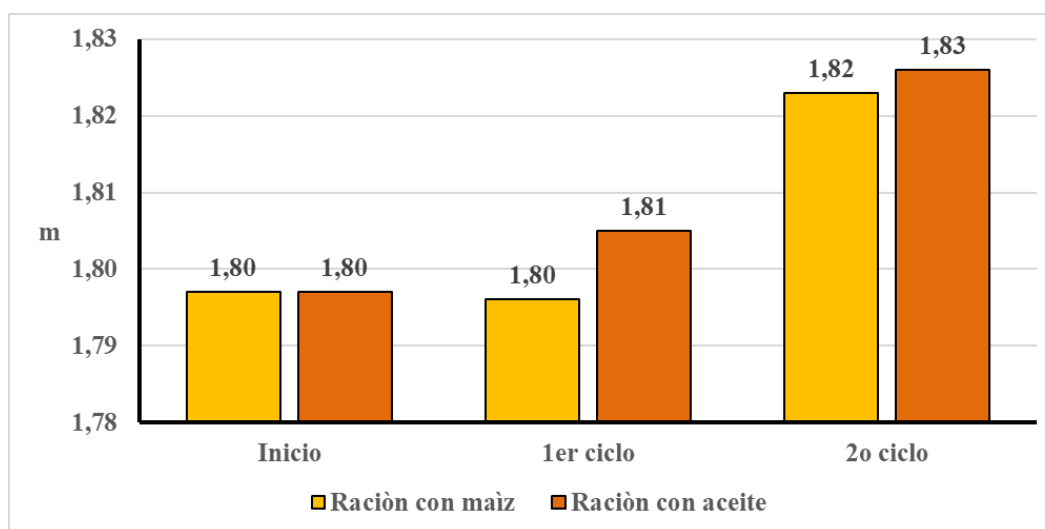
Se utilizó un diseño cruzado (crossover) por dos ciclos, por lo tanto, cada vaca fue una repetición completa en dos ocasiones, totalizando 20 repeticiones por tratamiento. Al comenzar el trabajo se dieron 3 días de adaptabilidad para ver la reacción de las vacas; a partir de ahí se contaron 11 días para realizar el primer registro de las variables a estudiar, y se realizaba el cambio de alimento. Las variables analizadas fueron perímetro torácico (m) y producción de leche (kg/vaca/día). Para determinar diferencia estadística entre medias se utilizó la prueba T de Student. La relación costo-beneficio incluyó costos de alimentación y mano de obra (\$) e ingreso por producción.



## Resultados y discusión

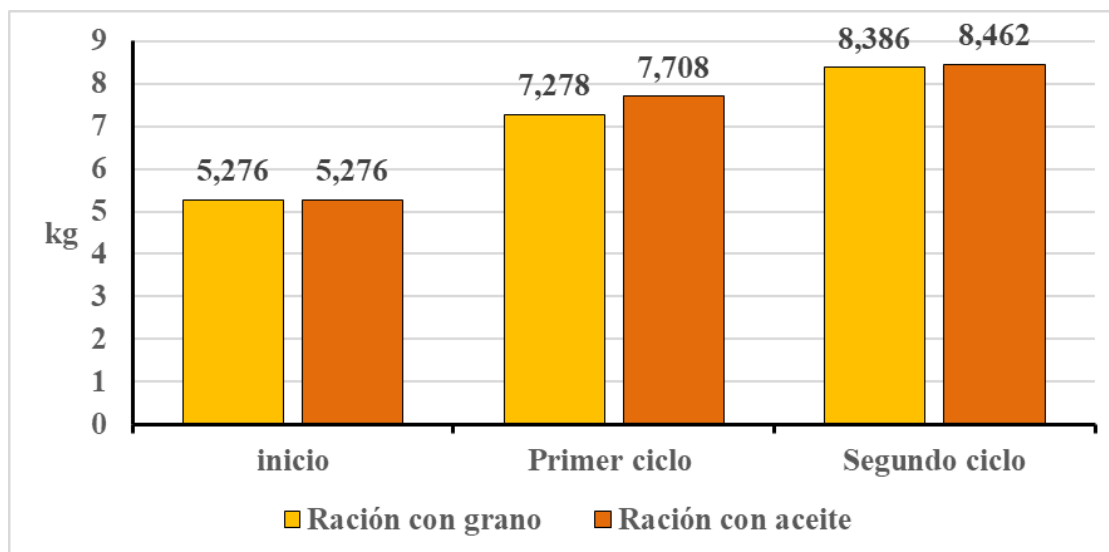
### Perímetro torácico

En la Figura 1 se observa que al inicio de la prueba los dos grupos tenían en promedio perímetros torácicos similares; durante el primer ciclo, la ración con grano no mostró cambios en promedio, pero la ración con aceite desde el primer ciclo mostró un aumento de 0.08 m respecto al promedio. En el segundo ciclo, ambos tratamientos aumentaron el PT; el de grano con 0.027 m y el de aceite 0.021 m, sin que las diferencias fueran significativas ( $P>0.05$ ). En función de la correlación positiva entre perímetro torácico y peso vivo, esta información nos indica que las vacas ganaron peso con ambas raciones.



**Figura 1. Perímetro torácico de vacas de doble propósito alimentadas con diferentes fuentes de energía.**

En la Figura 2 se observa la producción de leche; en ambos tratamientos hubo incremento significativo (32%) en el primer ciclo, siendo ligeramente más alto en la ración de aceite; en el segundo ciclo hubo incremento en relación al primero con ambas raciones; no se encontró diferencia significativa entre tratamientos ( $P>0.05$ ); en promedio, el incremento total fue de 59%.



**Figura 2. Producción de leche de vacas de doble propósito alimentadas con diferentes fuentes de energía.**

En el Cuadro 4 se observa que las dos raciones obtuvieron beneficio sobre los costos de alimentación; sin embargo, en la ración con aceite el beneficio fue mayor, debido a que los costos totales fueron menores para la ración con aceite, como resultado de su menor costo por kilogramo y de su mayor producción de leche, lo que permitió una mejor relación costo-beneficio.

**Cuadro 4. Relación costo-beneficio durante el periodo de estudio.**

	Grano	Aceite
Costo de alimento + mano de obra (\$)	592.40	572.00
Ingreso (\$)	939.79	970.14
Utilidad (\$)	347.39	398.14
RCB	1.59	1.70

## Conclusiones

En este caso el aceite de rosticería sustituyó al maíz como fuente de energía en la ración para complementar el pastoreo de vacas de doble propósito en producción. Complementar el pastoreo de vacas de doble propósito en producción con raciones con maíz o con aceite de rosticería como fuentes de energía es rentable.





## Literatura citada

- FAO. 2017. El estado de la seguridad alimentaria y nutricional en el mundo. Informe. <http://www.fao.org/3/a-l7695s.pdf>.
- FAOSTAT. 2016. Producción. Cultivo. [www.fao.org/faostat/es/](http://www.fao.org/faostat/es/) [consultado el 30 de marzo del 2018].
- Juárez, L. F. I., V. H. Barradas L. y J. López. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Alimentación de bovinos en el sistema de doble propósito en el trópico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, Ver., México. 82 p.
- Plascencia, J. A.; Mendoza M. G. D.; Vásquez P. C. y Avery Z. R. 2006. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: revisión. Sitio Argentino de Producción Animal 1:1-13.
- Shimada, M. A. 2007. Tabla 2.3. Contenidos de energía y proteína de alimentos para animales. Nutrición Animal. Editorial Trillas. México. 51 p.



## PREVALENCIA A DIARREA VIRAL BOVINA EN GANADO LECHERO DEL SUBTRÓPICO HÚMEDO Y RESPUESTA INMUNE POSVACUNACIÓN

Daniel Guzmán Clara<sup>140</sup>, Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>141\*</sup>, Guadalupe A. Socci Escatell<sup>142</sup>,  
Ángel Ríos Utrera<sup>143</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>141</sup>, Sara Olazarán Jenkins<sup>141</sup> y Anabel Romero  
Cruz<sup>140</sup>

### Resumen

El trabajo se realizó en un hato lechero (bovinos Suizo Americano y Holstein) en clima subtropical húmedo, para determinar la prevalencia (%) de anticuerpos a diarrea viral bovina (DVB) y evaluar la respuesta inmune a la vacuna con virus inactivado con un refuerzo a 30 días posteriores a la primera aplicación. El hato fue de 100 animales, sin vacunación en los últimos 10 años. Se formaron dos grupos experimentales: a) animales no vacunados y b) animales vacunados. Los animales de los dos grupos estuvieron balanceados en vacas gestantes y vacías y vaquillas en desarrollo; también, en el porcentaje de animales seropositivos a anticuerpos a DVB antes de la vacunación. A todos los animales se les tomó una muestra de sangre antes de la vacunación para la obtención del suero y determinar la prevalencia (%) de anticuerpos contra DVB (Prueba de ELISA). A los animales del grupo vacunados (virus inactivado) se les aplicó por dos ocasiones vía subcutánea la vacuna con intervalo de 30 días. Después de la primera vacunación se les tomó muestra de sangre por dos ocasiones a los 30 y 60 días posteriores para determinar la respuesta inmune en suero (Prueba de ELISA) a la primera y segunda (refuerzo) aplicación. Las muestras de suero se conservaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. Se analizó con el

<sup>140</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica.

<sup>141</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México. \*Correspondencia: rosete.jorge@inifap.gob.mx

<sup>142</sup> INIFAP, Centro Nacional de Investigación en Inocuidad y Salud Animal.

<sup>143</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México.



procedimiento GENMOD de SAS, ajustado a un modelo de regresión logística con efecto fijo de la vacunación (vacunados vs no vacunados), en distribución binomial y función liga logit. El criterio de convergencia fue  $10^{-8}$ . La prevalencia, no fue diferente ( $P=0.4588$ ) entre animales no vacunados y vacunados, con valor promedio de 8%. No hubo diferencia en respuesta inmune en la primera ( $P=0.1769$ ) y segunda ( $P=0.1042$ ) aplicación de vacuna (refuerzo). En la primera, la frecuencia de anticuerpos fue de 14% y 6%, para vacunados y no vacunados, respectivamente. En la segunda, la frecuencia de anticuerpos fue de 16.0% y 6% en vacunados y no vacunados, respectivamente. La vacunación con virus inactivado no indujo una respuesta inmune a cada una de sus aplicaciones.

**Palabras clave:** diarrea viral bovina, prevalencia, inmunidad

## Introducción

La diarrea viral bovina (DVB), es una enfermedad que afecta la reproducción en las vacas con manifestación de baja fertilidad, repetición de estros, reabsorción embrionaria y abortos (Lértora *et al.*, 2003; Waldner, 2005). En las crías sobrevivientes, después del nacimiento es frecuente la neumonía, conjuntivitis, úlceras en nariz y boca (Liebler-Tenorio, 2005; Waldner, 2005; García *et al.*, 2009), por lo que la vacunación contra la DVB (Vargas *et al.*, 2009) se ha utilizado para el control en hatos ganaderos, pero se debe tener la certeza de la efectividad de la vacuna mediante la respuesta inmune generada en el hato. En ganaderías del trópico húmedo, se ha identificado la presencia de la diarrea viral bovina, estudiándose la prevalencia e incidencia de esta enfermedad (Rosete *et al.*, 2015; Zárate *et al.*, 2013), pero no ha sido posible en el mismo hato además de determinar la seroprevalencia, determinar la respuesta inmune a la vacunación para asegurar la protección inmunológica y establecer un mecanismo de control. La vacuna utilizada y recomendada es la de virus inactivado para proteger al hato de problemas



reproductivos, con la ventaja de que se puede aplicar en vacas gestantes y no genera la infección vacunal en los animales (Gasque, 2008).

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo se realizó en el hato ganadero de lechería tropical especializada del Campo Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, ubicado al oriente del estado de Puebla. El hato no tuvo antecedentes de vacunación para DVB en los últimos 10 años.

### **Animales**

Los animales fueron Suizo Americano y Holstein y estuvieron identificados con arete SINIIGA y con numeración marcada con fierro candente. La captura de los datos de campo y muestreos se hizo en libretas y libros electrónicos para registrar la información para su conservación y análisis.

### **Grupos experimentales**

Se hicieron dos grupos con el total de los animales. Uno fue el de animales no vacunados (50 animales, grupo control) y el segundo de animales vacunados contra DVB con virus inactivado (50 animales, grupo experimental). Cada grupo se homogenizó con vacas en lactancia gestantes y vacías, secas gestantes y vaquillas en desarrollo con edades promedio semejantes; además, se hizo un primer diagnóstico serológico de DVB para homogenizar los dos grupos en cuanto prevalencias a anticuerpos contra DVB. Los animales se mantuvieron en condición corporal no menor a 2.5 unidades (1=emaciación; 5=obesidad).

### **Protocolo de vacunación**

Los animales del grupo experimental se vacunaron con una primera dosis, considerado como el día 0 y después en el día 30 se aplicó la segunda dosis que fue





el refuerzo de la primera. La vacuna que se utilizó fue comercial, siendo una preparación líquida con virus inactivado de DVB con combinación de adyuvantes, incluido el Amphigen como mejorador de la respuesta inmune.

### **Toma de muestras de sangre**

Al total de las vacas y vaquillas, vacunadas y no vacunadas, se les tomaron tres muestras de sangre, en el día 0, 30 y 60, considerado como día cero el de la primera aplicación de vacuna, el día 30 el de la segunda aplicación de vacuna (refuerzo) y el del día 60 para obtener la respuesta inmune a la segunda aplicación de vacuna. Las muestras de sangre fueron tomadas con tubos vacutainer al vacío de 6 mL con gel separador del coagulo. Las muestras se centrifugaron a 4000 rpm por 10 minutos, para la recolección de suero sanguíneo. El suero recolectado se conservó en viales de polipropileno de 6 mL provistos de tapón y se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en el laboratorio.

### **Determinación de resultados de laboratorio**

El primer muestreo fue para determinar la prevalencia de anticuerpos contra DVB, en los dos grupos, experimental y control. Los siguientes dos muestreos fueron para determinar la respuesta inmune por efecto de la vacuna en el grupo experimental, o no en el grupo control, que se expresó en términos de porcentajes.

### **Variables estudiadas, diseño experimental y análisis estadísticos**

Se analizaron tres variables de respuesta: a) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 0, que significó la prevalencia; b) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 30, que significó la respuesta inmune a la primera aplicación de la vacuna que fue en el día cero y; c) Frecuencia (%) de anticuerpos en el día 60, que significó la respuesta inmune mejorada a la segunda aplicación de vacuna que fue el día 30 posterior a la primera aplicación. Para el análisis estadístico, cuando un animal tuvo anticuerpos de la DVB, se consideró positivo y se registró como 1 en los días 0, 30 o 60; en caso contrario se registró como 0. La información se analizó con el procedimiento GENMOD del programa SAS, ajustado a un modelo de regresión logística que



incluyó el efecto fijo de la vacunación (vacunados vs no vacunados), en una distribución binomial y una función liga logit. El criterio de convergencia fue  $10^{-8}$ .

## Resultados y discusión

La significancia estadística para la prevalencia (% día cero), de la respuesta inmune a la primera aplicación de vacuna que se determinó en el día 30 post primera aplicación y la respuesta inmune a la segunda aplicación de vacuna que fue el día 30 posterior a la primera, que se determinó el día 60 post primera aplicación, se muestra en el Cuadro 1. La prevalencia, no fue diferente ( $P=0.4588$ ) entre animales no vacunados y vacunados, por lo que los dos grupos estuvieron equilibrados en cuanto a anticuerpos a DVB antes de la vacunación; sin embargo, contrario a lo esperado no hubo significancia para la respuesta inmune en la primera ( $P=0.1769$ ) y segunda aplicación de vacuna ( $P=0.1042$ ).

### **Cuadro 4. Significancia para la prevalencia (%) de anticuerpos en el día cero y de la respuesta inmune post primera (día 30) y post segunda aplicación de vacuna (día 60), en bovinos lecheros en pastoreo.**

<b>Prevalencia % día cero</b>	<b>Respuesta inmune 1ª aplicación (día 30)</b>	<b>Respuesta inmune 2ª aplicación (día 60)</b>
0.4588	0.1769	0.1042

En el Cuadro 2, se presentan los valores de la prevalencia en el hato y los intervalos de confianza de los grupos de animales no vacunados y vacunados contra DVB. La prevalencia promedio entre animales no vacunados y vacunados fue de 8.0%, valor que indica ser un hato infectado tomado en consideración que no ha sido vacunado con anterioridad a DVB.



**Cuadro 2. Prevalencia de anticuerpos en el hato e intervalos de confianza al 95% de anticuerpos, contra diarrea viral bovina para animales no vacunado y vacunados.**

Grupo	Numero de muestreados	Animales positivos	Prevalencia %	IC <sub>0.95%</sub>
Animales no vacunados	50	3	6.0 ± 3.4 <sup>a</sup>	1.9-17.0
Animales vacunados	50	5	10.0 ± 4.2 <sup>a</sup>	4.2-21.9
Promedio			8.0 ± 3.8	3.0 a 19.4

<sup>a</sup> Medias con igual literal dentro de columna no son diferentes (P>0.05).

En el Cuadro 3, se presenta, los porcentajes de anticuerpos en animales no vacunados y vacunados contra DVB a la primera y segunda aplicación y los intervalos de confianza. Como ya se dijo, la respuesta inmune de los animales no fue satisfactoria pues no hubo respuesta inmune en la primera (P>0.05) y segunda aplicación (P>0.05).

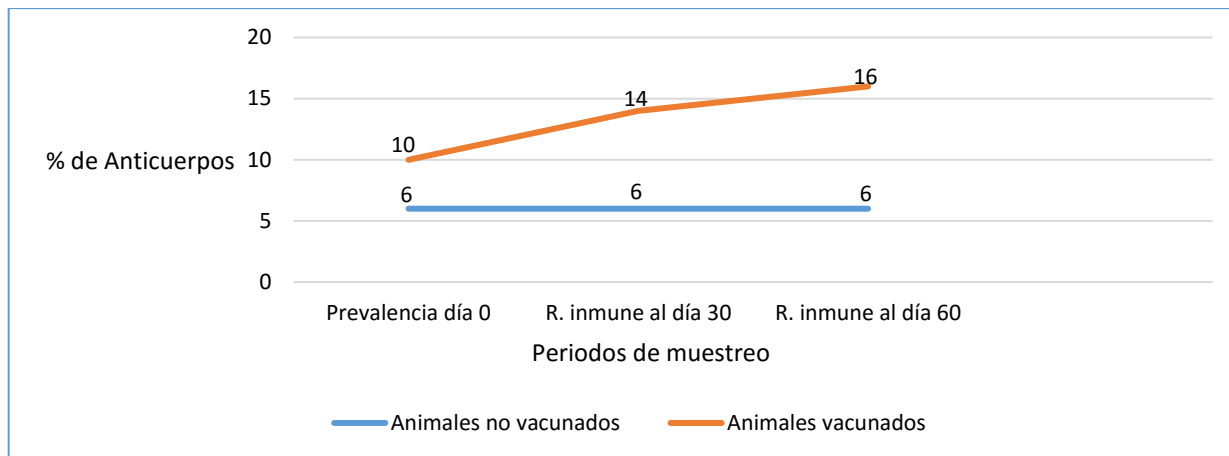
Con este resultado se hace evidente que los animales del hato no quedaron protegidos contra la enfermedad, en particular las vacas que son las que por efecto de la enfermedad, padecen infecciones que afectan la reproducción (Lértora *et al.*, 2003; Waldner, 2005) y en consecuencia, las vaquillas pueden ser afectadas desde el nacimiento por neumonía, conjuntivitis, úlceras en nariz y boca (Liebler-Tenorio, 2005; Waldner, 2005; García *et al.*, 2009) y que generalmente mueren por la infección muchas veces no detectada y diagnosticada.

**Cuadro 5. Frecuencia de anticuerpos en animales vacunados y no vacunados contra diarrea viral bovina a la primera y segunda aplicación de vacuna e intervalos de confianza al 95%.**

Grupo	Muestreo	Positivos 1 <sup>a</sup> aplicación	Respuesta Inmune 1 <sup>a</sup> aplicación %	IC <sub>.95%</sub>	Positivos 2 <sup>a</sup> aplicación	Respuesta Inmune 2 <sup>a</sup> aplicación %	IC <sub>.95%</sub>
No Vacunados	50	3	6.0 ± 3.4 <sup>a</sup>	1.9-17.0	3	6.0 ± 3.4 <sup>a</sup>	1.9-17.0
Vacunados	50	7	14.0 ± 4.9 <sup>a</sup>	6.8-26.6	8	16.0 ± 5.2 <sup>a</sup>	8.2-28.9

<sup>a,b</sup> proporciones con diferente literal dentro de columna son diferentes (P<0.05).

Con la intención de mostrar mejor los resultados de los Cuadros 2 y 3, en la Figura 1 se ve la tendencia de la primera y segunda aplicación de la vacuna con virus inactivado.



**Figura 4. Prevalencia a diarrea viral bovina en el hato (día 0) y respuesta inmune a los 30 días de la primera aplicación de vacuna (día 0) y a los 30 días después de la segunda aplicación de la vacuna (día 60) con virus inactivado.**

La respuesta inmune de los animales en el presente estudio no fue la esperada; por lo que, se debería probar otras opciones de control además de la vacunación.

Aunque la respuesta inmune a vacunas con virus inactivados de la DVB se ha mejorado en los últimos años al agregar adyuvantes potentes para lograr una inmunidad humoral fuerte, la inmunidad celular puede variar de incompleta a fuerte (Platt *et al.*, 2008; Stevens *et al.*, 2009).

Por otro lado, otros estudios han mencionado que una buena estrategia para superar la respuesta inmune a vacunas con virus inactivados, es la alternancia de inoculaciones repetidas de vacunas con virus inactivados y vacunas con virus activos modificados o viceversa; de tal manera que en un experimento, un procedimiento de vacunación para vaquillas consistió en inmunizar con vacuna de virus inactivado y después de 4 semanas se reforzó con vacuna de virus activo modificado; para después revacunar anualmente con vacuna con virus inactivado (Frey *et al.*, 2002; Moennig *et al.*, 2005); con esto se pudo mejorar y proteger la función reproductiva de las vaquillas (Walz *et al.*, 2017).

En adición a lo anterior, se ha documentado que la vacunación como única medida de control, no es suficiente para prevenir la circulación del virus de campo en el hato (Houe *et al.*, 2006; Lindberg y Houe, 2005; Wernike *et al.*, 2017), pues se debe incluir como acción importante eliminar los animales detectados PI y usar vacunas





eficaces para la reducción de animales PI, y así, controlar la DVB con mayor eficacia (Abe *et al.*, 2016) después de un programa de detección de animales PI desde el nacimiento (Barret *et al.*, 2017), ya que estos animales son inmunotolerantes a virus no citopatógenicos (NCP) homólogos (Khodakaram-Tafti y Farjanikish, 2017).

## Conclusiones

1. La prevalencia promedio fue de 8.0%, siendo para el grupo no vacunado de 6% y para el vacunado de 10%.
2. La vacuna de virus inactivado contra DVB no indujo una respuesta de anticuerpos adecuada, por lo que resulta de suma importancia averiguar si dentro del hato existen animales persistentemente infectados.
3. Es posible que, al aumentar las repeticiones de refuerzos de la vacuna con virus inactivado con refuerzos de virus activo modificado o viceversa, se mejore la respuesta inmune, pero se debe identificar el virus involucrado en la enfermedad del hato.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por el apoyo financiero y científico para la realización de este trabajo en las instalaciones del Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Campo Experimental Las Margaritas y el Laboratorio del Centro Nacional de Inocuidad y Salud Animal.



## Literatura citada

- Abe, Y., T. Tamura, S. Torii, S. Wakamori, M. Nagai 2, K. Mitsuhashi, J. Mine, Y. Fujimoto, N. Nagashima, F. Yoshino, Y. Sugita, T. Nomura, M. Okamutsu, H. Kida y Y. Sakoda. 2016. Caracterización genética y antigénica de los virus de la diarrea viral bovina aislados de Ganado en Hokkaido, Japón. *Journal of Veterinary Medicine Science* 78(1): 61-70.
- Barrett, D.J.; S. J. More, D. A. Graham, J. O'Flaherty, M. L Doherty y H. M. Gunn. 2011. Considerations on BVD eradication for the Irish livestock Industry. *Irish Veterinary Journal* 64:12.
- Frey, H.R.; K. Eicken, B. Grummer, S. Kenklies, T. C. Oguzoglu y V. Moennig. 2005. Foetal protection against bovine virus diarrhoea virus after two-step vaccination. *J. Vet. Med.* 49: 489–493.
- García, J. L. R., A. Betancourt M. y G. Karg. 2009. Síndrome respiratorio y digestivo en terneras trasladadas a la recría. Respiratory and digestive syndrome in calves transferred to calf-rearing unit. *Revista Electrónica de Veterinaria. REDVET* 10(8).
- Gasque, G. R. 2008. Diarrea Viral Bovina en: Gasque, G. R. *Enciclopedia Bovina* 1ª ed. México, D.F: 126-127.
- Houe, H. A. Lindberg and V. Moennig. 2006. Test strategies in bovine viral diarrhoea virus control and eradication campaigns in Europe. *Journal Veterinary Diagnosis Investigation* 18: 427–436.
- Khodakaram-Tafti, A and Farjanikish, GH. 2017. Persistent bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection in cattle herds. *Iran J Vet Res* 18(3):154-163.
- Lértora, W. J. 2003. Diarrea Viral Bovina: Actualización. Cátedra de Patología General y Sistemática. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE. *Revista de Veterinaria* 14(1):42-51.
- Liebler-Tenorio, E. M. 2005. Pathogenesis In: Goyal, S. M y F. Ridpath J. editors. *Bovine Viral Diarrhoea Virus, Diagnosis, Management and Control*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional: 121-143.
- Lindberg, A. and H. Houe. 2005. Characteristics in the epidemiology of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) of relevance to control. *Preventive Veterinary Medicine*. 72: 55–73.



- Moennig, V.; K. Eicken, U. Flebbe, H. R. Frey, B. Grummer, L. Haas, I. Greiser-Wilke y B. Liess. 2005. Implementation of two-step vaccination in the control of bovine viral diarrhoea (BVD). *Prev. Vet. Med.* 72: 109–114.
- Platt, R.; C. Coutu, T. Meinert y J. A. Roth. 2008. Humoral and t cell-mediated immune responses to bivalent killed bovine viral diarrhea virus vaccine in beef cattle. *Veterinary Immunology Immunopathology* 122: 8–15.
- Rosete, F. J. V., L. Granados Z., J. P. Zárate M., A. Ríos U., V. M. Banda R., G. A. Socci E., L. C. Sánchez C. y E. Carrera S. 2015. Prevalencia e incidencia a diarrea viral bovina en vacas de doble propósito en pastoreo en trópico húmedo. Memoria. VII Reunión científica tecnológica forestal y agropecuaria Tabasco 2015 y IV Simposio Internacional en producción agroalimentaria tropical. Tabasco México 2015: 246-251.
- Stevens, E.T.; A. D. Zimmerman, R. E. Butterbaugh, K. Barling, D. Scholz, J. Rhoades y C. C. Chase. 2009. The induction of a cell-mediated immune response to bovine viral diarrhea virus with an adjuvanted inactivated vaccine. *Vet. Ther. Res. Appl. Vet. Med.* 10: E1–8.
- Vargas, D. S., J. Jaime y J. Vera V. 2009. Perspectivas para el control del virus de la diarrea viral bovina (BVDV). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 22: 677-688.
- Waldner, C. L. 2005. Serological status for *N. caninum*, bovine viral diarrhea virus and infectious bovine rhinotracheitis virus at pregnancy testing and reproductive performance in beef herds. *Animal Reproduction Science* 90: 219-242.
- Walz, P.H.; M. D. Givens, S. P Rodning, K. P. Riddell, B. W. Brodersen, D. Scruggs, T. Short y D. Grotelueschen. 2017. Evaluation of reproductive protection against bovine viral diarrhea virus and bovine herpesvirus-1 afforded by annual revaccination with modified-live viral or combination modified-live/killed viral vaccines after primary vaccination with modified-live viral vaccine. *Vaccine* 35: 1046–1054.
- Wernike, K.; J. Gethmann, H. Schirrmeier, R. Schroder, F. J. Conraths y M. Beer. 2017. Six years (2011–2016) of mandatory nationwide bovine viral diarrhea control in germany-a success story. *Pathogens*: 6.



Zárate, M. J. P., J. V. Rosete F., A. Ríos U., F. T. Barradas P., R. López E., S. Olazarán J. y V. M. Banda R. 2013. Estado reproductivo y prevalencia de IBR y DVB en hembras bovinas en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. Memorias. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero: 759-766.





## CALIDAD FISICOQUÍMICA DE TRES LEGUMINOSAS EN SUELO LITOSOL EN YUCATÁN, MÉXICO

María Aurelia López Herrera<sup>144\*</sup>, Javier Enrique Castillo Huchím<sup>144</sup> y Rosendo Alberto Alcaraz Romero<sup>144</sup>

### Resumen

Las leguminosas son especies capaces de sintetizar altos niveles de proteína cruda (PC), con una tasa relativamente baja de disminución de este componente en la medida que la planta madura, comparada con especies de gramíneas tropicales. Estas características las convierten en recursos alimenticios de alto potencial en la ganadería tropical de carne y leche. El objetivo del trabajo fue evaluar la composición química de tres leguminosas en suelo litosol en dos épocas (lluvia y seca). Las especies forrajeras evaluadas fueron *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Piscidia piscipula*. Las evaluaciones se realizaron en cortes de cada 60 días en dos épocas del año 2016; seca (9 de marzo al 4 de julio) y lluviosa (1 de julio al 4 de noviembre), establecidas de septiembre de 2015 a febrero de 2016, con corte de homogenización el 9 de marzo de 2016. Para determinar la composición química, se tomaron muestras de 500 g de cada una, que se pesaron antes y después de colocarlas en una estufa a 60°C durante 48 h para determinar la materia seca (MS). Las muestras se molieron con un molino tipo Willey con criba de 1 mm. Se les determinó MS, cenizas (Cen), materia orgánica (MO), PC y fibra neutro detergente (FND). Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey. En las variables evaluadas existieron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre especies para PC y FND, con valores de 23.62 a 15.53% para PC y de 32.12 a 45.72% para FND; sobresaliendo *L. leucocephala* en ambos componentes; en los promedios de Cen y MO no se observó significancia (9.83 a 10.18% de Cen; 89.82 a 90.17% de MO). Entre épocas no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) para PC, sin embargo, los componentes de FND, Cen y MO si se vieron afectados. Las características

<sup>144</sup> Campo Experimental Mocochá- INIFAP [lopez.aurelia@inifap.gob.mx](mailto:lopez.aurelia@inifap.gob.mx)



fisicoquímicas obtenidas en estas especies proporcionan información básica para su manejo en la dieta de los animales en los sistemas de producción pecuaria.

**Palabras clave:** épocas, composición química, leguminosas

## Introducción

La principal fuente de alimento en los sistemas de producción de rumiantes en las regiones tropicales, consiste en los residuos de cosechas, pastoreo extensivo y praderas nativas o inducidas con gramíneas tropicales de bajo valor nutritivo. Para mejorar la eficiencia productiva en estas regiones y regiones subtropicales, es necesario mejorar el balance y disponibilidad de los nutrientes en las dietas basadas en subproductos agroindustriales, y en la elaboración de mezclas forrajeras. En estos sistemas de producción animal, una alternativa es la integración de árboles forrajeros de la familia de las leguminosas, que representan varias ventajas, como bancos de proteína forrajeros, que contribuyen al mejoramiento de las condiciones químicas y físicas del suelo. Las leguminosas son especies capaces de sintetizar altos niveles de proteína cruda (PC), con una tasa relativamente baja de disminución de este componente en la medida que la planta madura (Rincón, 2011), comparada con especies de gramíneas tropicales. Estas características las convierten en recursos alimenticios de alto potencial en la ganadería tropical de carne y leche. El análisis químico del follaje permite conocer su composición química y proporciona información básica para su manejo en la dieta de los animales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química de tres leguminosas cultivados en suelo litosol en dos épocas del año.



## Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Sitio Experimental de Tizimín (INIFAP), ubicado en el kilómetro 14 de la carretera Tizimín-Colonia Yucatán, del municipio de Tizimín, Yucatán, México; a los 21° 09´ 29" latitud norte y 88° 10' 21" longitud oeste, a una altitud de 14 msnm. La zona presenta un clima Aw1, según la clasificación de Köppen, con precipitación promedio anual de 1200 mm, concentrándose de junio a octubre el 75 % de las precipitaciones. La temperatura media anual es de 27°C, siendo el mes de mayo el más caluroso (máxima de 39°C y mínima de 21.5°C) y el mes de diciembre el más frío (máxima de 28.5°C y mínima de 17.3°C). La humedad relativa varía de 68.5% en el mes de abril a 86.3% en el mes de septiembre. El suelo predominante es Litosol (Chich'luum –nomenclatura maya), con fertilidad media, 1.5-1.9% de carbono orgánico y pH de 6.7 a 7.3, poco profundo, con áreas rocosas y relativamente poco fértil; de característica arbórea y forma parte del bosque tropical caducifolio. Las especies de leguminosas evaluadas fueron *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt y *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., de la familia Leguminosae. Los muestreos se realizaron con cuatro repeticiones cada 60 días en las épocas de lluvias y seca de 2016; la seca comprendió del 9 de marzo al 4 de julio, y la de lluvias del 1 de julio al 4 de noviembre, establecidos de septiembre de 2015 a febrero de 2016, con corte de homogenización el 9 de marzo de 2016. Para determinar la composición química de las especies, se tomó una muestra por parcela de aproximadamente 500 g, que fue pesada antes y después de colocarla en una estufa con circulación de aire forzado a 60°C durante 48 h. Las muestras se molieron con un molino tipo Willey con criba de 1 mm. Posteriormente, se realizaron las determinaciones de materia seca (MS), cenizas (Cen), materia orgánica (MO) y PC, siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (2005). Las fracciones de fibra neutro detergente (FND) se determinaron con el método de digestión con detergente neutro con filtración subsecuente (Van Soest, 1996). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS (2009).



## Resultados y discusión

No se encontró efecto de la interacción época x especie de leguminosa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, se encontraron diferencias para algunos componentes en los efectos estudiados de manera individual ( $P < 0.05$ ). En el Cuadro 1 se presenta la media y error estándar de la composición química de las especies de leguminosas tropicales estudiadas; respecto a la PC, existieron variaciones ( $P < 0.05$ ) entre especies. El mayor contenido de proteína cruda se observó en la especie *L. leucocephala* con 23.62%, seguida por *G. sepium* con 19.82% de PC y *P. piscipula* con 15.53% de PC. En contraste, Clavero (2011) encontró valores mayores en *L. leucocephala* con 30.4% y *G. sepium* con 24.3% de PC; para *P. piscipula*, López et al. (2008) reportaron 12.7% de PC. Respecto a la FND, *L. leucocephala* presentó el más bajo porcentaje ( $P < 0.05$ ) (32.12%), seguida de *G. sepium* y *P. piscipula* con 44.08 y 45.72%, respectivamente, las cuales fueron similares entre sí. Asimismo, Clavero (2011) encontró valores diferentes para *L. leucocephala* y *G. sepium* (45.7 y 35.2% de FND, respectivamente); por otro lado, López et al. (2008) reportaron 50% de FND para *P. piscipula*. En Cen y MO no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ), con promedios de 10.05 y 89.96%, respectivamente (Cuadro 1); para estos componentes, los valores obtenidos en este trabajo son cercanos a los reportados por López et al. (2008) en *P. piscipula* y otras especies de leguminosas.

**Cuadro 1. Medias y errores estándar de la composición química de especies de leguminosas forrajeras (%).**

Especie	PC	FND	MS	Cenizas	MO
<i>G. sepium</i>	19.82 <sup>b</sup> ± 0.69	44.08 <sup>a</sup> ± 1.06	90.79 <sup>b</sup> ± 0.11	9.83 <sup>a</sup> ± 0.27	90.17 <sup>a</sup> ± 0.27
<i>L. leucocephala</i>	23.62 <sup>a</sup> ± 0.69	32.12 <sup>b</sup> ± 1.06	91.59 <sup>a</sup> ± 0.11	10.18 <sup>a</sup> ± 0.27	89.82 <sup>a</sup> ± 0.27
<i>P. piscipula</i>	15.53 <sup>c</sup> ± 0.69	45.72 <sup>a</sup> ± 1.06	91.62 <sup>a</sup> ± 0.11	10.13 <sup>a</sup> ± 0.27	89.88 <sup>a</sup> ± 0.27

<sup>a,b,c</sup> Literales diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

PC= proteína cruda, FND= fibra detergente neutro, MS= materia seca, MO= materia orgánica.

Respecto al efecto de época (Cuadro 2), no se encontró diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) para el porcentaje de PC, con promedios de 19.71% en la época de lluvias y 19.6% en la época seca. Sin embargo, sí se encontraron diferencias entre épocas ( $P < 0.05$ ) para los componentes FND, Cen y MO. Para FND se obtuvo menor





proporción en la época seca (39.14%) que en la época de lluvia (42.14%); para Cen y MO, la media fue de 9.38 y 90.62% para la época de lluvia y 10.71 y 89.29% para la época seca, respectivamente. En relación con las diferencias encontradas para PC y FND, Ugarte *et al.* (1983) mencionan que variaciones entre las mismas especies de forrajes pueden ser atribuidas a la parte de la planta colectada para su análisis, edad del tejido, el suelo y el clima en el cual crecieron. Entre los beneficios que proporciona el alto contenido de proteína cruda de la mayoría de las leguminosas, es su importancia por su capacidad de fijar nitrógeno; y entre otros, se puede mencionar que al utilizarlo en borregas lactantes disminuyen su pérdida de peso y no afecta el peso de los corderos en crecimiento al ser proporcional a la producción láctea de la madre (Bores y Cantón, 2009).

### Cuadro 2. Promedio y error estándar por efecto de época en la composición química de tres leguminosas forrajeras (%).

Época	PC	FDN	MS	Cenizas	MO
Lluviosa	19.71 <sup>a</sup> ± 0.56	42.14 <sup>a</sup> ± 0.87	90.89 <sup>b</sup> ± 0.09	9.38 <sup>b</sup> ± 0.22	90.62 <sup>a</sup> ± 0.22
Seca	19.6 <sup>a</sup> ± 0.56	39.14 <sup>b</sup> ± 0.87	91.78 <sup>a</sup> ± 0.09	10.71 <sup>a</sup> ± 0.22	89.29 <sup>b</sup> ± 0.22

<sup>abc</sup> Literales diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística (P<0.05).

PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, MS= materia seca, MO= materia orgánica.

### Conclusiones

Las tres leguminosas estudiadas en el presente trabajo presentaron alto contenido de PC, de las cuales *L. leucocephala* sobresalió con el mayor valor de este componente. De acuerdo a los porcentajes obtenidos de los componentes evaluados, las tres especies son aptas para su utilización en la alimentación de rumiantes en el trópico, como complemento en el pastoreo de gramíneas, en la elaboración de mezclas forrajeras y como nutriente para la elaboración de alimentos balanceados.



## Fuente financiera

El presente estudio fue financiado parcialmente con recursos del proyecto fiscal “Banco de germoplasma de especies forrajeras en Yucatán”.

## Literatura citada

- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. AOAC International Gaitbersburg, MD, USA. Consultado en julio de 2019. Disponible en [www.aoac.org](http://www.aoac.org).
- Bores, Q. R. y G. Cantón C. 2009. Alimentación, Capítulo V. En: Producción intensiva de ovinos de pelo en el trópico. Mérida, Yucatán, México. Pp. 149-179.
- Clavero, T. 2011. Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología 2:11-35.
- López, H. M., L. J. Rivera, R. L. Ortega, M. J. Escobedo, M. M. Magaña, G. J. Sanginés y V. Á. Sierra. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. Téc. Pecu. Méx. 46(2):205-215.
- Rincón, J. 2011. Establecimiento y manejo de leguminosas arbóreas de importancia forrajera en zonas semiáridas de Venezuela. En: Innovación & Tecnología en la Ganadería Doble Propósito. González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Soto Belloso E (eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela. Capítulo XXIX: 277-289.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User´s Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Ugarte, J., R. S. Herrera, R. Ruiz, R. García V. y A. Serna. 1983. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. Año del aniversario del Moncada. Pp. 63-67.
- Van Soest, P. J. 1996. Nutritional ecology of the ruminant. Segunda edición. Cornell University Press. Ithaca, USA. 476 p.



## TENDENCIAS PRODUCTIVAS DURANTE UNA DÉCADA EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DEL RANCHO EL PARAÍSO QUE ADOPTA LA TECNOLOGÍA GENERADA EN EL MÓDULO DE DOBLE PROPÓSITO “LA DOÑA” DEL INIFAP

René Carlos Calderón Robles<sup>145\*</sup>, René Calderón Chagoya<sup>146</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>145</sup>, Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>145</sup> y Juvencio Lagunes Lagunes<sup>147</sup>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la producción de leche de las vacas durante tres periodos, en un módulo de validación de tecnología con ganado bovino de doble propósito, bajo condiciones de clima subtropical húmedo durante junio de 2009 a mayo de 2019. El rancho El Paraíso adopta tecnología para producción de carne y leche, generada por el sitio experimental Las Margaritas en la unidad de doble propósito La Doña y se ubica en el municipio de Ayotoxco de Gro., Pue., con clima subtropical húmedo a 240 msnm. Tiene 49 ha establecidas con pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) donde pastorean las vacas en producción. Además, dispone de tres ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que se ofrece verde y picada en la época de nortes (20 kg/animal/día). A partir de octubre de 2017 se fertilizan los potreros. Las vacas consumen minerales a libertad. El ordeño es mecánico, dos veces al día. En cada ordeño, las vacas consumen 2 kg de alimento con 18% de PC. Los datos productivos se analizaron por 4 periodos: junio 2009-mayo 2012 (P1); junio 2012-mayo 2016 (P2); junio 2016-mayo 2019 (P3) y acumulado (AC). El número de lactancias (L) fueron 115, 238, 218 y 571 para P1, P2, P3 y AC, respectivamente, con 3,051±118, 2,986±927, 3,379±1217 y 3,037±1182 kg de leche/L; 352±97, 341±86, 337±102 y 342±95 días en L y 8.6±2.0, 8.7±1.5, 9.9±1.5 y 9.2±1.7 kg de leche/d en L, para P1, P2, P3 y AC, respectivamente. Los intervalos entre

<sup>145</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México. \*Correspondencia: calderon.rene@inifap.gob.mx

<sup>146</sup> FMVZ-UNAM.

<sup>147</sup> Técnico privado.



partos fueron: 113, 237, 197 y 246 con  $486\pm 111$ ,  $506\pm 132$ ,  $492\pm 110$  y  $497\pm 129$  días y  $6.6\pm 2.1$ ,  $6.3\pm 1.6$ ,  $7.2\pm 2.4$  y  $6.7\pm 2.1$  kg de leche/d interparto para P1, P2, P3 y AC, respectivamente. Entre las tecnologías utilizadas destacan la utilización de forrajes de auxilio aplicada desde el inicio, y la fertilización de las praderas, a partir de octubre de 2017. Los resultados son satisfactorios, ya que supera positivamente al promedio del trópico de 700 kg/L de 150 días e intervalos entre partos de más de 600 días. Además, la estabilización de la producción de leche durante el año le da un valor a la leche producida en la época de nortes, ya que entonces se eleva el precio en las regiones tropicales. La producción anual de los últimos 12 meses de cada uno de los periodos analizados fue de 159,629, 216,994, 321,066 y 203,352 kg, y de 3,070, 4,173, 6,174 y 3,911 kg/ha/año para P1, P2, P3 y AC, respectivamente. En conclusión, la tecnología generada en el S.E. Las Margaritas demostró ser eficiente al transferirse de manera comercial, ya que se superaron los indicadores productivos y reproductivos en lo que a producción de leche en el trópico se refiere.

**Palabras clave:** doble propósito, lechería tropical, producción, estacionalidad de los forrajes

## Introducción

En México, la producción de leche de bovino en 2018 fue de 12,006 millones de litros (SIAP, 2018) en todo su territorio, en aproximadamente 789 mil unidades de producción pecuaria (UPP) y varió de acuerdo a la región y al sistema de producción que se ha clasificado por razones geográficas en: a) intensivo, b) familiar, y c) extensivo de doble propósito (García, 2001). Este último es representativo de las áreas tropicales. Más de una cuarta parte de la superficie del territorio nacional se encuentra bajo condiciones tropicales, con un alto potencial de producción de forrajes, por lo que aproximadamente el 50%, equivalente a 25.7 millones de hectáreas, se dedican a la producción de ganado (González-Padilla, 2002). Por lo tanto, las áreas tropicales son una buena alternativa para la producción de leche





bovina (Améndola *et al.*, 2005). En estas áreas, la rejeguería tradicional de México, mejor conocida como ganadería de doble propósito, combina la producción de leche y becerros, los cuales se utilizan para estimular la eyección de la leche. Este tipo de ganadería tiene una mezcla de razas Cebú y europeas, con mayor proporción de Cebú, que pastorean en 76%, en sistemas tradicionales de ganadería extensiva, los cuales se caracterizan por baja producción de leche y becerros por unidad animal y superficie: 700 kg/lactancia, 130 kg de becerro destetado y 0.6 U.A./ha. Además, se tiene un periodo interparto de hasta 22 meses (Calderón, 1997), lo que implica menos crías durante la vida productiva y, en consecuencia, menores ingresos económicos para el productor. Lo anterior se puede deber a que las innovaciones tecnológicas, que juegan un papel central para hacer un uso más intensivo de los recursos, no han sido integradas adecuadamente a los sistemas de producción existentes en el trópico. Un punto importante es que también en estas regiones existen dos épocas definidas de producción de forrajes, una de lluvias (abundancia) y otra de secas o nortes con escasez de producción. No obstante, el trópico produce entre el 40 y 50% de la carne y entre el 18 y 19.5% de la leche a nivel nacional (SAGARPA, 2004a y 2004b; INEGI, 2007), que en 2018 fue de 12,005,693 miles de litros (SIAP, 2018). Los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz producen el 10.6% de la leche, siendo Veracruz el sexto estado productor, con poco más del 6%, seguido por Puebla con el 3.7%. El valor de la producción de leche en miles de pesos fue de 7,606,083.914, siguiendo la misma tendencia para esos estados que son los que integran la región Golfo Centro del INIFAP. En el caso de la carne en pie, la región Golfo-Centro produce el 18.9%, con un volumen de 685,222 toneladas, siendo Veracruz el estado productor número uno (SIAP, 2018).

En el estado de Puebla se localiza el sitio experimental “Las Margaritas”, que desde 1981 inició la generación y validación de tecnología para mejorar integralmente el sistema de doble propósito, con la finalidad de responder a la demanda tecnológica de los productores y dar solución a su problemática productiva.

En el INIFAP, se cuenta con tecnología generada y validada para mejorar integralmente el sistema de doble propósito, dicha tecnología está documentada en diversas publicaciones (Koppel *et al.*, 2002; Aguilar *et al.*, 2004). En ranchos donde



se han adoptado estas prácticas, se han observado incrementos en los niveles de producción (Espinosa y Wiggins, 2003).

El módulo de validación de doble propósito “El Paraíso de Ayotoxco”, inició sus actividades en julio de 2008, planteándose los siguientes objetivos: a) Establecer un módulo de producción de leche y becerros con cruzamientos de ganado Cebú con Holstein y Suizo Pardo en forma práctica y costeable; y b) Validar y demostrar la tecnología generada y evaluada en el S.E. Las Margaritas para el sistema de doble propósito, con la finalidad de inducir a otros productores a establecer y(o) mejorar sus unidades de producción.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la producción de leche de las vacas durante tres periodos, en un módulo de validación de tecnología con ganado bovino de doble propósito, bajo condiciones de clima subtropical húmedo durante junio de 2009 a mayo de 2019.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El rancho “El Paraíso de Ayotoxco”, utilizado como módulo de validación, se localiza a una altitud de 240 m, en el kilómetro 1 de la carretera Ayotoxco-Mazatepec, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla. El clima es subtropical húmedo (García, 1988), con temperatura media de 23°C, precipitación pluvial de 2,200 mm y humedad relativa de 80%. Su topografía es quebrada con pendientes pronunciadas, los suelos son poco profundos, con textura media (areno-arcillosa), pobres en materia orgánica y pH de 4 a 5; al predio lo atraviesa el río Metzionate.

### **Infraestructura**

El módulo de validación cuenta en su área de producción con 52 ha, de las cuales 49 tienen sembrado pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) y 3 tienen caña japonesa (*Saccharum sinense*). Además, cuenta con corral de manejo con baño



garrapaticida, galera de ordeño con corral de retención, corral de becerros (rejo) con piso de concreto y tanque enfriador de leche.

### Manejo general

Si bien el presente estudio solamente contempla la etapa de producción, en el rancho el manejo del ganado se realiza por grupos, de acuerdo a su etapa productiva o fisiológica, integrándose los grupos siguientes: a) becerros(as) del nacimiento al destete (347 d de edad); b) becerras de 12 a 14 meses de edad; c) terneras de 15 a 25 meses de edad; d) vaquillas en manejo reproductivo y gestantes y vacas secas; y e) vacas en producción y próximas al parto.

Las vacas en ordeño, las secas, y las hembras en desarrollo pastorearon rotacionalmente en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*), con periodos de descanso de 30 y 45 d en primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente; también consumieron minerales y agua a libertad. Los becerros del nacimiento al destete pastorean en zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y gramas nativas (*Axonopus* sp. y *Paspalum* sp). Cabe hacer mención que a partir de octubre de 2017 se inició la fertilización de los potreros con la fórmula (138-69-00). Además, a las vacas en ordeño se les proporcionó 4 kg/animal/d de concentrado (70% TND y 16-18% PC), y de noviembre a mayo, 15 a 20 kg/animal/d de caña japonesa, fresca y picada. A las vacas secas se les proporcionaron 2 kg/d del mismo concentrado un mes antes del parto.

La alimentación de las crías, hasta que alcanzaron 100 kg de peso vivo, consistió en la leche consumida durante el apoyo, más la de un cuarto de la ubre, más la leche residual; posteriormente solo consumieron la leche de apoyo y la residual, más 750 g/d de concentrado (18% de PC) durante el periodo que duró la crianza. Las hembras en desarrollo también se manejaron en pastoreo rotacional y solamente a las de 12 a 14 meses de edad se les suplementó con 1.5 kg/animal/d del mismo concentrado. Todos los animales consumieron agua y minerales a libertad.

Todos los animales se vacunaron contra clostridiasis (*Clostridium* spp.) y derrienge dos veces al año y se bañaron contra garrapata mensualmente. Las vacas se desparasitaron contra vermes gastroentéricos y pulmonares al secado, las vaquillas



cada seis meses y los becerros cada tres meses. El hato se encontraba libre de brucelosis y tuberculosis; por lo tanto, se realizaron pruebas cada 14 meses.

Las vacas se ordeñaron mecánicamente dos veces al día, con la presencia del becerro. El manejo reproductivo consistió en empadre continuo con monta controlada; la detección de calores se realizó mañana y tarde durante la ordeña; la palpación rectal se efectuó cada tres meses para determinar la condición útero-ovárica. Las vaquillas iniciaron manejo reproductivo aproximadamente a los 330 kg, en empadre continuo con monta natural.

El análisis de los datos productivos se realizó con ayuda del programa Excel, tomando los datos generados de junio de 2009 a mayo de 2012 para el primer periodo, de junio de 2012 a mayo de 2016 para el segundo periodo y de junio de 2016 a noviembre de 2019 para el tercer periodo, además del acumulado de junio de 2009 a mayo de 2019; con lo anterior se obtuvieron las medias y desviaciones estándar de la mayoría de los indicadores productivos y reproductivos.

También se tomaron los datos de las producciones mensuales de junio de 2009 a mayo de 2019, para determinar el comportamiento de la producción de leche a través del año.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados productivos y reproductivos durante la etapa de producción de las vacas; lo anterior indica valores satisfactorios, ya que la producción de leche por lactancia, aunque tuvo una ligera disminución del primero ( $3,051 \pm 1,118$ ) al segundo periodo ( $2,899 \pm 927$ ), no obstante, al haberse disminuido la duración de la lactancia ( $351.8 \pm 96.6$  vs  $340.5 \pm 86.2$ ) la producción de leche por día en lactancia es superada por el segundo periodo ( $8.6 \pm 2.0$  vs  $8.7 \pm 1.5$ ). Además, se puede observar que para el tercer periodo se logró rebasar la meta establecida que fue de 8.9 kg de leche por día en lactancia.

En el aspecto reproductivo, los intervalos entre partos se incrementaron en el segundo y tercer periodo, lo que trajo como consecuencia una disminución en la





producción de leche por día interparto entre el primer y segundo periodo, sin embargo, en el tercer periodo, al incrementarse la producción por lactancia, la producción por día interparto superó la meta programada que era de 6.74 kg, a pesar que el intervalo entre partos fue mayor que en el primer periodo, debido probablemente al mismo incremento considerable en la producción láctea. Por su parte, el porcentaje de mortinatos se vio incrementado durante el tercer periodo.

**Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar de los indicadores productivos y reproductivos por periodos de tiempo en la etapa productiva de las vacas, en la unidad de doble propósito “El Paraíso de Ayotoxco”.**

Indicador	Junio 2009- mayo 2012	Junio 2012- mayo 2016	Junio 2016- mayo 2019	Acumulado
Producción por lactancia (kg)	3,051.3±1118 (115)*	2,986.3±927 (238)	3,379.3±1217 (218)	3,037.4±1182 (571)
Duración de la lactancia (d)	351.8±96.6 (115)	340.5±86.2 (238)	337.1±102.0 (218)	341.5 ± 94.6 (571)
Producción/día en lactancia (kg)	8.6±2.0 (115)	8.7±1.5 (238)	9.9±1.5 (218)	9.2 ± 1.7 (571)
Intervalo entre partos (d)	486.2±110.9 (113)	506.2±131.8 (237)	491.9±109.8 (197)	496.6±128.6 (547)
Producción/día interparto (kg)	6.6±2.1 (105)	6.3±1.6 (216)	7.2±2.4 (177)	6.7 ± 2.1 (498)
Mortinatos (%)	5.1 (175)	6.1 (311)	8.8 (317)	6.5 (803)

\*Entre paréntesis el número de observaciones.

En el Cuadro 2 se muestran los valores obtenidos para otros indicadores de producción de leche durante la etapa productiva de las vacas, la producción se ha ido superando del primer al tercer periodo, ya que en promedio por superficie se ha superado la meta inicial (3,300 kg/ha/año) en 87.1% (promedio del tercer periodo).

**Cuadro 2. Otros indicadores productivos de leche por periodos de tiempo en la etapa productiva de las vacas, en la unidad de doble propósito “El Paraíso de Ayotoxco”.**

Indicador	Periodo		
	Junio 2011 a mayo 2012	Junio 2015 a mayo 2016	Junio 2018 a mayo 2019
Producción de leche anual (kg)	159,628.6	216,993.8	321,065.9
Producción de leche (kg/ha/año)	3,069.8	4,173.0	6,174.3
Producción diaria de leche (kg)	437.3	592.9	879.6
Vacas/ordeña (promedio en línea)	47.7	59.1	76.8
Producción/vaca en línea (kg de leche)	9.2	10.0	11.4

La meta inicial fue basada en los resultados obtenidos en el S.E. Las Margaritas.



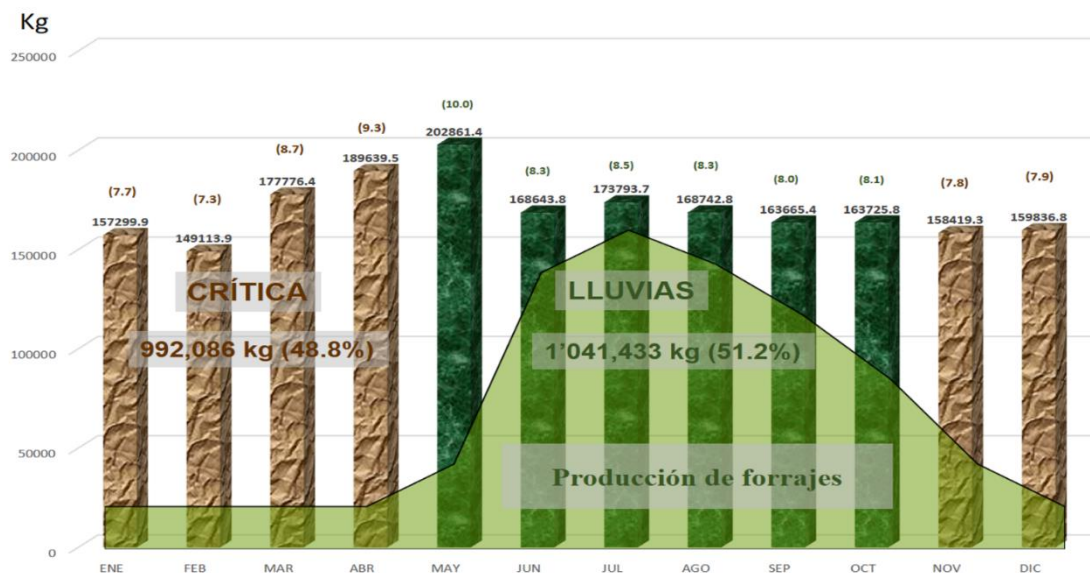
De igual forma, la producción anual ha superado la meta inicial, que fue de 154,000 kg de leche, en un 108.5%.

También, en el Cuadro 2 se pueden observar otros indicadores que no tuvieron una meta inicial, pero que son de gran interés práctico, sobre todo para los ganaderos, considerando que se tienen ventajas principalmente por los ingresos diarios que le dan liquidez al sistema; dichos valores indican un incremento en la producción diaria de leche, derivado de un mayor número de vacas en ordeña, lo que ha mejorado la producción por vaca en línea. Se ha incrementado la carga animal a más de 1.4 unidades animal por ha (datos no presentados), lo que seguramente tuvo como consecuencia el incremento por unidad de superficie y la producción anual.

En América Latina, a fines del siglo pasado se realizó una compilación sobre indicadores de productividad de sistemas de producción con bovinos de doble propósito, informándose los siguientes rangos: 186 a 1,156 kg de leche por ha, 749 a 1,589 kg de leche por lactancia, 244 a 311 d en lactancia y 2.8 a 6.5 kg de leche por día en lactancia (Vaccaro *et al.*, 1993). Dichos valores fueron superados por los de este trabajo, donde la producción por hectárea es mayor en más de 534%, y cerca de 3,400 kg/lactancia en los tres últimos años, con duración entre 337 y 352 d, con producciones por día de 9.9 kg. El aspecto reproductivo en este estudio, a pesar que el periodo interparto está alrededor de los 500 días en los diferentes periodos, se mejoró la producción de leche por día interparto (rango de 6.3 a 7.2 kg) en relación a lo reportado por Parra-Bracamontes *et al.* (2005), quienes, aunque utilizaron un mejor manejo general y de alimentación, obtuvieron un rango de 2.3 a 5.3 kg; no obstante que el promedio del periodo interparto fue mayor (16 meses) al valor más alto del rango (14.1 a 15.9) mencionado por dichos autores. En relación a lo anterior, se considera que los resultados son satisfactorios, sin importar que el productor solo ha adoptado, aproximadamente el 65% de las tecnologías propuestas. Por lo tanto, de acuerdo con Tewolde *et al.* (2002) y CONARGEN (2000), los sistemas de doble propósito del trópico mexicano, son un indicador de las posibilidades reales que tiene el país para incrementar de manera significativa la producción y la productividad del ganado lechero que complementaría los sistemas tecnificados para hacer frente a los retos actuales.



En el área de influencia del S.E. Las Margaritas, durante la época crítica denominada de “nortes” (noviembre-marzo), la producción de forraje disminuye drásticamente, lo que se ve reflejado de manera negativa en la producción de leche (Hernández et al., 2016). Por lo que para poder aminorar esa disminución, se implementó el uso de forrajes considerados de auxilio, de tal manera que en la Figura 1 se observa un balance en la producción de leche a través del año, con porcentajes de producción mensual que oscilan entre 7.3 (febrero) y 10% (mayo), de igual manera, si tomamos en cuenta las épocas definidas de lluvias y crítica (secas o nortes), donde la producción de forraje es del 70% para época de lluvias y el resto para la época crítica, esa misma tendencia sigue la producción de leche en las áreas tropicales, sin embargo, de acuerdo a los datos de producción de leche de este estudio (Figura 1), dicha tendencia se pierde y el 51.2% de la producción es en la época de lluvias y el 48.8% en la crítica. Lo anterior permite dar valor agregado a la producción de leche, ya que el precio de venta se incrementa durante la mencionada época crítica ya que en dicha época, la mayoría de los productores no tienen suficiente producción de leche.



**Figura 1, Producción de leche por mes y época durante 10 años (junio 2009 a mayo 2019) en el Módulo de validación de doble propósito del rancho “El Paraíso de Ayotoxco”. El área sombreada esquematiza la producción anual de forraje en las regiones tropicales. Entre paréntesis se presentan los porcentajes mensuales de producción.**



## Conclusiones

La tecnología generada en el S.E. Las Margaritas demostró ser eficiente con un productor comercial, al haberse superado los indicadores productivos y reproductivos en lo que a producción de leche se refiere. Además, el uso de componentes tecnológicos estratégicos como la suplementación en épocas críticas, da valor agregado a la leche, al incrementar su precio en dicha época.

## Literatura citada

- Aguilar B.U., Bonilla H.G., Calderón R.R.C., Castañeda M.O.G., Galavíz R.J.R., González O.T.A., *et al.* 2004. Manejo integral de la unidad de producción bovina de doble propósito "La Doña". Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIPEP A.C. Campo Experimental "Las Margaritas", Hueytamalco, Pue., México. 100 p.
- Améndola, R., E. Castillo and P. A. Martínez. 2005. Country pasture/forage resource profiles. México. *In:* Country pasture profiles. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Mexico/Mexico2.htm>. (Consultado: noviembre 2016).
- Calderón, R. R. C. 1997. Experiencias del desarrollo tecnológico sobre los indicadores reproductivos en hembras bovinas de doble propósito. Memorias del III simposium de ganadería tropical "Bovinos de Doble Propósito". INIFAP. Teziutlán, Pue. Publicación especial. pp. 47-64.
- CONARGEN. 2000. Comité Nacional de los Recursos Genéticos. Plan de Acción. México D.F. p 127.
- Espinosa, J. A. y S. Wiggins. 2003. Beneficios económicos potenciales de tecnología. Técnica Pecuaria en México. 41(1):19-36.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- García L. A. 2001. Estrategias de las agroindustrias lecheras latinoamericanas. Estudio comparativo ante el proceso de globalización económica. Rev Mex Agroneg. (9):263-273.





- González-Padilla, E. 2002. ¿Hacia dónde va la ganadería de carne y leche en el trópico? p. 159-172. Memorias IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ. México D.F.
- Hernández V. J. O., J. J. M. Ramírez G., J. Lagunes L. Establecimiento, manejo y uso de recursos forrajeros. *In*: Calderón R. R. C, *et al.* 2016. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Sitio Experimental "Las Margaritas", Libro Técnico Núm. 39. 2ª ed. INIFAP-CIRGOC. Hueytamalco, Pue., México. 156 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Censo Agropecuario. 2007. Disponible en línea: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Consultado en noviembre, 2016.
- Koppel, R. E. T., G. A. Ortiz, O., A. Ávila D., J. Lagunes, L., O. G. Castañeda, M., I. López, G. *et al.* 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP-CIRGOC. Libro técnico 5. Segunda Edición. Veracruz, Ver., México. 161 p.
- Parra-Bracamonte G., G. Magaña J., R. Delgado., M. Osorio., J. C. Segura. 2005. Genetic and non-genetic effects on productive and reproductive traits of cows in dual purpose herds in: Southeastern Mexico. *Genetics and Molecular Research*. 4:482-490.
- SAGARPA. 2004a. Situación actual de la producción de leche en México.
- SAGARPA. 2004b. Situación actual y perspectivas de la producción de carne en México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). (consultado Julio de 2019).
- Tewolde, A., J. C. Martínez, G., E. Gutiérrez, O., J. G. Magaña, M. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito. Memorias. IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ. México D.F. pp. 121-134.
- Vaccaro, L., R. Vaccaro., O. Verde., H. Mejías. and E. Romero. 1993. Harmonizing type and environmental level in dual purpose cattle herds in Latin American. *World Animal Review*. 77:15-20.



## **EFFECTO DEL CONSUMO DE MS, DESDE 21 DÍAS ANTES DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO Y GANANCIA DE PESO DE LAS CRÍAS DE VACAS EN EL TRÓPICO**

Juan Prisciliano Zárate Martínez<sup>148\*</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>148</sup>, Maribel Montero Lagunes<sup>148</sup>,  
Jaime Rangel Quintos<sup>148</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>149</sup>

### **Resumen**

El objetivo fue comparar el efecto que tiene aplicar dos tratamientos de alimentación que asegure un mayor consumo de materia seca total (MST), en vacas doble propósito, desde 21 días antes del parto sobre la calidad del calostro y el crecimiento de sus crías hasta los dos meses de edad. Se utilizó el tratamiento como efecto fijo (T), condición corporal (CC) como variable dependiente y se analizó, peso al nacimiento (PN), peso al segundo mes (PM2) de vida y ganancia diaria de peso (GDP) del nacimiento al segundo mes de vida de las crías, con el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System. Versión 9.2, 2007). La calidad del calostro se evaluó por medio de un calostrómetro Biogenics 09359 Highway 126 Mapleton, Oregon 97453, durante las tres primeras horas posteriores al parto, tomando una muestra de 750 mL de calostro a temperatura ambiente y clasificándose en color verde (superior) de 101 A 125 g/L de IG, color amarillo (moderado) de 51 a 100 g/L y color rojo (inferior) de 25 a 50 g/L. El efecto del tratamiento de alimentación y suplementación de las vacas donde se aseguró un consumo de MST de 13.4 a 13.7 kg desde 21 días antes del parto, sobre el PM2 y la GDP de sus crías fue significativo ( $P < 0.05$ ) a favor de los T1 = 73.7 y 0.667 kg; T2 = 86.1 y 0.823 kg vs T3 = 56.8 y 0.350 kg (testigo), respectivamente, y una menor mortalidad ( $P < 0.05$ ) de las crías del

<sup>148</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Campo Experimental La Posta. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México. \*Correspondencia: zarate.juan@inifap.gob.mx

<sup>149</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Km. 18.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México.



nacimiento a los dos meses de vida ( $T_1=6.66\%$  y  $T_2=0\%$ ) en comparación con un hato donde no se suplementa a las vacas desde 21 día antes del parto ( $T_3=20.58\%$ ). La alimentación con un mayor consumo de MS a partir de los 21 días preparto no tuvo un efecto ( $P>0.05$ ) sobre la calidad del calostro de vacas en el trópico.

**Palabras clave:** alimentación preparto, peso a los dos meses, ganancia diaria de peso

## Introducción

La ganadería lechera con manejo de doble propósito en el trópico húmedo de México, basa su alimentación en dietas casi exclusivas de forraje, tanto en la etapa preparto como postparto (Román, 1981). En ciertos casos, estas dietas son suplementadas sólo después del parto con alimentos concentrados. Es conocido que existe una etapa prioritaria de atención de la vaca tres semanas antes del parto y tres semanas después del parto, denominando a este periodo “transición” (Hans, 2008). Sin embargo, en la mayoría de los sistemas con manejo doble propósito, esta etapa es totalmente ignorada. Este periodo se caracteriza por una disminución del consumo de alimento, cuya recuperación se produce de una a dos semanas después del parto. Por otra parte, una suplementación o nutrición inadecuada durante el período seco, genera una disminución de Igs en el calostro, lo que influye sobre la absorción de las mismas en la cría (Orskov, 1990). Un calostro de buena calidad se produce por vacas con un estado nutricional adecuado, siendo la energía y los aminoácidos algunos de los nutrientes más importantes en el desarrollo de los componentes del sistema inmune (Dawson *et al.*, 1999). En la mayoría de las ganaderías tropicales, la crianza del becerro se le deja a la vaca. Es decir que el becerro es amamantado por la madre, permaneciendo con ella más allá de su secado. Es sabido que una vaca de “doble propósito” que es ordeñada y alimenta su cría al mismo tiempo, criará un becerro desnutrido (Barraza *et al.*, 2001). En realidad, el cuidado del becerro debe comenzar antes del parto, suplementando a la vaca con



alimentos de alto contenido energético y vacunándola contra las enfermedades que más afectan a los terneros (Román *et al.*, 2009). Este trabajo tuvo como objetivo ver el efecto que tiene una alimentación con dos diferentes niveles de suplementación y consumo voluntario de MS (T1 y T2), en vacas de doble propósito, desde 21 días antes del parto sobre el peso de sus crías a los dos meses posparto, la ganancia de peso durante los dos primeros meses de vida y la mortalidad durante este período en comparación con un hato de doble propósito (T3) donde no reciben un manejo de alimentación y suplementación preparto.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Posta, CIRGOC, INIFAP; ubicado en Paso del Toro, Ver., México, en el km 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, de agosto de 2017 a enero de 2018. El clima de la región es Aw, caliente, subhúmedo, con temperaturas y precipitación promedio anual de 25°C y 1461 mm, respectivamente, y humedad relativa de 75% (García, 1989). La altura sobre el nivel del mar es de 16 m. La posición geoespacial comprende los paralelos 19° 02' de Latitud Norte y 96° 08' de Longitud Oeste.

### **Manejo de vacas y crías**

Se utilizaron 22 vacas multíparas Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, las cuales ingresaron al experimento 21 días antes del parto y fueron alojadas en corrales individuales hasta los 90 días posparto. Durante el período preparto, a todas las vacas se les ofreció una cantidad fija de concentrado (T1= 5 kg y T2 = 3.5 kg) con 16% de PC y 70% de TND, más forraje de diferentes variedades de *Pennisetum purpureum*, a libertad. Al parir, las vacas se ordeñaron una vez al día con el apoyo del becerro; a las ocho horas después del ordeño, los becerros se amamantaron a libertad y se retiraron hasta el día siguiente. Se estimó el consumo voluntario (CV) diario por diferencia del alimento ofrecido menos el rechazado. La primera vaca que





parió, se asignó al T1, la siguiente al T2, y así sucesivamente, hasta completar 11 repeticiones por tratamiento, respectivamente. Adicionalmente se tomaron los datos de los registros de peso al nacimiento y ganancia diaria peso de las crías de 40 vacas del Módulo de Doble propósito del C. E. La Posta, durante el mismo período para tener un tercer grupo testigo sin el manejo que corresponde a la alimentación preparto de las vacas y manejo del amamantamiento de las crías durante los primeros dos meses de vida. El contenido de materia seca (MS) en la dieta se determinó tomando cada 15 días muestras del forraje y del concentrado ofrecido durante el período experimental o cada vez que se tenía un lote nuevo en el caso del concentrado para realizar análisis de composición química. El forraje y el concentrado se analizaron en el Laboratorio de Nutrición y Forrajes del Campo Experimental La Posta (CIRGOC, INIFAP). Se tomaron dos muestras de 500 g c/u: una se secó a 100°C durante 24 h para determinar contenido de MS, la otra se secó a 55°C durante 48 h. Esta última se molió en un molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) y se pasó por malla de 1 mm. Se determinó contenido de MS, cenizas, grasa cruda y proteína cruda (Van Soest *et al.*, 1991). La condición corporal (CC) de las vacas se tomó cada 14 días en escala del 1-5, por tres evaluadores independientes y los pesos de las crías al nacimiento, al primero y segundo mes de vida con una báscula digital marca TRU-TEST® modelo EW5. La calidad del calostro se evaluó por medio de un calostrómetro Biogenics 09359 Highway 126 Mapleton, Oregon 97453, durante las tres primeras horas posteriores al parto, tomando una muestra de 750 mL de calostro a temperatura ambiente y clasificándose en color verde (superior) de 101 A 125 g/L de IG, color amarillo (moderado) de 51 a 100 g/L y color rojo (inferior) de 25 a 50 g/L. En el tratamiento testigo (T3), las vacas se pastorearon en potreros con diferentes variedades de pastos introducidos y se ofreció una cantidad de concentrado (18% PC) a granel durante el tiempo que dura el ordeño de cada vaca y se dejó un cuarto de la ubre y la leche residual para el consumo exclusivo de sus crías.



## **Análisis estadísticos**

El diseño experimental fue un completamente al azar. La variable independiente fue consumo de MS para los T1 y T2. Se utilizó el tratamiento como efecto fijo, CC como variable dependiente. Peso al nacimiento, peso al segundo mes de vida y ganancia diaria de peso del nacimiento al segundo mes de vida se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT R 9.3 User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.), con un modelo estadístico preliminar que incluyó tratamiento de la vaca, año de nacimiento, época de nacimiento, sexo del becerro, las interacciones de primer orden (de dos factores) entre los efectos principales, y el peso (kg) y la edad de la vaca al parto (días), como covariables. El modelo definitivo incluyó todos los efectos principales más las interacciones y/o las covariables que resultaron significativas. La calidad del calostro se analizó con el procedimiento modelos lineales generalizados (PROC GLM) del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), con un modelo estadístico que incluyó los efectos fijos de tratamiento y genotipo de la vaca. En análisis preliminares se incluyó la edad de la vaca y la condición corporal al parto como covariables; sin embargo, no fueron significativas, por lo que no se incluyeron en el modelo definitivo.

## **Resultados y discusión**

### **Consumo voluntario**

Comparando los tratamientos, el consumo de materia seca de forraje fue mayor ( $P < 0.05$ ) para el T2, las vacas con nivel bajo de concentrado, comieron más forraje que las vacas con nivel alto de concentrado (T1; Cuadro 1). Es notorio el esfuerzo que hacen las vacas con nivel alto de consumo de forraje (dado que el consumo de concentrado está restringido por motivos experimentales). El valor de un forraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química (Allen, 2000). El consumo voluntario se debe conocer o predecir para determinar la proporción de sus requerimientos que pueden ser cubiertos vía forrajes de baja calidad y así se pueda calcular la cantidad de



concentrado complementario por día. Un claro entendimiento de los factores que regulan a corto plazo (cantidad consumida) y a largo plazo (grasa corporal), el apetito y el consumo voluntario (CV) del alimento el cual está controlado por las necesidades fisiológicas en las que el animal se encuentra. En el tratamiento testigo, se desconoce la cantidad de forraje y alimento concentrado efectivo que consumieron estos animales ya que pastorean en potreros y se ofrecía una cantidad de concentrado (18% PC) a granel durante el tiempo que duró el ordeño de cada vaca.

**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar de consumo de forraje y (CFO), rechazo de forraje (RFO) en base húmeda, consumo de materia seca de forraje (MSF), consumo total de materia seca (forraje + concentrado; MST) condición corporal (COC) y producción de leche por día (PLD) de vacas de doble propósito, por tratamiento.**

Tratamiento	Característica					
	CFO (kg)	RFO (kg)	MSF (kg)	MST (kg)	COC (unidades)	PLD (kg)
1	40.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	5.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	13.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.05 <sup>a</sup>	6.6 ± 0.4 <sup>a</sup>
2	40.5 ± 1.2 <sup>a</sup>	5.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	10.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	13.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.07 <sup>a</sup>	6.1 ± 0.6 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>Medias con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.01).

### Crecimiento de las crías del nacimiento a los dos meses de edad

El peso al nacimiento de los becerros no fue diferente para ninguno de los tratamientos (P>0.05). Sin embargo, el peso a los dos meses fue a favor de los T1 y T2 (73.7 y 86.1 kg) vs el T3 (56.8 kg). Además, la ganancia de peso a los dos meses de edad de los becerros de los T1 y T2 fue mayor (P<0.05) que la de los becerros del T3 (0.667 y 0.823 vs 0.350 kg respectivamente). Espinoza *et al.* (2014) y Estrada *et al.* (2014), reportaron que la GDP obtenida entre el nacimiento y el destete a los 90 d de becerras fue similar a los datos obtenidos en este trabajo ya que, para esta edad, el peso de las crías debería ser de al menos 102 kg, lo cual fácilmente se obtendrá en un mes más con las GDP del T1 y T2 (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar (kg) para peso al nacimiento (PN), peso al segundo mes de vida (PM2) y ganancia diaria de peso del nacimiento al segundo mes de vida (GDP) de becerros de doble propósito, por tratamiento.**

Tratamiento	PN	PM2	GDP
1	30.3 ± 1.9 <sup>a</sup>	73.7 ± 3.8 <sup>a</sup>	0.667 ± 0.050 <sup>a</sup>
2	35.8 ± 2.5 <sup>a</sup>	86.1 ± 5.1 <sup>a</sup>	0.823 ± 0.068 <sup>a</sup>
3	33.9 ± 0.8 <sup>a</sup>	56.8 ± 1.6 <sup>b</sup>	0.350 ± 0.022 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Medias con diferente literal dentro de columna son diferentes (P<0.01).

### Calidad de calostro

Un calostro de buena calidad se produce por vacas con un estado nutricional adecuado, siendo la energía y los aminoácidos algunos de los nutrientes más importantes en el desarrollo de los componentes del sistema inmune (Dawson *et al.*, 1999). Existe un consenso de que una buena inmunidad se logra cuando las crías alcanzan un mínimo de 10 mg de IgG por mL de suero sanguíneo. Concentraciones en el suero de menos de 5 mg/ml de IgG son evidencia de una falla en la transferencia de inmunidad pasiva. Las crías con niveles menores a 10 mg/ml tienen el doble de mortalidad que los que tienen niveles iguales o mayores, además de ser más sensibles a diarreas y neumonías (Apuntes de producción lechera, 2019). Sin embargo, los resultados encontrados en este trabajo, no pudieron mostrar (P>0.05) que una alimentación con dos niveles de suplementación y consumos voluntarios de forraje mayores a 13 kg desde 21 días antes del parto (T1 y T2), lograran imponer una diferencia en la calidad del calostro producido por vacas doble propósito en contra del testigo (T3), donde no se suplementó 21 días antes del parto (Cuadro 3). Por lo anterior, es posible que se deba prevenir un mejor estado nutricional de las vacas durante su período seco mucho antes de los 21 días posparto.

**Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar (EE) para la calidad del calostro de vacas de doble propósito, por tratamiento.**

Tratamiento	Media ± EE
1	39.20 ± 11.53 <sup>a</sup>
2	72.80 ± 14.53 <sup>a</sup>
3	41.60 ± 16.18 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Las medias no son estadísticamente diferentes (P>0.05).





### **Mortalidad de las crías**

Se obtuvo una menor mortalidad de las crías del nacimiento a los dos meses de vida ( $T_1 = 6.66\%$  y  $T_2 = 0\%$ ) en comparación con el grupo testigo donde no se suplementó a las vacas desde 21 días antes del parto ( $T_3 = 20.58\%$ ). Se estima que el 10% de la pérdida de crías representa un problema, aceptándose valores de alrededor del 5% de mortalidad perinatal, teniendo en cuenta siempre el tipo de sistema de producción, ambiente, cruces, etc. (Soni *et al.*, 1992). Sumando este resultado de mortalidad a las demás variables analizadas, se alcanza a apreciar una tendencia en general a favorecer a la dieta con mayor consumo voluntario de MS disponible del forraje ( $T_2$ ), ya que las vacas de este tratamiento son las que muestran las crías con tendencias a un mayor peso a los dos meses de vida (86.1 kg) y mayor ganancia diaria de peso (0.823 kg) así como la producción de calostro moderado de 51 a 100 g/L, mientras que los  $T_1$  y  $T_2$  están en el rango del calostro inferior de 25 a 50 g/L.

### **Conclusiones**

1. Implementar un manejo de la alimentación a partir de 21 días antes del parto suplementando de 3.5 a 5 kg de concentrado al 16% de PC y asegurando un consumo voluntario de entre 13.4 y 13.7 kg de materia seca hasta los dos primeros meses posparto en vacas del trópico, resultó en una mayor ganancia de peso de sus crías durante los dos primeros meses de vida.
2. Implementar un manejo de la alimentación a partir de 21 días antes del parto suplementando de 3.5 a 5 kg de concentrado al 16% de PC y asegurando un consumo voluntario de entre 13.4 y 13.7 kg de materia seca hasta los dos primeros meses posparto en vacas del trópico, resultó en una menor mortalidad de las crías del nacimiento a los dos meses de vida.
3. Implementar un manejo de la alimentación a partir de 21 días antes del parto suplementando de 3.5 a 5 kg de concentrado al 16% de PC y asegurando un consumo voluntario de entre 13.4 y 13.7, no resultó en una mayor calidad del calostro. Sin embargo, el  $T_2$  produjo un calostro moderado.



## Literatura citada

- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*83:1598.
- Apuntes de producción lechera: neonatología del ternero Dr. (DV) Jorge WENZEL Lic. Mauro MOWSZOWICZ [jorge.l.wenzel@gmail.com](mailto:jorge.l.wenzel@gmail.com) [dairyintl@gmail.com](mailto:dairyintl@gmail.com). [Consultado el 29 de julio de 2019].
- Barraza, D., L. Motta., C. Rugeles., G. Martínez. y H. Flórez. 2002. Efecto del clima tropical en la adquisición de inmunidad pasiva y la fisiología del ternero neonato doble-propósito en condiciones tropicales calidas húmedas [en línea]. Colombia: Corpoica, 2002 [consultado el 25, julio, 2019]. URL: <http://www.turipana.org.co>.
- Dawson, L. E.R., F. Carson A. and J. Kilpatrick D. The effect of the digestible undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Anim Feed Sci Tech.* 1999; 82:21-36.
- Espinosa, M. M. A., E. Estrada, C., R. Barretero, H., E. Rodríguez, H. y M. C. Escobar, R. 2014. Crianza de becerras para sistemas familiares/ semitecnificados de producción de leche. CENIDFyMA-INIFAP, Fundación Produce Qro. 64 p.
- Estrada, C. E., J. P. Gutierrez., M. A. Espinosa, M., L. J. Montiel, O., H. R. Vera, A. y R. Ramírez, H. 2014. Identificación de prácticas de manejo que afectan el desarrollo de becerras lactantes en establos semitecnificados/familiares de producción de leche en Los Altos de Jalisco. Memorias de la 26 Semana Internacional de Agronomía; 2014; Venecia (Durango) México.
- García E. 1988. Distribución de los grupos climáticos de Köppen en México. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F.
- Hans Andresen S. 2008. La vaca en transición. [www.perulactea.com](http://www.perulactea.com). [Consultado el 09 de julio de 2018].
- Orskov ER. Nutrición de los rumiantes. Zaragoza: Editorial Acribia, 1990.



- Román-Ponce H. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Centro de Investigación Regional Golfo-centro. Libro Técnico 23. Veracruz, Veracruz.
- Román-Ponce H. 1981. Potencial de producción de los Bovinos en el trópico de México. Instituto nacional de Investigaciones Pecuarias SARH. Centro experimental pecuario, Paso del Toro. Libro Técnico Ciencia Veterinaria. Veracruz, México.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT R 9.3 User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- Soni C.A., G. Draghi M. y D. Rochinotti. 1992. Aborto muerte perinatal y de la joven edad en Bovinos de Corrientes. Resumen anual INTA EEA Mercedes, Corrientes.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson y B. A. Lewis. 1991. Analysis of forage and fibrous foods. Cornell University Ithaca N.Y., USA. 164p.



## DEGRADABILIDAD RUMINAL DEL FOLLAJE DE *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray EN NOVILLAS CRUZADAS

Edwin Feliciano Osorio May<sup>150</sup>, Agustín Manrique Martín<sup>150</sup>, Armín Abelardo Luna Mendicuti<sup>150</sup>, Nery María Ruz Febles<sup>150</sup>, María José Campos Navarrete<sup>150</sup>, Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez<sup>151</sup>, Alfonso Juventino Chay Canul<sup>152</sup>, Fernando Casanova Lugo<sup>153</sup>, Luis Enrique Castillo Sánchez<sup>150</sup> y Jorge Rodolfo Canul Solis<sup>150\*</sup>

### Resumen

Las leguminosas arbóreas y arbustos tienen una biomasa rica en nutrientes, se pueden utilizar como suplementos en las dietas para los rumiantes y aumentar la ingesta y la digestibilidad de los forrajes de menor calidad. Por lo tanto, es importante conocer las características de degradación y su potencial para la alimentación de rumiantes en el trópico. En el presente estudio se determinó la degradación ruminal *in situ* de *Tithonia diversifolia*, la planta se cortó a los 120 días de edad, separado en hoja, tallo tierno y tallo maduro. Se utilizaron cuatro novillas cruzadas canuladas en el rumen y se aplicó la técnica de la bolsa de nylon, las muestras fueron retiradas del rumen a las 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 72 y 96 horas post incubación, para obtener la curva de degradación se utilizó el promedio de cuatro bolsas por hora de incubación en cada componente forrajero. La degradación las fracciones fue mayor en hojas, seguida por tallo tierno y tallo maduro. La velocidad de degradación de las hojas fue superior (0.05%/h) seguido por tallo tierno (0.22%/h) y tallo maduro (0.10%/h). Los componentes forrajeros de *T. diversifolia* sugieren un alto valor nutricional para la suplementación de rumiantes en el trópico.

**Palabras clave:** cinética, componentes forrajeros, rumen, suplementación

<sup>150</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán. \* [jcanul31@gmail.com](mailto:jcanul31@gmail.com)

<sup>151</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Conkal.

<sup>152</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias.

<sup>153</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de la Zona Maya.





## Introducción

Las arbóreas y arbustos tienen una biomasa rica en nutrientes, específicamente proteínas, vitaminas y minerales, por lo que se pueden utilizar como suplementos en las dietas para los rumiantes y aumentar la ingestión y la digestibilidad de los forrajes de menor calidad (Ku-Vera *et al.*, 2013). *T. diversifolia* es un arbusto endémico del sureste mexicano con propiedades medicinales y forrajeras; bajo condiciones silvestres sirve como fuente de néctar para la apicultura y como fuente de forraje de animales silvestres. *T. diversifolia* presenta niveles elevados en proteínas y carbohidratos solubles (Gallego-Castro *et al.*, 2014); el follaje presenta 18.52 a 24.13% de PC, 32.94 a 38.62% de FDN y 10.33 a 34.48% de FDA (Nieves *et al.*, 2011; Gallego-Castro *et al.*, 2014). Se ha reportado para diversos arbustos valores promedio de degradación en los parámetros: a (15-46.8%), b (22.3-97.6%) y c (13-24%/h) (Kaitho *et al.*, 1998); resultados similares se han observado con arbóreas como *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbek*, *Moringa oleifera* y *Gliricidia sepium* (Ndemanisho *et al.*, 2007). Debido al potencial forrajero reportado en arbustos y arbóreas, se planteó el objetivo de determinar las características de degradación *in situ* del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia*.

## Materiales y métodos

### Sitio experimental

El experimento se realizó en el área de producción bovina del Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán, México (21° 09´ 29´ N, 88° 10´ 21´ W) a una altitud de 20 m. El clima según la clasificación de Köppen es cálido húmedo con lluvias en verano ( $Aw_0$ ), la precipitación promedio anual es de 1167 mm, con temperatura promedio anual de 27°C, humedad relativa de 68.5 a 86.3% (García, 1973). La temporada de lluvias se concentra entre junio y octubre. El suelo predominante es el Litosol, con una fertilidad promedio de 1.5-1.9% de carbono orgánico y un pH de 6.7 a 7.3, poco profundo con áreas rocosas y relativamente infértil (Bautista, 2005).



### **Establecimiento y manejo de parcelas experimentales**

*T. diversifolia* se estableció a través de material vegetativo (varetas) a una densidad de siembra de 1.0 x 0.5 m entre hilera y planta, respectivamente. Posteriormente, se delimitaron 10 parcelas experimentales de 4 x 2 m con el fin de obtener una muestra homogénea del follaje de *T. diversifolia*. El corte de uniformización se realizó a 0.50 y 0.75 m de altura sobre el ras de suelo. A los 120 días de rebrote, se realizó el corte para procesar la biomasa y posteriormente realizar la degradación *in situ*.

### **Degradación in situ**

La biomasa de *T. diversifolia* fue sometida a secado en una estufa de aire forzado a 48 a 55°C. Posteriormente se procesó en un molino tipo Willey a tamaño de partícula de 0.85 mm. El proceso de la degradación *in situ* se realizó en cuatro novillas cruzadas canuladas en el rumen en las que se incubaron cuatro bolsas de degradación por animal por cada hora de incubación (Ørskov y McDonald, 1979). Las muestras se retiraron del rumen a las 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 72 y 96 horas post incubación. Para la obtención de la curva de degradación se utilizó el promedio de cuatro bolsas por hora de incubación en cada componente forrajero.

### **Análisis de la información**

Los datos de degradación fueron ajustados a través de la ecuación:

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Donde: a es la intersección de la curva de degradación en el tiempo cero, b es la degradabilidad potencial del componente que se degradará con el tiempo, c es la constante de velocidad para la degradación de b.

Para el ajuste de la función se utilizó el programa Qtplot 0.9.8.9 svn 2288 (Vasilief, 2004-2011).



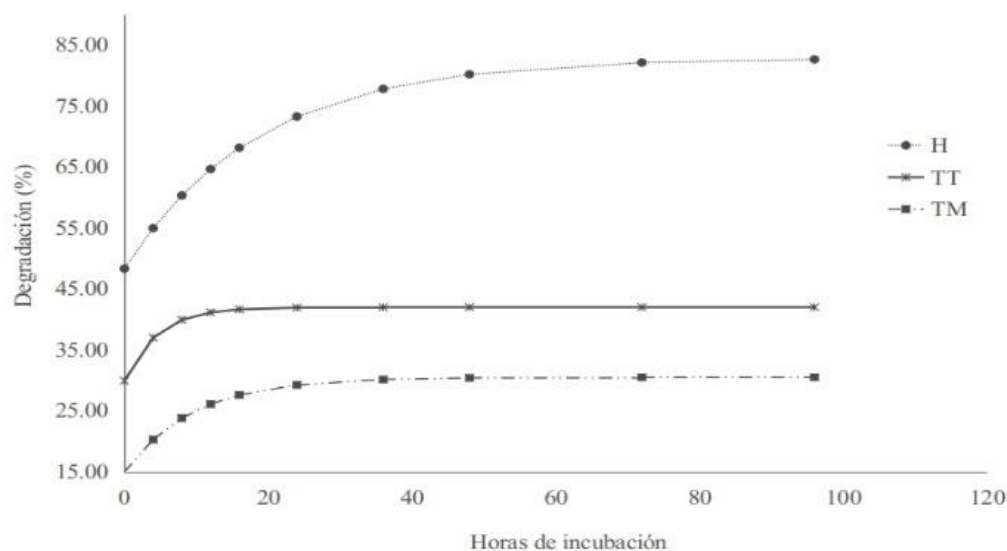
## Resultados y discusión

La degradación de la fracción a y b en *T. diversifolia* fue mayor en hojas, seguida por tallo tierno y tallo maduro, respectivamente. La velocidad de degradación de las hojas fue superior (0.05%/h) seguido por tallo tierno (0.22%/h) y tallo maduro (0.10%/h), respectivamente (Cuadro 1). La degradación de la MS de los componentes forrajeros de *T. diversifolia* se presentan en la Figura 1.

**Cuadro 1. Parámetros de la cinética ruminal de la MS de hojas, tallo tierno y tallo maduro de *Tithonia diversifolia* de cuatro meses de edad.**

Fracciones	Hojas	Tallo Tierno	Tallo Maduro
a	48.255	29.863	14.907
b	34.520	12.063	15.530
c	0.053	0.220	0.105
a+b	82.775	41.926	30.437

a: fracción rápidamente degradable (%); b: fracción potencialmente degradable (%); c: tasa de degradación de la fracción b (%/h).



**Figura 1. Curva de degradación de la MS de los componentes forrajeros de *Tithonia diversifolia*.**

Los resultados de degradabilidad de *T. diversifolia* observados son similares a los reportados para diversos arbustos, Kaitho *et al.* (1998) para diversos arbustos obtuvieron valores promedio para el parámetro a de 15-46.8%, b de 22.3-97.6% y c de



13-24%/h. Por su parte, Ndemanisho *et al.* (2007) con *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbeck*, *Moringa oleifera* y *Gliricidia sepium* observaron valores que se encuentran dentro del rango observado en el presente estudio para la degradación efectiva de la materia seca de *T. diversifolia*. Estos resultados sugieren que es posible utilizar *T. diversifolia* como fuente de suplemento en la producción de rumiantes en el trópico, esto debido a que en las regiones tropicales los pastos generalmente son de bajo nivel proteico y no alcanzan a cubrir los requerimientos para la producción animal. Similarmente, en hojas de *Sesbania grandiflora*, Ash (1990) reporta una desaparición en el rumen del 75% de la materia seca de las hojas a las 12 horas de incubación, lo cual es ligeramente superior a lo observado en el presente estudio en las hojas *T. diversifolia*. Los resultados son superiores a los reportados por Ash (1990) en *Albizia chinensis* con una degradabilidad de 39% después de 49 h de incubación ruminal.

## Conclusiones

Los resultados de la cinética de degradabilidad ruminal *in situ* de la MS de los componentes forrajeros de *Tithonia diversifolia* sugieren un alto valor nutricional para la suplementación de rumiantes en el trópico.

## Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento al proyecto “Recursos forrajeros tropicales para la adaptación de la producción ovina al cambio climático” con clave 6585.18-P y “Efecto de los hongos micorrícicos arbusculares en el crecimiento inicial de especies arbóreas forrajeras tropicales” con clave 5952.19-P.





## Literatura citada

- Ash, A. J. 1990. The effect of supplementation with leaves from the leguminous trees *Sesbania grandiflora*, *Albizia chinensis* and *Gliricidia sepium* on the intake and digestibility of guinea grass hay by goats. *Animal Feed Science and Technology* 28(3-4): 225-232.
- Bautista, F. y Palacio G. 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche, Mérida, Yucatán.
- Gallego-Castro, L. A., Mahecha-Ledesma, L. y Angulo-Arizala, J. 2014. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana* 25(2): 393-403.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 33 p.
- Kaitho, R. J., Umunna, N. N., Nsahlai, I. V, Tamminga, S. and Bruchem, J. V. 1998. Nitrogen in browse species: ruminal degradability and post-ruminal digestibility measured by mobile nylon bag and *in vitro* techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 76(4): 488-498.
- Ku-Vera, J. C., A. J. Ayala-Burgos., F. J. Solorio-Sánchez., E. G. Briceño-Poot., A. Ruiz-González., A T. Piñeiro-Vázquez., M. Barros-Rodríguez., A. Soto-Aguilar., J. C. Espinoza-Hernández., S. Albores-Moreno., A. J. Chay-Canul., C. F. Aguilar-Pérez., L. Ramírez- Avilés. and Bazán-Godoy J. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. In: Salem, A. F. Z. M. (ed). *Nutritional Strategies of Animal Feed additives*. Nova Science Publishers, Inc., New York. pp: 59-76.
- Ndemanisho, E. E., Kimoro, B. N., Mtengeti, E. J. and Muhikambe, V. R. M. 2007. In vivo digestibility and performance of growing goats fed maize stover supplemented with browse leaf meals and cotton seed cake based concentrates. *Livestock Research for Rural Development*, 19(8).
- Nieves, D., O. Terán, L. Cruz, M. Mena, F. Gutiérrez, y Ly J. 2011. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: 309-314.



Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science* 92 (2): 499-503.

Vasilief, I. 2004-2011. Qtpplot 0.9.8.9 svn 2288. Copyright (C). 2004-2011.



## VALOR NUTRITIVO DE DIETAS A BASE DE FORRAJE Y CONCENTRADO PARA CORDEROS

Javier Enrique Castillo Huchim<sup>154\*</sup>, Javier G. Cantón Castillo<sup>154</sup>, María Aurelia López Herrera<sup>154</sup>, Rosendo Alberto Alcaraz Romero<sup>154</sup> y Lenny Malu Dzul Tepal<sup>155</sup>

### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar el consumo de alimento concentrado, forraje y consumo total de materia seca (MS), así como la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) de las dietas experimentales mediante la inclusión de diferentes fuentes de forraje. Se utilizaron 12 corderos F1 Katahdín x Pelibuey (KtPb), los cuales se distribuyeron mediante un diseño totalmente al azar a cuatro tratamientos y tres repeticiones; 1) 100% Alimento comercial (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), ACMA; 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*Panicum maximum*), ACPMO y 4) 70% AC + 30% CT-115 (*P. purpureum*), ACPCT. Los tres pastos tenían 80 días de edad al inicio del experimento y se proporcionaron picados en verde. Los animales se alojaron de manera individual en jaulas metabólicas de madera, provista de comedero, bebedero y recolectores para heces y orina. Las variables en estudio fueron: Consumo de concentrado (CC), Consumo de forraje (CF), Consumo total de materia seca (CTMS), Porcentaje de concentrado consumido (PCC) y Porcentaje de forraje consumido (PFC). Así como, porcentajes de digestibilidad de MS, Cenizas, PC, FDN y FDA. Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto del tratamiento, todo esto a través de los procedimientos del SAS (SAS, 2009). No se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el consumo de concentrado (kg) entre tratamientos, con un promedio de 1.09 kg/día de alimento. La dieta del Tratamiento 2 presenta características sobresalientes de consumo de concentrado y la dieta del

<sup>154</sup>Campo Experimental Mochochá-INIFAP. Correspondencia: castillo.javier@inifap.gob.mx

<sup>155</sup> Instituto Tecnológico de Conkal.



Tratamiento 3 sobresale en consumo forraje de MS. Así mismo, la dieta del Tratamiento 2 resultó con los mejores resultados de digestibilidad de MS, Cenizas, PC, FDN y FDA. El mayor porcentaje de digestibilidad de la MS fue para el Tratamiento 1 (82.23), le siguen los Tratamientos 2 y 4 (79.39) y por último 78.17 % para el Tratamiento 3. La dieta con ACMA resultó con los mejores resultados de digestibilidad de MS, Cenizas PC, FDN y FDA con relación a las dietas que contenían otros forrajes.

**Palabras clave:** digestibilidad, Maralfalfa, Mombaza, CT-115

## Introducción

En el medio ganadero, existe baja productividad de praderas y animales, debido al desconocimiento del manejo y uso de las especies forrajeras. En México recientemente se han introducido algunos genotipos mejorados, que prometen superar las limitantes propias de los forrajes tropicales, entre estas destacan los clones del género *Pennisetum purpureum* CT-115, OM-22 y Camerún, generados en Cuba. También, se introdujo el pasto Maralfalfa como un híbrido reportado como de alto rendimiento y calidad nutritiva superior a sus pares del mismo género. Así como entre los pastos de crecimiento amacollados de porte alto destaca el pasto Mombaza (*Panicum maximun*). La evaluación agronómica y nutricional constante de especies forrajeras es una demanda por parte de los productores, ya que se requiere de identificar nuevas alternativas de forrajes e incluirlos en la dieta de los ovinos en sistemas de alimentación en engorda en corrales en el estado de Yucatán. En la actualidad el uso de forrajes ha tomado relevancia en la alimentación de ovinos en corrales de engorda. Por consiguiente, es necesario generar mayor información para que en el futuro se haga un uso intensivo y adecuado de los recursos forrajeros en la alimentación ovina en corral. Quienes manejan estos recursos necesitarán información acerca de las plantas forrajeras y los ingredientes usados en la elaboración de la dieta de los animales que los mismos consumen. Además, deberá





conocer la composición química, los valores energéticos y la digestibilidad de estas plantas a utilizar en la alimentación ovina. Los análisis químicos de las plantas que componen la dieta son usados frecuentemente para estimar el contenido de nutrientes en el forraje para animales en corrales de engorda. Muchas variables afectan la composición química de los forrajes: especies de plantas, precipitación, estaciones del año, etapa fenológica, fertilidad del suelo, temperatura, degradación de la planta en el tracto digestivo y otros. Por lo tanto, la composición química y digestibilidad de los ingredientes de la dieta de los animales en engorda, estará directamente relacionada con el contenido de nutrientes de las especies a utilizar. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el valor nutricional (consumo y digestibilidad) de diferentes fuentes de forraje en la dieta de corderos F1 Katahdín (Kt) x Pelibuey (Pb).

## Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Mocochoá, ubicado en el kilómetro 25 de la antigua carretera Mérida a Motul, entre los paralelos 21° 06' Latitud Norte y el meridiano 89° 27' Longitud Oeste a una altitud de 8 m sobre el nivel del mar. El clima es cálido subhúmedo de tipo A ( $w_0$ ) con una temperatura media anual de 26.5°C y una precipitación pluvial promedio de 800 mm al año, con lluvias durante el verano y una estación seca de 6 meses básicamente durante el invierno y primavera. Se utilizaron 12 borregos con un peso vivo promedio de 40.89 kg, las cuales se distribuyeron mediante un diseño totalmente al azar a los cuatro tratamientos; 1) 100% Alimento comercial (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.), ACMA; 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*Panicum maximum*), ACPMO y 4) 70% AC + 30% CT-115 (*P. purpureum*), ACPCT. La dieta total ofrecida (concentrado y forraje) fue del 5% en base seca en relación a su peso vivo. Cada tratamiento constó de tres repeticiones y cada una de éstas consistió en un animal instalado en una jaula metabólica de madera y provista de comedero, bebedero y



recolectores para heces y orina. Previo al inicio de la prueba, los borregos se desparasitaron internamente (Levamisol) y tuvieron un periodo de adaptación a las dietas y jaulas de 10 días (27 de octubre al 5 de noviembre de 2018). Se llevó a cabo una prueba (6 al 13 de noviembre de 2018) para determinar la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), Cenizas, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de las dietas experimentales, se siguió la metodología descrita por Rodríguez y Llamas (1990). Se proporcionó primero por las mañanas el alimento comercial (08:00 am) y posteriormente se suministró el forraje a partir de las 12:00 pm. Se realizó un período de mediciones de 7 días, en el cual se determinó el total de heces producidas por día, así como el consumo de alimento, pesando diariamente la cantidad de alimento y forraje ofrecido y rechazado. Una vez determinado el total de heces producidas, se tomaron muestras representativas (10%), así como también de alimento y del forraje ofrecido y rechazado diariamente para posteriormente determinar en laboratorio su contenido de MS, Cenizas, PC, FDN, FDA, de acuerdo a los procedimientos descritos por la AOAC (AOAC, 2000). Los cálculos que se hicieron para la determinación de la digestibilidad. El consumo de MS, se calculó por diferencia; es decir, alimento ofrecido menos alimento rechazado. El porcentaje de digestibilidad (D) de la materia seca del alimento ofrecido se calculó con la siguiente ecuación:  $D, \% = (MS \text{ consumida} - MS \text{ excretada de heces} \times 100) / MS \text{ consumida}$ . Los datos se analizaron con el Proc GLM de SAS (SAS, 2009). Las diferencias entre medias fueron realizadas con la prueba de Tukey.

## Resultados y discusión

Los resultados de la composición química de las diferentes dietas experimentales se presentan en el Cuadro 1. Se puede apreciar un elevado contenido de PC, EM, Calcio y Fósforo en el alimento comercial con valores de 14.4 %, 2.64 EM, 6.3 g y 3.2 g respecto a los demás tratamientos con 30% de pastos Maralfalfa, Mombaza y CT 115. Le sigue en orden de importancia los tratamientos a base de 30% de pastos



Maralfalfa y Mombaza con promedios de 12.7% de proteína, 2.25 de EM y 2.9 g de Fósforo, lo anterior es de importancia, por su incremento en la utilización de dietas de complemento de la dieta de los animales en corral.

**Cuadro 1. Composición química de las diferentes dietas experimentales.**

Componente	Alimento	Concentrado	Concentrado	Concentrado
	Concentrado	70% + 30 %	70 % + 30 %	70% + 30%
	100%	Maralfalfa	Mombaza	CT115
Proteína (%)	14.40	12.93	12.47	12.30
Energía metabolizable (EM)	2.64	2.45	2.45	2.40
Calcio (g)	6.3	5.8	5.6	6.5
Fósforo (g)	3.2	2.8	3.0	2.7

AC= Alimento comercial; EM= Energía metabolizable (Mcal EM/kg MS); \* Estimado con base al NRC (1985).

No se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el consumo alimento concentrado (kg) entre los animales que consumieron las dietas con los tratamientos AC, ACPMA, ACPMO y ACPCT, con promedio de 1.09 kg/día de alimento (Cuadro 2); Valor muy similar al reportado por Castillo *et al.*, (2018) para alimento concentrado (1.06 kg/día) pero superior con las mismas dietas ACPMA, ACPMO y ACPCT con valor promedio de 0.83 kg/día. Se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) atribuible al consumo de forraje con el mayor valor para ACPMO (0.38 kg), respecto a los pastos ACPMA y ACPCT con promedio de 0.29 kg.; valores similares fueron reportados por Castillo *et al.* (2018) con promedio de 0.27 kg de MS/día, pero sin ser diferente entre las dietas ACPMA, ACPMO y ACPCT.

El consumo Total de Materia seca (MS) por día, mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos ACPMA, ACPMO y ACPCT con promedio de 1.39 kg, respecto a AC (1.15 kg/ día). Este se considera un consumo de alimento estándar en corderos jóvenes con un potencial de crecimiento rápido como al observado por Vázquez *et al.* (2011) para razas cárnicas especializadas de Katahdin con Suffolk (1.30 kg MS/día) y superiores a los observados por Castillo *et al.* (2018) con promedios de 1.09 kg para Consumo de alimento concentrado y forraje con las mismas dietas y con animales cruzados de Pelibuey\*Kahtadin. Sin embargo, al analizar el porcentaje (%) de consumo de forraje y concentrado por separado se encontró diferencia



significativa ( $P < 0.05$ ) atribuibles en el caso de consumo de forraje, al tratamiento mismo AC; siendo mayor en el consumo de ACPMO (26.88%), respecto a ACMA y ACPCT con promedios de 21.07%. De acuerdo al porcentaje de alimento ofrecido (70%) en las diferentes dietas, la dieta ACPMO fue la que más se acerca a lo ofrecido (73.12%), respecto ACMA y ACPCT con 78.93% (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Consumo de alimento y diferentes fuentes de forraje (media  $\pm$  desviación estándar) en corderos cruzados Katahdin con Pelibuey.**

Variable	Alimento Concentrado 100%	Concentrado 70% + 30 % Maralfalfa	Concentrado 70 % + 30 % Mombaza	Concentrado 70% + 30% CT115
n	3	3	3	3
Peso Inicial (kg)	40.23	41.70	40.83	40.80
Consumo de concentrado/animal (kg)	1.15 $\pm$ 0.04a	1.09 $\pm$ 0.04a	1.03 $\pm$ 0.04a	1.1 $\pm$ 0.04a
Consumo de forraje/animal (kg)	0 $\pm$ 0.01c	0.3 $\pm$ 0.01b	0.38 $\pm$ 0.01a	0.27 $\pm$ 0.01b
Consumo total MS/animal (kg)	1.15 $\pm$ 0.04b	1.39 $\pm$ 0.04a	1.41 $\pm$ 0.04a	1.37 $\pm$ 0.04a
Consumo de concentrado/animal (%)	100 $\pm$ 1.01a	77.91 $\pm$ 1.01b	73.12 $\pm$ 1.01c	79.95 $\pm$ 1.01b
Consumo de forraje/animal (%)	0 $\pm$ 1.01c	22.09 $\pm$ 1.01b	26.88 $\pm$ 1.01a	20.05 $\pm$ 1.01b

Media  $\pm$  desviación estándar; Literales diferentes en la misma hilera (a, b,c) indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

Los resultados indican que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de digestibilidad de las dietas, para las variables en estudio (Cuadro 3), MS, Cenizas, Proteína Cruda (PC), FND y FDA. El mayor porcentaje de digestibilidad de la MS fue para el tratamiento con AC (82.23), le siguen ACMA y ACPCT (79.39) y por último 78.17 para ACPMO. Valores muy por encima a los reportados por Correa (2006) en pasto Maralfalfa cosechado a 56 días con 56.9% en MS degradable en el rumen. Así mismo, inferiores a los reportados por Chacón y Vargas (2009) para el pasto *Pennisetum purpureum* cv. King grass cosechado a 75 días con 55.91% de digestibilidad in vitro de la MS. En cuanto a la digestibilidad de las cenizas, el mayor porcentaje fue para el tratamiento AC (82.32), le sigue en orden de importancia ACMA con 79.92% y por último ACMA y ACPCT con promedio de 78.64%; al respecto Alcaráz *et al.* (2014), reportan menor porcentaje (79.75) para la digestibilidad de las cenizas, con dietas





de alimento comercial con 15% de PC en borregas Pelibuey adultas y mejora al agregar 40% de forraje verde hidropónico (FVH) a la dieta a 81.04%.

**Cuadro 3. Digestibilidad de alimento y diferentes fuentes de forraje (media  $\pm$  desviación estándar) en corderos cruzados Katahdin con Pelibuey.**

Digestibilidad	Alimento Concentrado 100%	Concentrado 70% + 30% Maralfalfa	Concentrado 70% + 30% Mombaza	Concentrado 70% + 30% CT15
n	3	3	3	3
Digestibilidad de MS (%)	82.23 $\pm$ 0.92a	79.92 $\pm$ 0.92ab	78.17 $\pm$ 0.92b	78.85 $\pm$ 0.92ab
Digestibilidad de Cenizas (%)	82.32 $\pm$ 0.93a	79.92 $\pm$ 0.93ab	78.42 $\pm$ 0.93b	78.85 $\pm$ 0.93b
Digestibilidad de Proteína (%)	82.23 $\pm$ 0.94a	79.92 $\pm$ 0.94ab	78.17 $\pm$ 0.94b	78.24 $\pm$ 0.94b
Digestibilidad de FDN (%)	82.23 $\pm$ 0.92a	79.92 $\pm$ 0.92ab	78.17 $\pm$ 0.92b	78.85 $\pm$ 0.92b
Digestibilidad de FDA (%)	82.23 $\pm$ 0.90a	79.92 $\pm$ 0.90ab	76.42 $\pm$ 0.90c	78.85 $\pm$ 0.90cb

Media  $\pm$  desviación estándar; Literales diferentes en la misma hilera (a, b y c) indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

La digestibilidad de la proteína de la dieta fue ( $P < 0.05$ ) de mayor a menor en el AC (82.23%), ACMA con 79.92% y por último los tratamientos ACMO y ACPCT con promedio de 78.21%, valores muy por encima a los reportados por Alcaráz *et al.* (2014), para dietas con alimento comercial (75.58%), incrementando a 81.04% cuando le agregaba 40% de FVH. Así mismo fueron mayores a los reportados por Correa (2006) para el pasto Maralfalfa cosechado a 56 días con 69.1% de proteína degradable en el rumen. Las diferencias ( $P < 0.05$ ) de porcentaje de digestibilidad de la FND fue en su orden: 82.23% para la dieta AC, 79.05% para la dieta AC, 79.05%. Valores similares a los reportados por Alcaráz *et al.* (2014), para la dieta con alimento comercial (82.81%), sin reportar diferencias estadísticas cuando le agregaba de 20 a 60% de FVH. El contenido de FDA varió ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje siendo mayor en el AC (82.23%), le sigue en orden de importancia ACMA con 79.92%, CPCT con 78.85% y por último ACMO con 76.42% (Cuadro 3). Valores superiores a los reportados por Alcaráz *et al.* (2014), con (71.00%) para la digestibilidad de la FDA con dietas de alimento comercial con 15% de PC en borregas Pelibuey adultas y sin mejoras al agregar de 20 al 60% de FVH.



## Conclusiones

Las dietas a base de forraje presentaron características sobresalientes en consumo total de MS de los animales. Es probable que al incluir el concentrado en la dieta mejore la función ruminal de los corderos y junto con el concentrado, constituyan un suplemento adecuado para una utilización más eficiente de los componentes de la dieta. La dieta con ACOMO resultó con los mayores resultados de consumo de forraje. La dieta con ACMA resultó con los mejores resultados de digestibilidad de MS, Cenizas PC, FDN y FDA con relación a las dietas que contenían otros forrajes.

## Literatura citada

- Alcaráz, R. A., G. Cantón, J. J., A. Maya, M. y A. Domínguez, R. 2014. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) para ovinos Pelibuey. p. 73-76. *In*: XVIII Congreso Internacional Caprinos. Puebla.
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method .999.11.
- Castillo, H. J., G. Cantón, J. J., R. A. Alcaráz R., M. A. López, H. y R. Antonio. 2018. Uso de diferentes fuentes de forraje en la dieta sobre el crecimiento de corderos F1 Katahdín con Pelibuey. p. 168-171. *In*: VIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales SOMMAP 2018. Zacatecas, Zac.
- Correa, H. J. 2006. Calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. Volume 18.
- Chacón, H. P. A y C. F. Vargas, R. 2009. Digestibilidad y calidad del (*Pennisetum purpureum* cv King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20 (2): 399-408.
- Rodríguez, G. R., G. Llamas L. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. p. 94-126. *In*: Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Castellanos y Col., Consultores en Producción Animal A. C. Méx. DF.



SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Vázquez, S. E.T., J. A. Partida P., M.S. Rubio L. y D. Méndez, M. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. En: Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2(3): 247-258.



## CONCEPCIÓN EN BOVINOS CÁRNICOS CON INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN EL TRÓPICO MEXICANO

José Antonio Fernández Figueroa<sup>156\*</sup>, José Orlando Ramírez Valencia<sup>156</sup>, Maximino Zito Romero Figueroa<sup>156</sup> Carlos Lamothe Zavaleta<sup>157</sup> y Ronnie de Jesús Arrieta Román<sup>156</sup>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el porcentaje de concepción en vacas cruzadas de Cebú X Beef master, lactando, sometidas a un protocolo de sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El estudio se realizó en el municipio de Chinameca, Veracruz, México. Se utilizaron 63 vacas multíparas, fueron tratados con un protocolo de dispositivo intravaginal DIV con 1.0 g de progesterona, además se inyectaron 2 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol), al retiro el DIV, se inyectaron 2 mL prostaglandina f2 $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (novormon), el día siguiente recibieron además 1 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol) la IATF se realizó 54-56 horas después de haber retirado el dispositivo DIV. El porcentaje de concepción total fue de 46% (29/63) este resultado permite concluir que la sincronización de celo utilizando DIV (P4) con IATF, son herramientas tecnológicas reproductivas que permiten lograr porcentajes de concepción aceptables en vacas cruzadas de la raza Cebú X Beefmaster aun con la presencia de becerro.

**Palabras clave:** IATF, Beefmaster, sincronización de celo, porcentaje de concepción

<sup>156</sup> Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria Universidad Veracruzana.  
Correspondencia: antfernandez@uv.mx

<sup>157</sup>





## Introducción

La situación actual de la ganadería exige a los productores una mayor eficacia para mejorar la rentabilidad de las explotaciones de bovinos, en este contexto, la optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen a mejorar las utilidades. Sin lugar a duda la tasa de preñez y sobre todo su distribución, tienen un impacto muy importante sobre la ecuación económica de un establecimiento de cría (Baruselli *et al.*, 2003). Durante los últimos años, se ha producido un gran avance en el desarrollo de programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), lo cual ha incrementado notablemente la cantidad de bovinos incluidos en estos programas (Baruselli *et al.*, 2003).

Las principales limitaciones para el empleo de la IA en el ganado manejado en condiciones de pastoreo, son fallas en la detección de celos, anestro posparto y pubertad tardía. Este problema es mayor en ganado *Bos indicus* o cruce de *Bos indicus* debido a las particularidades en el comportamiento reproductivo y la dificultad de la observación de celos (Baruselli y Madureira, 2001). Para evitar los problemas de la detección de celos en rodeos de cría, se han desarrollado protocolos de sincronización de la ovulación, que permiten además inseminar un gran número de animales en un período de tiempo establecido. Estos tratamientos se conocen con el nombre de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo IATF (Bó *et al.*, 2002a y b). La vaca con cría, presenta en algunas regiones problemas nutricionales, debido a las condiciones extensivas de pastoreo que prolongan el anestro posparto, y se traducen en importantes pérdidas económicas para el sector de producción de carne. Es conocida la importante relación que existe entre el nivel nutricional de las hembras y su fertilidad (Melo y Boetto, 1999).

La condición corporal de un animal se relaciona con la cantidad de tejido de reserva que el animal dispone. Esto es especialmente cierto en vacas con cría, donde la duración del período anovulatorio posparto, está determinado por las influencias inhibitorias del amamantamiento y de la subnutrición sobre el eje hipotálamo-hipofisario (Bó *et al.*, 2002a). El análisis de los resultados de programas de IATF indican que es posible obtener porcentajes de preñez promedio del 50% a primera



inseminación, tanto en vacas con cría al pie y con baja condición corporal (Cutaia et al., 2003). Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue determinar el porcentaje de gestación en vacas destinadas a la producción de carne lactando.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el sur del estado de Veracruz, Mexico, en el municipio de Chinameca, Ver, en el rancho “El Trebol”, localizado en las coordenadas 18° 04' 14.1" latitud norte 94° 39' 25.8" longitud oeste, en el km 8 de la carretera Taller Viejo- El Jobo, el clima es AW<sub>2</sub>. Se utilizaron 63 vacas multiparas con diferentes cruzamientos de las razas Cebú X Beefmaster, lactando, a las cuales se les realizó un diagnóstico de gestación con ultrasonografía para determinar su estado reproductivo y descartar que no estuvieran gestantes. El protocolo (Cuadro.1) utilizado para los dos grupos fue el siguiente: El día 0 se insertó el dispositivo intravaginal bovino DIV nuevo (sincrogest), se inyectaron 2 ml, de benzoato de estradiol (sincrodiol). El día 8 se retiró el DIV, se inyectaron 2 mL prostaglandina f<sub>2</sub> $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (novormon), el día 9 se inyectó 1 mL de benzoato de estradiol (sincrodiol), el día 10, se inseminaron las vacas iniciando 54-56 horas después de haber retirado el dispositivo DIV, el día 40 se realizó diagnóstico de gestación con ultrasonografía transrectal.

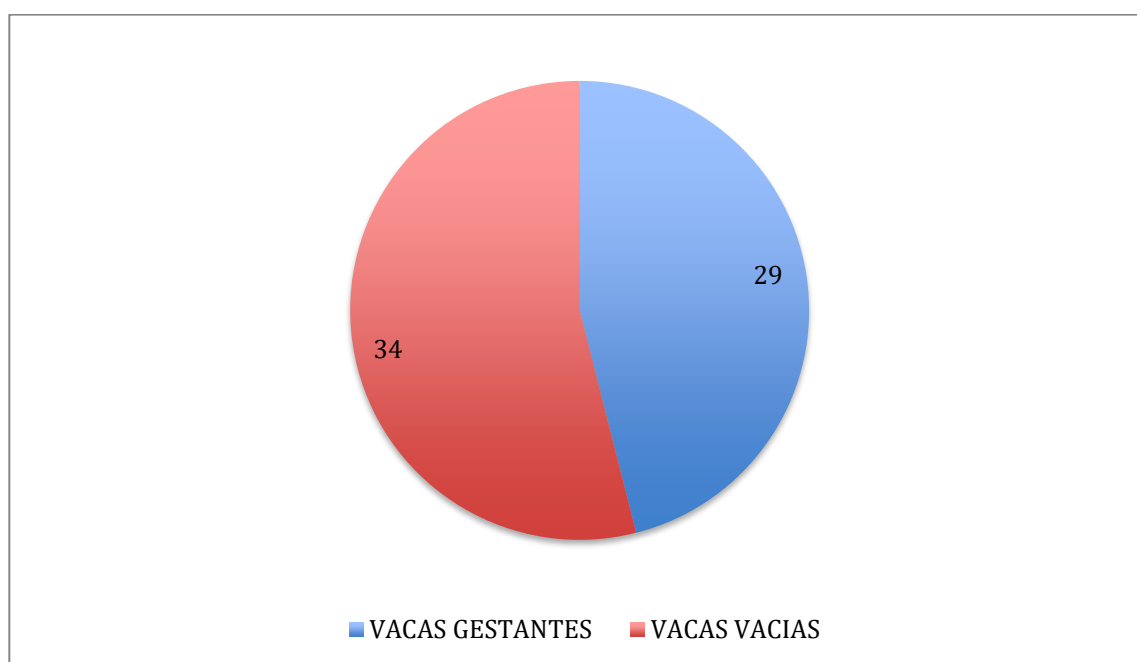
### Cuadro 1. Protocolo de sincronización utilizado.

DIA	DIV 1.0 g
0	Colocación de DIV (sincrogest)+ 2 mL de BE (sincrodiol)
8	Retiro de DIV + 2ml de prostaglandina f <sub>2</sub> $\alpha$ (sincroplex) + 400UI de eGC (novormon)
9	Se inyectó 1 mL de BE (sincrodiol)
10	IATF 54 horas después de retirado el implante.
40	Diagnostico de gestación con ultrasonografía.



## Resultados y discusión

El porcentaje de concepción total encontrado fue del 46% (29/63) (Figura 1). Este resultado coincide con lo reportado por Bó *et al.* (2009), en un estudio con vacas de ordeño de la raza Holstein donde encontró una fertilidad de 44.9%. Otro estudio de Cutaia *et al.* (2004), en ganado de carne de *Bos indicus* quienes encontraron un porcentaje de concepción de 45% y superior a lo encontrado por Peralta *et al.*, (2008) que reportaron un 40% con vacas *Bos indicus*.



**Figura 1. Porcentaje de concepción con IATF.**

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que la sincronización de estro utilizando DIV (P4) con IATF, son herramientas tecnológicas reproductivas que permiten lograr porcentajes de concepción aceptables en vacas de carne cruzadas de Cebú X Beefmaster, incluso con la presencia de becerro.



## Literatura citada

- Baruselli, P.S., H. Madureira, E., O. Marques, M. 2001. Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. Resúmenes. IV Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba; 95-116.
- Baruselli P.S., O. Marques M., L. Reis E., A. Bó G. 2003. Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. Resúmenes V Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba. 103-116.
- Bó, G.A., L. Cutaia., R. Tribulo. 2002a. Tratamientos Hormonales Para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Bovinos para Carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Primera parte. *Taurus*; 14: 10-21.
- Bó, G.A., L. Cutaia., R. Tribulo. 2002b. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Segunda Parte. *Taurus*; 15:17-32.
- Bó, G. A., L. E. Cutaia., H. Souza A., and S. Baruselli P. 2009. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. P.p. 95-110. *In: Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied*. Londrina, Brazil.
- Cutaia, A. L., G. Veneranda., R. Tribulo., S. Baruselli P. and A. Bó G. 2003. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeo de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. *In Anais*. Córdoba.
- Cutaia, A. L., Bó G. A. 2004. Factores que afectan los resultados en programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, en rodeos de cría utilizando dispositivos con progesterona. *Simposium Internacional de Reproducción bovina*. Venezuela *Anais*. p. 109-123.
- Melo, O. y C. Boetto C. 1999. Efecto de la nutrición sobre la fertilidad en la vaca de cría. *En: Módulo V del Curso de Pos Grado en Reproducción Bovina (IRAC)*; 37.
- Peralta T. J. A. J. R. Ake L., F. J. Centurión C. y J. G. Magaña. 2010. Comparación del Cipionato de Estradiol Vs Benzoato de Estradiol Sobre la Respuesta a Estro y Tasa de Gestación en Protocolos de Sincronización con Cider en Novillas y Vacas *Bos indicus*.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0186-29792010000200004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0186-29792010000200004&lng=pt&nrm=iso) [consultado el 18 de octubre de 2019]





## EFFECTO DEL ORÉGANO (*Lippia palmeri* Wats) EN DIETAS ASINCRÓNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA

Emanuel Junco Carlón<sup>158\*</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>158</sup>, Israel Cantú Silva<sup>158</sup>, Andrés Eduardo Estrada Castrillon<sup>158</sup>, Mauricio Cotera Correa<sup>158</sup>, José Ángel Armenta Quintana<sup>159</sup> y Rafael Ramírez Orduña<sup>159</sup>

### Resumen

La búsqueda de nuevos insumos para su implementación en la alimentación de rumiantes, ha llevado a la investigación de plantas poco convencionales como las aromáticas y su uso en las dietas para cabras, ovejas y vacas. La información es escasa del efecto que pueden tener las plantas aromáticas en la producción animal y su empleo en la alimentación de rumiantes, esto podría ayudar a la producción de carne o leche, al elevar la palatabilidad de ingredientes de escaso valor nutricional y ayudar a la utilización de desechos de forrajes y granos en forma de paja, como una fuente de alimentación para la época de escasez de alimento en el agostadero. El orégano *Lippia palmeri* Wats, es una especie endémica del desierto Sonorense encontrada en el matorral Sarcocaulis al sur del estado de Baja California Sur. En la presente investigación se llevó a cabo el empleo de orégano en la alimentación de cabras de origen criollo en inicio de lactación, utilizando dos grupos de 3 caprinos por tratamiento, ofreciéndoles una dieta balanceada suplementada con orégano y otra dieta testigo, no mostrando ambas dietas sincronía entre la proteína y energía de sus ingredientes, para comprobar si existen diferencias entre las mismas, en la producción de leche y su comportamiento al suplementar el alimento ofrecido con una planta aromática. Los caprinos fueron alimentados con las distintas dietas por un periodo de 60 días y dando consumo controlado del mismo.

<sup>158</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.

\*Correspondencia: emanueljuncocarlon@gmail.com

<sup>159</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat.



**Palabras clave:** dieta balanceada, caprinos, producción de leche, planta aromática, sincronía

## Introducción

La utilización de plantas o de alguno de sus componentes se plantea actualmente como una de las alternativas más naturales a la adición de antibióticos promotores del crecimiento (APC). Desde hace varios años, se están investigando nuevos aditivos alimentarios cuyo mecanismo de acción se basa en la reducción de la degradación de las proteínas y la maximización del metabolismo energético. Entre ellos, destacan los extractos naturales de plantas y sus fitomoléculas de bioactividad secundaria (Kamel, 2003). La Unión Europea prohibió en el año 2006 el uso de aditivos antibióticos promotores del crecimiento en la alimentación animal, por lo que es necesario buscar alternativas que permitan mantener o mejorar el nivel de producción sin incrementar los costos (Calsamiglia, 2006). Los compuestos antimicrobianos producidos mediante microorganismos han sido utilizados en dietas de los animales como promotores del crecimiento (Church y Pond, 1988). Sin embargo, su uso se ha visto altamente regulado por el posible desarrollo de resistencia a los medicamentos en las bacterias patógenas humanas (CAFA, 1997). En los últimos años, las plantas aromáticas y sus extractos han recibido una mayor atención como posibles alternativas a los promotores de crecimiento. Se sabe que la mayoría de sus propiedades se deben a los aceites esenciales que contienen como productos de metabolismo secundario (Adam *et al.*, 1998). Debido a sus propiedades antimicrobianas, el orégano se ha examinado como un promotor de crecimiento alternativo en pollos de engorda, pavos y cerdos (Bampidis *et al.*, 2005). Al orégano se le considera no sólo como alternativa para sustituir los antibióticos promotores del crecimiento, sino, para obtener incrementos de eficiencia y aumentar palatabilidad en sistemas donde se utilicen subproductos y alimentos de escaso valor nutricional, que generalmente, tienden a afectar el comportamiento y la salud animal (Ayala *et al.*, 2005). En lo que se refiere a su uso en la alimentación



animal, constituyen una alternativa natural a los aditivos antibióticos promotores del crecimiento, cuyo uso en rumiantes se ha centrado fundamentalmente en sus efectos sobre la fermentación ruminal (Mateos y Díaz, 2012). Algunos de los aceites esenciales tienen efectos positivos sobre la fermentación ruminal, mitigación del metano, y digestibilidad de algunos nutrientes; sin embargo, algunos otros aún deben de ser evaluados en cuanto a las dosis y los sistemas de alimentación apropiados para su uso (Polín *et al.*, 2014). Otra forma de aplicación ha sido la obtención de harina de orégano a partir de las hojas secadas y molidas con niveles bajos de inclusión hasta de un 1% en la dieta (Ayala *et al.*, 2005). La utilización de los aditivos, ha sido una práctica habitual en la alimentación animal con el fin de mejorar el rendimiento productivo, mejorar la salud, así como para lograr un aprovechamiento más eficiente de los alimentos (Kamphues y Hebel, 1999).

### **Hipotesis**

La utilización del orégano *Lippia palmeri* Wats en la dieta de cabras, modifica el comportamiento en consumo de alimento y producción de la leche.

### **Objetivo específico**

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación del comportamiento en la alimentación y producción de leche de cabra, después de la inclusión del orégano en la dieta asincrónica de cabras lactantes.

### **Materiales y métodos**

#### **Ubicación del área de estudio**

La parte de investigación de este proyecto se realizó en la Subdelegación de La Matanza en el municipio de La Paz, Baja California Sur, en el Rancho el Palmar de Abajo y en la Universidad Autónoma de Baja California Sur en la ciudad de La Paz, Baja California Sur.



### Prueba de comportamiento con dietas asincrónicas sin y con orégano (*Lippia palmeri* Wats)

Las dietas que se implementaron fueron dos, balanceadas para los caprinos, a las cuales se le adiciono una cantidad calculada de hojas de orégano seco (2.6% de la dieta por consumo de alimento) (Ayala *et al.*, 2005). Durante la investigación se manejaron dos grupos de 3 cabras en inicio de lactación estabuladas en corraletas individuales con comedero y bebedero, que se dividieron en: 1er grupo, dieta asincrónica + orégano; y 2do grupo, dieta asincrónica sin orégano. El consumo de alimento de las cabras estuvo sujeto a su peso y se calculó utilizando la formula (peso vivo\*.0289) kg/día y se brindó un promedio de 1.6 kg diarios al 1er grupo y al 2do grupo 1.34 kg, el cual se ofreció en dos partes (mañana y tarde) y se pesaba el rechazo del mismo al día siguiente, la medición de la leche se realizaba pesándola diariamente de igual manera mañana y tarde, durante el experimento, para medir el efecto del orégano dentro de la dieta y evaluar las variables en el consumo de alimento: producción de leche, esta prueba tuvo una duración de 60 días, correspondientes a los meses de febrero – abril.

### Composición de la dieta

Se llevaron a cabo los distintos análisis proximales a cada uno de los ingredientes para conocer su contenido nutricional dentro de las dietas utilizadas durante el experimento (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Contenido nutricional de los ingredientes.**

Ingrediente	MS %	PC %	E.E. %	Cenizas%
Alfalfa	90.3	19.5	2.5	11
Maíz	88.1	9.4	4.2	1.5
Pasta de soya	89.1	49.9	1.6	6.6
Paja	92.1	3.1	1	10.6
Orégano ( <i>Lippia palmeri</i> )	93.6	10.9	12.1	15.6
UREA	0.7	280	0	0.7

\*MS= materia seca, PC= proteína cruda, E.E= extracto etéreo y Cenizas.

Para las distintas dietas utilizadas en el experimento se utilizaron como ingredientes alfalfa, maíz molido, paja de frijol y hojas de orégano, mismas que fueron pesadas





en cada ingrediente para su mezclado en el lugar del experimento para su posterior consumo por los caprinos en estudio, la composición de las distintas dietas se muestra en los Cuadros 2 y 3, junto con el nivel de sincronía de cada ingrediente, ya que por el valor que aportan a la dieta se determinó, que no brindaban sincronía entre la proteína y energía disponible en la dieta, como lo menciona Sinclair *et al.* (1993).

**Cuadro 2. Composición de la dieta asincrónica suplementada con *L. palmeri* Wats.**

ingredientes	S.I.	% ingrediente	% MS	% PC	EM
Alfalfa	0.004	0.50	0.45	0.10	0.01
Maíz	0.313	46.0	40.53	4.32	2.45
Paja	0.351	49.5	45.89	2.38	0.86
Orégano	0.020	2.6	2.34	0.29	0.06
UREA	0.000	1.4	0.00	3.92	0
<b>Total</b>	<b>0.69</b>	<b>100</b>	<b>89.21</b>	<b>11.01</b>	<b>3.38</b>

\*S.I.= Índice de sincronía de la dieta, % ingrediente= porcentaje del alimento en la dieta, % MS= porcentaje de materia seca,  
% PC= porcentaje de proteína cruda y EM= Energía metabolizable Mcal/kg en base seca.

En el Cuadro 3, se muestra la composición de la dieta sin la inclusión del orégano, la cual lleva los mismos ingredientes a diferentes niveles dentro de la dieta como se muestra a continuación:

**Cuadro 3. Composición de la dieta asincrónica.**

Ingredientes	S.I.	% ingrediente	% MS	%PC	EM
Alfalfa	0.064	9	8.13	1.76	0.24
Maíz	0.299	44	38.76	4.14	2.35
Paja	0.326	45.9	42.55	2.20	0.79
UREA	0	1.1	0	3.08	0
<b>Total</b>	<b>0.689</b>	<b>100</b>	<b>89.44</b>	<b>11.17</b>	<b>3.38</b>

\*S.I.= Índice de sincronía de la dieta, %ingrediente= porcentaje del alimento en la dieta, %MS= porcentaje de materia seca,  
%PC= porcentaje de proteína cruda y EM= Energía metabolizable Mcal/kg en base seca.



## Resultados y discusión

Lo resultados de producción de leche fueron analizados estadísticamente utilizando el programa estadístico SPSS utilizando la prueba de Kruskal-Wallis de comparación de medias, encontramos que al utilizar el orégano, que al separar por cada mes se puede observar que en el primer mes ( $p=0.404$ ) no existen diferencias entre tratamientos, sin embargo, al segundo mes de consumo de las dietas ya se muestra una diferencia significativa entre las dos pruebas en la producción de leche ( $p=0.005$ ), una vez que las cabras acostumbran a alimentarse con la dieta con suplemento de *Lippia palmeri*, mantienen una producción constante, mientras que el otro grupo, presenta un decrecimiento en su producción al segundo mes del experimento (Cuadro 4), el consumo de alimento fue constante y el rechazo promedio no rebaso el 2.44% promedio en la dieta asincrónica con orégano y un consumo real de 1.538kg, mientras que en la dieta testigo, el rechazo de alimento promedio fue mayor con un 15.307% y un consumo real de 1.19kg.

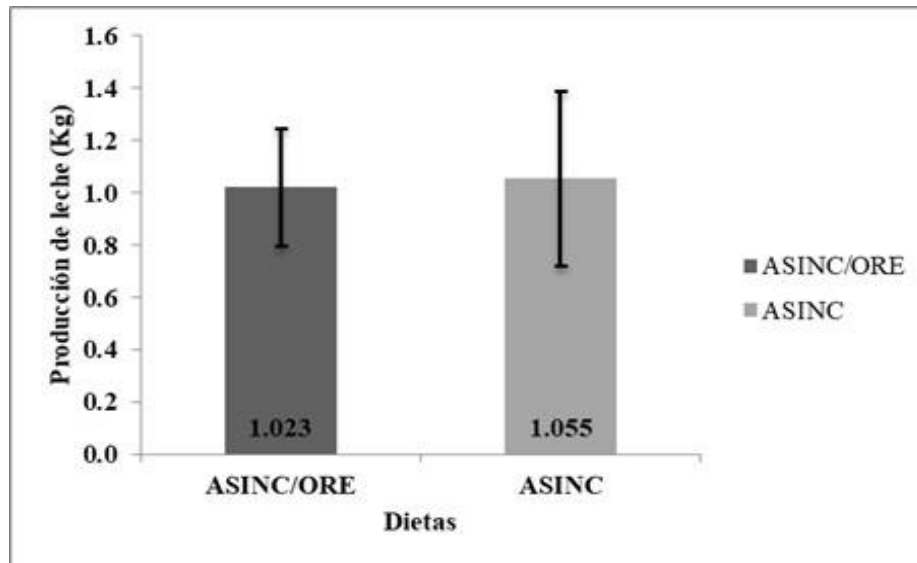
**Cuadro 4. Promedio de producción de leche caprina.**

Tratamientos	Primer mes kg de leche diarios	<i>p</i>	Segundo mes kg de leche diarios	<i>p</i>
ASINC/ORE	1.023±0.223	0.404	0.945±0.334	.005
ASINC	1.055±0.335		0.710±0.537	

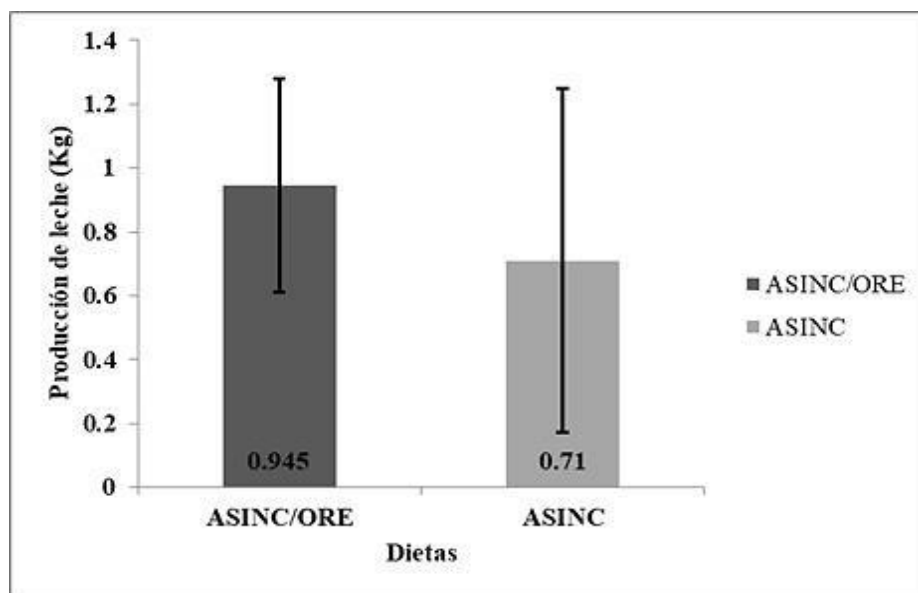
\*ASINC/ORE= dieta asincrónica con orégano, ASINC= dieta Asincrónica.

La Figura 1, muestra la producción láctea del primer mes de prueba utilizando las distintas dietas, mostrando una similar producción de la dieta Asincrónica (ASINC) 1.055 kg ± 0.335 comparándolo con la dieta Asincrónica con orégano (ASINC/ORE) 1.023 kg ± 0.223.

La Figura 2 muestra la producción láctea del segundo mes de prueba utilizando las distintas dietas asincrónicas con orégano y la dieta testigo, que muestra una producción constante y mayor en la dieta Asincrónica con orégano (ASINC/ORE) 0.945 kg ± 0.334, en comparación con la dieta Asincrónica (ASINC) 0.710 kg ± 0.537.



**Figura 1. Producción de leche del primer mes de prueba.**



**Figura 2. Producción de leche segundo mes de prueba.**

El presente estudio determinó el efecto de una planta aromática como *Lippia palmeri* Wats en la alimentación de pequeños rumiantes como los caprinos, en los resultados se logró observar una diferencia significativa al segundo mes de prueba, se puede decir que si existe un efecto del orégano en cuanto a la variable de producción de leche caprina una vez que se han acostumbrado a su consumo, el cual se refleja una mayor aceptación de la dieta suplementada con orégano y la



dieta testigo, muestra un mayor rechazo de los animales en estudio. También se debe tomar en cuenta que se utilizó en el experimento un ingrediente como la paja, que, adicionada con un porcentaje de orégano en la dieta, puede ayudar a llevar una producción constante y usarse como suplemento natural. Se deben seguir haciendo más pruebas en rumiantes y conocer qué nivel sería óptimo para volver más eficiente la producción de leche o carne, o cual sea el destino de la explotación caprina, bovina u ovina.

## Conclusiones

1. Es posible concluir en esta pequeña parte del experimento, que es necesario realizar más pruebas con dietas que muestren sincronía entre proteína y energía, para comprobar si la utilización de *Lippia palmeri* Wats puede elevar la producción láctea de las cabras.
2. *Lippia palmeri* Wats, puede ayudar a la alimentación de rumiantes como suplemento adicionado a los alimentos de bajo valor nutricional que puedan ser utilizados, cuando en el agostadero la comida es escasa y de esa manera ayudar a los productores a reducir mortalidad de animales en estas épocas y además de su manutención con bajo costo en alimentación.

## Literatura citada

- Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M., 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. J. Agric. Food Chem. 46, 1739–1745.
- Ayala, L, M. Castro. y M. Martínez. 2005. El orégano, posible alternativa de utilización en la producción animal. Palenzuela. Instituto de Ciencia Animal.
- Calsamiglia, S., 2006. Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero (II). Producción Animal. 218:15-28.





- Bampidis, V. A., V. Christodoulou., P. Florou-Paneri., E. Christaki., B. A Spais., P. CS.hatzopoulou. 2005. Effect of dietary dried oregano leaves supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. *Anim Feed Sci Tech*; (121):285-295.
- CAFA (Commission on Antimicrobial Feed Additives), 1997. Antimicrobial Feed Additives. Swedish Official Government Report No. 1997:132. Ministry of Agriculture, Stockholm, Sweden.
- Church, D.C. and G. Pond, W. 1988. *Basic Animal Nutrition and Feeding*, 3rd ed. Wiley, New York, N. Y. USA.
- Kamel, C. 2003. Plant extracts and their application for improving animal productivity. *In: Alternatives to the use of growth-promoting antibiotics in animal feeds*. Carro and Ranilla, General Council of Veterinary Colleges, Spain.
- Kamphues, J. y D. Hebel. 1999. Performance enhancers. The status quo from the view of animal feeding. *Overv. Anim. Feed.*, 27:1-28.
- Mateos, I. y A. Díaz. 2012. Perspectivas y retos de los extractos vegetales como aditivos alimentarios en rumiantes. p. 4-6.
- Polin, L., A. Muro. y L. H. Diaz. 2014. Ruminal fermentation modification and methanogenesis mitigation by essential oils from plants. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 5 (1): 25-47.
- Sinclair, L.A., C. Garnsworthy, P. C., R. Newbold, J. and J. Buttery, P. J. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 120:251-263.



## RENDIMIENTO DE *UROCHLOA'S* HÍBRIDOS CON RIEGO Y UREA DURANTE LA ÉPOCA DE SEQUÍA

Erika Andrea Hernández<sup>160</sup>, Javier Francisco Enríquez Quiróz<sup>161</sup>, Maribel Montero Lagunes<sup>161</sup>,  
Francisco Indalecio Juárez Lagunes<sup>160\*</sup> y Juan Manuel Pinos Rodríguez<sup>160</sup>

### Resumen

El objetivo fue evaluar, durante la época seca, el efecto de las estaciones de invierno y primavera, las frecuencias de corte, el riego y la fertilización con urea en la producción de materia seca de los pastos *Urochloa* híbrido. El clima de la región es Aw<sup>1</sup>, con temperatura y precipitación promedio anual de 25°C y 1,380 mm, respectivamente. Las especies evaluadas fueron *Urochloa* híbrido cv. Camello<sup>®</sup> y *Urochloa* híbrido cv. Convert<sup>®</sup>. Las frecuencias de corte fueron a los 21, 35 y 49 días de rebrote. La biomasa se recolectó a una altura de 15 cm del nivel del suelo; posteriormente, fue pesada y secada en horno de aire forzado a 55°C. Los tratamientos fueron: 1) testigo (sin aplicación de urea y sin riego) y 2) fertilización con urea y riego (dosis anual de N de 150 kg/ha). El riego se aplicó dos veces por semana a capacidad de campo. Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Los pastos se establecieron en 18 parcelas experimentales de 3 m de ancho por 5 m de largo. Se determinaron las variables producción de materia seca (PMS, kg/ha) y tasa de producción de MS (TMS, kg/ha/d) para los efectos de híbrido (Camello vs Convert), estación del año (invierno vs primavera), edad al corte (21, 35 y 49 días) y tipo de riego (riego fertilizado [CRF] vs sin riego ni fertilización [SRF]). El análisis de datos se realizó con el Modelo Lineal Generalizado para efectos fijos, y el procedimiento de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la comparación de medias. Las condiciones climáticas de invierno y primavera afectaron de manera diferente la PMS y la TMS en los pastos híbridos de *Urochloa*

<sup>160</sup> <sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. \*Autor para correspondencia [fjuarez@uv.mx](mailto:fjuarez@uv.mx)

<sup>161</sup> <sup>2</sup>Campo experimental La Posta, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias



(Camello® y Convert®). En invierno no hubo respuesta CRF, pero en primavera sí, en PMS y TMS de los pastos híbridos de *Urochloa* (Camello® y Convert®). Por PMS se recomienda pastorear en invierno al Camello® a los 49 d, y al Convert® a los 35 d de rebrote; y en primavera solo CRF al Camello® a los 35 d y al Convert® a los 49 d de rebrote.

**Palabras clave:** pastos tropicales, crecimiento, fertilización, estación del año

## Introducción

La época de sequía en la región centro de la planicie costera del estado de Veracruz dura en promedio seis meses, comprendidos de diciembre a mayo. Ésta época parcialmente abarca las estaciones de invierno (diciembre, enero y febrero) y primavera (marzo, abril y mayo). Las estaciones tienen temperaturas, horas luz y precipitación pluvial diferentes. En invierno, las temperaturas son bajas, propiciadas por vientos fuertes del norte, acompañados de nubosidad y, ocasionalmente, con alguna precipitación pluvial residual; en primavera, las temperaturas son altas, con cielo despejado y sin precipitación pluvial; por lo que se hace imprescindible regar a los pastos para que éstos puedan crecer. Para obtener mayor crecimiento del pasto irrigado, se fertiliza con nitrógeno, generalmente con urea. Las compañías forrajeras se han enfocado en desarrollar híbridos de pastos tropicales que sean resistentes a la sequía y que puedan crecer en suelos deficientes en Nitrógeno. De reciente liberación en el mercado están los híbridos de *Urochloa brizantha* (Camello® y Convert®) con expectativas promisorias. De ahí el interés de evaluar el rendimiento de forraje (kg/ha) de estas dos gramíneas tropicales durante la época de sequía. Otro factor que afecta la producción de los pastos es la edad de rebrote en el momento de la cosecha, ya que, independientemente de la especie, a medida que aumenta la edad de la planta, su calidad nutritiva disminuye (Van Soest, 1994). La baja fertilidad de los suelos con énfasis en la escasa disponibilidad de nitrógeno es otro factor de interés, debido a que es el componente químico que limita



fuertemente la producción de forraje en los suelos tropicales (Santos *et al.*, 2002). La baja fertilidad de los suelos asociada representa uno de los mayores problemas de la producción ganadera (Castagnara *et al.*, 2011). Es poca la información que se tiene sobre el efecto de los factores mencionados en la producción de materia seca en forrajes tropicales durante la época seca, por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar, durante la época seca, el efecto de las estaciones de invierno y primavera, las frecuencias de corte, el riego y la fertilización con urea en el crecimiento de los pastos *Urochloa* híbrido cv. Camello® y *Urochloa* híbrido cv. Convert®.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental “La Posta” (INIFAP), ubicado en Paso del Toro, Veracruz, México, en el kilómetro 22.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba. El clima de la región es Aw1, caliente, subhúmedo (García, 1987), con temperatura y precipitación promedio anual de 25°C y 1,380 mm, respectivamente. La altura sobre el nivel del mar es de 16 m. La posición geoespacial comprende los paralelos 19°02' de Latitud Norte y 96°08' de Longitud Oeste. La textura del suelo es de tipo migajón arenoso, con porcentajes de arena, arcilla y limo de 63.20, 18.80 y 18.00%, respectivamente, pH de 6.08 y concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio de 9.0, 16.4 y 212 mg/kg, respectivamente.

### Especies evaluadas

Las especies forrajeras evaluadas fueron *Urochloa* híbrido cv. Camello® y *Urochloa* híbrido cv. Convert®, las cuales fueron establecidas en parcelas en julio de 2018; el corte para uniformizarlas fue en octubre del mismo año.





### **Periodos evaluados**

La época seca en la planicie costera de la zona centro del estado de Veracruz se identifica por escasa precipitación pluvial (menos de 100 mm/mes) y comprende seis meses (de diciembre a mayo), de los cuales tres meses (diciembre, enero y febrero) corresponden a la estación de invierno, que se caracteriza por las temperaturas más bajas del año, y la estación de primavera (marzo, abril y mayo) que se caracteriza por temperaturas altas. El presente estudio comprendió del 20 de noviembre del 2018 al 28 de mayo del 2019, con frecuencias de corte a los 21, 35 y 49 días de rebrote dentro de cada una de las dos estaciones del año. En cada frecuencia de corte se recolectó la biomasa con tijeras, a una altura de 15 cm del suelo. El total de biomasa fue pesado en fresco, guardado en bolsa de papel y secado en horno de aire forzado a 55°C por un periodo de 48 h o hasta obtener su peso constante.

### **Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico**

Los tratamientos aplicados a los forrajes fueron: 1) testigo, sin aplicación de urea y sin riego, y 2) fertilización con urea y riego, dosis anual de N de 150 kg/ha, los cuales fueron distribuidos según la frecuencia de corte correspondiente: a los 21 días, dosis de 5.88 g/m<sup>2</sup>, a los 35 días, dosis de 10 g/m<sup>2</sup>, y los 49 días, dosis de 12.5 g/m<sup>2</sup>. Se realizó una sola aplicación 40-40 de P-K, después del corte de uniformización. Éstos fueron distribuidos en 130.42 g/parcela y 99.99 g/parcela, respectivamente. El riego rodado se realizó dos veces por semana a capacidad de campo. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Las especies forrajeras se establecieron en 18 parcelas experimentales de 3 m de ancho x 5 m de largo, con una distancia entre surcos de 50 cm y entre parcelas de 1 m. El área de muestreo efectiva para cada frecuencia de corte dentro de cada parcela principal fue de 1 m<sup>2</sup>, con distancias de 50 cm entre subparcelas.

### **Variables de respuesta**

Se determinaron las variables producción de forraje verde (PFV, kg/ha), contenido de materia seca (CMS, %), producción de materia seca (PMS, kg/ha), y tasa de



producción de MS (TMS, kg/ha/d) para los efectos de híbrido (Camello vs Convert), estación del año (invierno vs primavera) dentro de época (secas), edad al corte (21, 35 y 49 días) y tipo de riego (con riego fertilizado [CRF] vs sin riego ni fertilización [SRF]). El análisis de datos se realizó mediante el programa MINITAB, v. 15, con el Modelo Lineal Generalizado para efectos fijos. Para la comparación de las medias de cuadrados mínimos se utilizó la prueba de Tukey, con una  $P \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

Las condiciones climáticas que se presentaron en la época seca de diciembre de 2018 a mayo de 2019 se muestran en el Cuadro 1. Las variables climáticas que marcan la diferencia (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) entre la estación de invierno y primavera son la temperatura mínima ( $17.4^b$  vs  $21.6^a$ °C), siendo más marcada la diferencia entre las temperaturas mínimas extremas ( $9.7$  vs  $18.0$ °C); la precipitación pluvial total mensual ( $16^a$  vs  $1^b$  mm); y los días despejados por mes ( $7^b$  vs  $22^a$ ), respectivamente.

**Cuadro 1. Variables climáticas en la época seca clasificadas por estación de invierno y primavera durante el período de estudio.**

<sup>1</sup> Variable climática	<sup>2</sup> Invierno	Primavera	EEM
Temperatura máxima, °C	31.1 <sup>a</sup>	34.6 <sup>a</sup>	1.47
Temperatura máxima extrema, °C	37.5 <sup>a</sup>	40.7 <sup>a</sup>	1.53
Temperatura media, °C	20.8 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	1.07
Temperatura mínima, °C	17.4 <sup>b</sup>	21.6 <sup>a</sup>	1.17
Temperatura mínima extrema, °C	9.7 <sup>b</sup>	18.0 <sup>a</sup>	1.65
Precipitación pluvial total, mm	16.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	3.30
Despejado, días	7.0 <sup>b</sup>	22.3 <sup>a</sup>	1.31
Medio nublado, días	19.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	1.63
Nublado, días	4.0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	1.03

<sup>1</sup>Las temperaturas son los promedios mensuales; la precipitación pluvial es el promedio del total por mes; despejado, medio nublado y nublado son los días promedio en el mes.

<sup>2</sup>Invierno: diciembre, enero y febrero; Primavera: marzo, abril y mayo.

Cabe hacer mención que en primavera la temperatura máxima promedio fue de 34.6°C. También es pertinente mencionar que las temperaturas meteorológicas son medidas en la sombra, pero en el sol la sensación térmica es de alrededor de 5



grados más, por lo que el estrés térmico estaría arriba de los 40°C. Para explicar el rendimiento bajo en estas condiciones térmicas se tiene como referencia el comportamiento del *Urochloa brizantha* cv. Marandú, el cual a temperatura de 10.6°C deprime la acumulación de MS (Pezzopane *et al.*, 2018). Su temperatura óptima de crecimiento es 30.2°C, para declinar a los 40°C; a los 45°C el crecimiento se detiene (Pequeno *et al.*, 2014). Por consiguiente, el crecimiento de estos pastos no solo se ve afectado por las bajas temperaturas, sino también por las altas temperaturas. Es probable que el crecimiento de los híbridos en este estudio haya sido comprometido en el invierno por las bajas temperaturas, y en primavera por las altas temperaturas. Con riego, cuando se tienen temperaturas promedio entre 18.4 y 23.7°C se espera una eficiencia en la captación de radiación (ECR) promedio de 0.81 a 1.91 g/MJ (Araujo *et al.*, 2013); valores comparables de ECR (0.70 a 2.07 g/MJ) obtenida en lluvias con modelos de simulación (Pezzopane *et al.*, 2018). El déficit de agua también es crítico para el crecimiento del pasto. La capacidad de retención de agua del suelo (CRAS) puede estar reducida a un 82% sin afectar el crecimiento, pero cuando el déficit de agua es superior al 18% de la CRAS, la productividad del *U. brizantha* cv. Marandú se disminuye (Pezzopane *et al.*, 2018), tal como ocurre en la época seca; particularmente en primavera, con nula precipitación pluvial y alta evapotranspiración. Similarmente, la radiación solar tiene un impacto sobre la producción de biomasa. En modelos de simulación con pasto *U. brizantha* cv. Xaraes, Pedreira *et al.* (2011) encontraron que incrementando las horas luz una hora diaria durante el año, la producción de biomasa (MS) se incrementó en 1,230 kg/ha en invierno. Cuando la luz se redujo (1 h/d), la producción de MS disminuyó en la misma magnitud. La radiación solar también tiene su efecto (Pedreira *et al.*, 2011). Al incrementar la radiación solar (+1 MJ/m<sup>2</sup>/d) incrementa la producción de MS 110 kg/ha en invierno, en promedio, mientras que la reducción de la radiación solar disminuye rendimiento de MS en la misma magnitud. La menor respuesta a 1 MJ/m<sup>2</sup>/d de radiación solar no debe ser tomada como insensible, debido a que esta pequeña variación representa menos del 5% de cambio en la radiación solar. Considerando en nuestro estudio que los días despejados en invierno promediaron



7 días por mes, en comparación con los 22 de primavera, es de esperarse que el efecto de radiación solar sobre el rendimiento de MS haya sido significativo.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan la producción de forraje de Camello® y de Convert® durante la estación de invierno en las etapas de crecimiento a los 21 y 35 días de rebrote con riego fertilizado (CRF) y sin riego ni fertilización (SRF).

Los híbridos de *Urochloa* CRF no mostraron diferencia en PMS entre sí, ni en comparación con SRF a los 21 y 35 días de rebrote.

**Cuadro 2. Rendimiento de los pastos en invierno a los 21 días de corte.**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	2,273 <sup>ab</sup>	23.2 <sup>a</sup>	533 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	2,647 <sup>a</sup>	21.6 <sup>a</sup>	584 <sup>a</sup>	27.8 <sup>a</sup>
Camello®	SRF	1,904 <sup>ab</sup>	22.9 <sup>a</sup>	440 <sup>ab</sup>	20.9 <sup>ab</sup>
Convert®	SRF	1,313 <sup>b</sup>	21.2 <sup>a</sup>	276 <sup>b</sup>	13.1 <sup>b</sup>
EEM		302.1	0.98	74.9	3.57

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.

**Cuadro 3. Rendimiento de los pastos en invierno a los 35 días de corte.**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	2,917 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	733 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	3,640 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	897 <sup>a</sup>	25.6 <sup>a</sup>
Camello®	SRF	2,863 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	737 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>
Convert®	SRF	2,320 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	567 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>
EEM		520.9	0.99	135.7	3.88

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.

A los 49 días de edad (Cuadro 4) se distingue mayor PMS (kg/ha) en el pasto Camello® en comparación con el Convert®, tanto CRF como SRF. A esta edad de rebrote, el pasto Camello® mostró las PMS más altas, debido a que las TMS (kg/ha/d) se mantuvieron constantes a lo largo del invierno (de 21 a 27 kg/ha/d). Sin embargo, la TMS del Convert® decayó (17 kg/ha/d) a los 49 días de rebrote, aun estando CRF. El Convert® SRF siempre mantuvo tendencias de baja PMS y TMS, comparado con los demás tratamientos. Por el rendimiento y las tasas de crecimiento, se





recomienda pastorear durante esta estación del año al Camello® a los 49 días de rebrote, y al Convert® a los 35 días. En general, se aprecia que en invierno las *Urochloa's* híbridas Camello® y Convert® no respondieron en rendimiento y tasa de crecimiento al riego y a la fertilización. La falta de respuesta a CRF se puede atribuir a las bajas temperaturas y menor radiación presentes durante el invierno, como lo sugieren Pedreira *et al.* (2011).

**Cuadro 4. Rendimiento de los pastos en invierno a los 49 días de corte.**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	4,510 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	1,220 <sup>a</sup>	24.9 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	3,430 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	840 <sup>bc</sup>	17.1 <sup>bc</sup>
Camello®	SRF	4,590 <sup>a</sup>	24.6 <sup>a</sup>	1,120 <sup>ab</sup>	22.9 <sup>ab</sup>
Convert®	SRF	2,990 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	640 <sup>c</sup>	13.1 <sup>c</sup>
EEM		381.7	1.14	52.9	1.08

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.

En primavera el panorama fue diferente (Cuadros 5, 6 y 7). Camello® y Convert® SRF no crecieron de manera medible a los 21 y 35 días de rebrote, sino que fue hasta los 49 días cuando se pudo muestrear y pesar la cantidad de forraje producido. Aunque el forraje cuantificado fue inferior al producido durante el invierno, como consecuencia de TMS más lentas (11.1 y 6.7 kg/ha/d) para Camello® y Convert®, respectivamente, por lo cual no son aptos para pastorearse. El estrés hídrico drástico sobre *Urochloa's* también lo evidencian Pezzopane *et al.* (2018).

Las *Urochloa's* híbridas estudiadas, durante esta estación del año, a diferencia del invierno, respondieron favorablemente CRF. Camello® respondió mejor que Convert® en PMS y en TMS, aunque la respuesta fue cuadrática. Es decir, se observó un incremento en la tasa de crecimiento de los 21 a los 35 días, pero decayó a los 49 días.



**Cuadro 5. Rendimiento de los pastos en primavera a los 21 días de corte.**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	3,175 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	785 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	2,357 <sup>b</sup>	24.8 <sup>a</sup>	573 <sup>b</sup>	27.3 <sup>b</sup>
Camello®	SRF	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>
Convert®	SRF	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>
EEM		205.6	0.62	47.1	2.24

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.

**Cuadro 6. Rendimiento de los pastos en primavera a los 35 días de corte.**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	9,060 <sup>a</sup>	33.6 <sup>a</sup>	3,055 <sup>a</sup>	87.3 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	5,250 <sup>b</sup>	29.7 <sup>a</sup>	1,575 <sup>b</sup>	45.0 <sup>b</sup>
Camello®	SRF	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>
Convert®	SRF	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0.0 <sup>c</sup>
EEM		733.8	1.12	274.7	7.85

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.

Por PMS y TMS, el Camello® se recomienda pastorearlo a los 35 días; y el Convert® por TMS a los 35 días, pero por PMS a los 49 días.

**Cuadro 7. Rendimiento de los pastos en primavera a los 49 días de corte**

Pasto	<sup>1</sup> Tratamiento	<sup>2</sup> PFV, kg/ha <sup>1</sup>	<sup>2</sup> MS, %	<sup>2</sup> PMS, kg/ha	<sup>2</sup> TMS, kg/ha/d
Camello®	CRF	7,085 <sup>a</sup>	30.1 <sup>a</sup>	2,125 <sup>a</sup>	43.4 <sup>a</sup>
Convert®	CRF	6,915 <sup>a</sup>	28.3 <sup>a</sup>	1,955 <sup>a</sup>	39.9 <sup>a</sup>
Camello®	SRF	1,240 <sup>b</sup>	21.9 <sup>a</sup>	545 <sup>b</sup>	11.1 <sup>b</sup>
Convert®	SRF	985 <sup>b</sup>	17.1 <sup>a</sup>	330 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>
EEM		784.6	8.25	261.0	5.33

<sup>1</sup>CRF = con riego y urea; SRF = sin riego y sin urea.

<sup>2</sup>PFV = producción de forraje verde; MS = materia seca; PMS = producción de materia seca; TMS = tasa de producción de materia seca.



## Conclusiones

Dentro de la época seca, las condiciones climáticas de invierno y primavera afectaron de manera diferente la PMS y la TMS de los pastos híbridos de *Urochloa* (Camello® y Convert®). En invierno no hubo respuesta CRF en PMS y TMS de los pastos híbridos de *Urochloa* (Camello® y Convert®). En primavera si hubo respuesta CRF en PMS y TMS de los pastos híbridos de *Urochloa* (Camello® y Convert®). Por PMS, se recomienda pastorear en invierno al Camello® a los 49 d, y al Convert® a los 35 d de rebrote; en primavera, solo a los CRF, al Camello® a los 35 d, y al Convert® a los 49 d de rebrote.

## Literatura citada

- Araujo, L.C., P. M. Santos, D. Rodriguez, J. R. M. Pezzopane, P. P. A. Oliveira and P. G. Cruz. 2013. Simulating Guinea grass production: empirical and mechanistic approaches. *Agron. J.* 105:61-69.
- Castagnara, D.D., E. E. Mesquita, M. A. Neres, P. S. R. Oliveira, B. B. Deminicus y R. Bamberg. 2011. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. *Arch. Zoot.* 60(232):931-942.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.
- Pedreira, B.C., C. G. S. Pedreira, K. J. Boote, M. A. S. Lara and P. D. Alderman. 2011. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. *Field Crops Res.* 120:370-379.
- Pequeno, D. N. L., C. G. S. Pedreira and K. J. Boote. 2014. Simulating forage production of Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) with the CROPGRO-Perennial Forage model. *Crop Pasture Sci.* 65:1335-1348.
- Pezzopane, J. R. M., P. Menezes S., P. Gomes da C., C. Bosi and P. C. Sentelhas. 2108. An integrated agrometeorological model to simulate Marandu palisade grass productivity. *Field Crops Res.* 224:13-21.



- Santos, I.P.A., J. C. Pinto, J. O. Siqueira, A. R. Morais y C. L. Santos. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. Rev. Bras. Zootec. 31:605-616.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York, USA. 476 p.





## DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE BRACHIARIAS A TRES PERIODOS DE CORTE EN OTOÑO DURANTE DOS AÑOS EN TUXPAN, GUERRERO, MÉXICO

José Manuel Castro Salas<sup>162</sup>, Claudia Carreón Corral<sup>162</sup>, Cesario Catalán Heverastico<sup>162</sup>, Raúl Valdez Delgado<sup>162</sup>, Juan Pereyda Hernández<sup>162</sup> y Alejandro Sotelo Aguilar<sup>162\*</sup>

### Resumen

Las estaciones del año y la frecuencia de corte producen efectos diferentes en la tasa de rebrote en los pastos, y pueden disminuir el porcentaje de senescencia y descomposición del forraje, por lo tanto, influyen en el rendimiento de tallos, calidad y persistencia de la pradera. El objetivo fue evaluar la dinámica y el potencial productivo de tallos de los genotipos Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf Cv. Insurgente) y Mulato II (*Brachiaria* híbrido Cv. Mulato II) en tres periodos de corte (21, 42, y 63 días) en otoño de 2016 y otoño de 2017, en una pradera de pasto Insurgente y Mulato II, establecida en junio de 2014 y ubicada en los terrenos del Campus Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Autónoma de Guerrero; sus coordenadas son 18° 20´ 57" LN; 99° 28´ 43" LO, a una altitud de 757 msnm. Las variables evaluadas fueron: densidad poblacional de tallos (DPT), tasa de aparición de tallos (TAT), tasa de muerte de tallos (TMT), tasa de sobrevivencia de tallos (TST) e índice de estabilidad de tallos (IET). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo trifactorial (Factor 1: año, Factor 2: genotipo, y Factor 3: periodo de corte). El tamaño de la unidad experimental fue de 4 x 10 m (40 m<sup>2</sup>), con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS<sup>®</sup>, versión 9.2 para Windows<sup>®</sup>. La comparación de medias se realizó con la prueba "t" de "Student" (P<0.05). La densidad poblacional de tallos fue mayor en el otoño de 2017, sin que los genotipos y los periodos de corte mostraran diferencias. El otoño de ambos años

<sup>162</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro.). Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

\*alejandro\_soteloaguilar@hotmail.com



y los genotipos no presentaron diferencias en la TAT, sin embargo, los periodos de corte (PC) si afectaron a la TAT (72.0 tallos/m<sup>2</sup>) y al IET (1.66), con los mayores valores presentes en el corte a los 21 días. La TMT y la TST no fueron afectadas por el genotipo, los PC, ni por el otoño en los dos diferentes años.

**Palabras clave:** *Brachiaria*, dinámica de tallos, componente morfológico

## Introducción

Nantes *et al.* (2013) mencionan que, en las regiones tropicales, la principal fuente de alimentación para los rumiantes son las gramíneas, por lo que son de gran interés el rendimiento y calidad forrajera de los tallos, para mitigar la baja productividad en los sistemas de pastoreo. Sin embargo, en estas regiones la producción de forraje y su uso está determinado por la necesidad de alimentar a los rumiantes, sin considerar el momento oportuno de cosecha para su utilización. FAO y GIZ (2012) aseguran que la agricultura y la ganadería en los países en desarrollo deben transformarse de una manera importante, para responder a los retos relacionados con la seguridad alimentaria y la respuesta al cambio climático. Las proyecciones basadas en el crecimiento de la población y los esquemas de consumo alimentario indican que el cambio climático reducirá, con toda probabilidad, la productividad, la estabilidad de la producción y los ingresos agrícolas en algunas zonas que ya tienen niveles altos de inseguridad alimentaria. Por lo tanto, desarrollar una ganadería y agricultura climáticamente inteligentes es crucial para lograr las metas de seguridad alimentaria y de cambio climático. Ramírez *et al.* (2009) concluyeron que la incorporación de los pastos reduce el impacto negativo hacia el suelo y se recupera la productividad del pasto en forma sostenible, asegurando que las praderas pueden ser usadas como estrategias de manejo para mitigar el impacto de la producción pecuaria sobre suelos degradados por el sobrepastoreo. En México, las especies de *Brachiaria* se han expandido rápidamente y se estima que representan 6.5% del área cubierta por pastos (2.6 millones de hectáreas) (Argel,



2005). Da Silva (2004) mencionaron que es importante explorar el potencial de producción y crecimiento de una especie forrajera, es necesario conocer la estructura básica de la planta y, en segundo lugar, sus órganos funcionales y la afectación de su metabolismo por los diferentes tipos de estrés comunes a un ambiente de pastura. Da Silva y Silveira (1997) indicaron que es importante conocer cómo ocurre el crecimiento de tallos, con el fin de crear estrategias para controlar la deposición excesiva de este componente morfológico, pero sin suprimirla, para evaluar su efecto sobre las plantas, los animales, en la producción y la productividad de los sistemas pastoriles. Por otra parte, Ramírez *et al.* (2011) argumentaron que la persistencia de las praderas depende de la capacidad de las plantas para renovar los tallos muertos. Para tener persistencia en una planta, es necesario mantener un equilibrio dinámico y armónico entre los procesos de muerte y aparición de tallos (Paiva, 2013). Sbrissia *et al.* (2010) manifestaron que el balance entre aparición y muerte de tallos es extremadamente dependiente del método de defoliación usado y lo determina el índice de área laminar, el cual es el factor gobernante de la producción de tallos. Sbrissia (2004) reportó que la variación estacional en la densidad poblacional es causada básicamente por oscilaciones estacionales de las tasas de aparición y muerte de tallos, presentándose las mayores tasas de aparición en pastos mantenidos a 10 y 20 cm de altura, debido a la mayor incidencia de luz en la base del dosel. Sarmiento (2007) sugiere que la proporción de tallos en la masa de forraje de pasto Insurgente varía por la estacionalidad; además, es influenciada por la altura de cosecha y la intercepción luminosa; reporta que en periodos de descanso (de 28 días) correspondientes al intervalo requerido para 95% del dosel de interceptación de la luz incidente sobre el 100%, producen masas de forraje con mayor proporción de hojas, menor proporción de tallos y material muerto. El pasto Insurgente está ampliamente difundido por su amplio rango de adaptación, buen rendimiento y aceptable valor nutritivo, sin embargo, la variación de las condiciones climáticas a través del año interfiere en la estacionalidad de la producción, productividad y calidad del forraje. Diferentes estudios de crecimiento foliar en gramíneas de zonas templadas de México, revelan la importancia de conocer la velocidad de rebrote entre defoliaciones sucesivas, para determinar el estado



fisiológico óptimo de cosecha y comprender los efectos producidos por la frecuencia e intensidad de cosecha sobre el rendimiento y persistencia de los pastos; este conocimiento permite un manejo más eficiente de la producción animal por hectárea (Bernal *et al.*, 2006). Sin embargo, en pastos tropicales, la información disponible en relación con su manejo estacional óptimo es escasa. Con base en la relevancia de contar con ecotipos sobresalientes de esta especie en el trópico mexicano, es necesario estudiar sus patrones estacionales de crecimiento y su respuesta a los factores climáticos y de manejo. En México, las especies de *Brachiaria* se han expandido rápidamente y se estima que representan 6.5% del área cubierta por pastos (2.6 millones de hectáreas) (Argel, 2005).

El estado de Guerrero cuenta con extensa superficie en donde se pueden establecer especies forrajeras, que contribuyan a resolver el problema de alimentación de ganado bovino en la época de sequía. En la actualidad, la siembra de estas especies ha presentado diversos problemas, entre otros: baja viabilidad debido a la pobre calidad de semilla y deficiente manejo del cultivo, con incrementos significativos en los costos de producción por unidad de superficie (Poblete, 2003).

## **Materiales y métodos**

El trabajo se desarrolló en el otoño del 2016 y otoño del 2017, en una pradera de pasto Insurgente y Mulato II, establecida en junio de 2014 y ubicada en terrenos del Campus Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Autónoma de Guerrero, localizada en el kilómetro 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, en las coordenadas 18° 20´ 57" LN; 99° 28´ 43" LO, a una altitud de 757 msnm (CETENAL, 1979). La región tiene clima Awo (w) (i´) g, es decir, el más seco de los cálidos sub-húmedos, con precipitación pluvial en verano de 977 mm en promedio por año; la temperatura promedio es de 25.7°C, el mes más frío es enero, con una media de 22°C (García, 1973). Los suelos son poco profundos, con pH medianamente alcalino, fertilidad natural baja, contenido de materia orgánica pobre, ocasionando baja retención de humedad. Los genotipos se sembraron de





manera manual en junio de 2014, la densidad de siembra fue de 5 kg/ha, con separación de 50 cm entre surcos y plantas. Se fertilizó con 100 kg de N/ha y 50 kg de P/ha. Los tratamientos consistieron en tres edades de rebrote o corte (ER): 21, 42, y 63 días. El tamaño de la unidad experimental fue 4 x 10 m (40 m<sup>2</sup>), con cuatro repeticiones.

### Medición de variables

Antes de iniciar el análisis de dinámica poblacional de tallos en cada ciclo, en todas las parcelas se realizó un corte de uniformidad (8 de septiembre de 2016 y 7 de septiembre de 2017) y en el centro de cada unidad experimental se delimitó un área de 1 m<sup>2</sup>, registrándose el número de plantas y seleccionando una planta representativa (altura promedio de plantas), en la que se marcaron los tallos vivos con anillos de cable de un mismo color, y fueron considerados como población inicial. Las evaluaciones de dinámica poblacional de tallos fueron a 21, 42 y 63 días posteriores a la poda de uniformidad. En cada evaluación, los tallos de formación reciente se marcaron con anillos de diferente color, para cada generación, y los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo.

Los valores de aparición y muerte de tallos se multiplicaron por el número de plantas/m<sup>2</sup>, con estos datos se estimó: la densidad poblacional de tallos (DPT; tallos/m<sup>2</sup>) y sus respectivas tasas semanales de aparición (TAT) y muerte (TMT) (tallos 100/tallos), mediante la metodología descrita por Carvalho *et al.* (1999).

La tasa de sobrevivencia de tallos (TST) se obtuvo de manera indirecta mediante la ecuación:

$$TST=100-TMT$$

Para calcular el índice de estabilidad de la población de tallos, se utilizó la ecuación propuesta por Bahmani *et al.* (2003).

$$P_f/P_i = TSP (1+TAT)$$

Dónde:  $P_f/P_i$  corresponde a la población actual o final de tallos ( $P_f$ ), expresada como proporción de la población original o inicial de tallos ( $P_i$ ) para un determinado



período. TSP y TAT corresponden, respectivamente, a la tasa de sobrevivencia y tasa de aparición de tallos para la misma edad de rebrote.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo de tres factores, donde el Factor 1 fue año de estudio, el Factor 2, genotipo, y el factor 3, las edades de rebrote.

### **Análisis estadístico**

Para determinar los efectos de las fuentes de variación se analizaron en conjunto los datos de los genotipos con el paquete estadístico SAS®, versión 9.2 para Windows®. A todo el conjunto de datos de cada una de las variables de estudio en los genotipos con cada edad de rebrote (21, 42, y 63 días), se les aplicó un análisis de varianza y la prueba múltiple de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### **Resultados y discusión**

La dinámica y producción de tallos es representada por las variables densidad de población, tasa de aparición de tallos, tasa de muerte de tallos, tasa de sobrevivencia de tallos e índice de estabilidad de tallos (Cuadro 1). El análisis de varianza registró diferencias estadísticas altamente significativas en densidad de población con la estación Otoño, y tasa de aparición de tallos e índice de estabilidad con periodo de corte. El resto de variables evaluadas presentaron diferencias estadísticas no significativas ( $P>0.05$ ).



**Cuadro 1. Fuentes de variación, significancia experimental, coeficiente de determinación y coeficiente de variación de las variables de estudio de dinámica de tallos de *Brachiarias* a tres cortes en otoño durante dos años en la FCAA-UAGro.**

Variable de estudio	Fuente de variación	Significancia experimental	Coeficiente de determinación	Coeficiente de variación
Densidad poblacional de tallos	Otoño	<.0001**	0.830013	17.61519
	Genotipo	0.0534 NS		
	Otoño*Genotipo	0.1095 NS		
	PC	0.2260 NS		
	PC*Genotipo	0.8173 NS		
Tasa de aparición de tallos	Otoño	0.0721 NS	0.7488	68.00038
	Genotipo	0.4042 NS		
	Otoño*Genotipo	0.8358 NS		
	PC	<.0001 **		
	PC*Genotipo	0.2854 NS		
Tasa de muerte de tallos	Otoño	0.0854 NS	0.273592	146.8297
	Genotipo	0.8690 NS		
	Otoño*Genotipo	0.7158 NS		
	PC	0.4106 NS		
	PC*Genotipo	0.1530 NS		
Tasa de sobrevivencia de tallos	Otoño	0.0854 NS	0.273592	8.960533
	Genotipo	0.8690 NS		
	Otoño*Genotipo	0.7158 NS		
	PC	0.4106 NS		
	PC*Genotipo	0.1530 NS		
Índice de estabilidad de tallos	Otoño	0.3359 NS	0.707938	18.84121
	Genotipo	0.4546 NS		
	Otoño*Genotipo	0.9036 NS		
	PC	<.0001 **		
	PC*Genotipo	0.1575 NS		

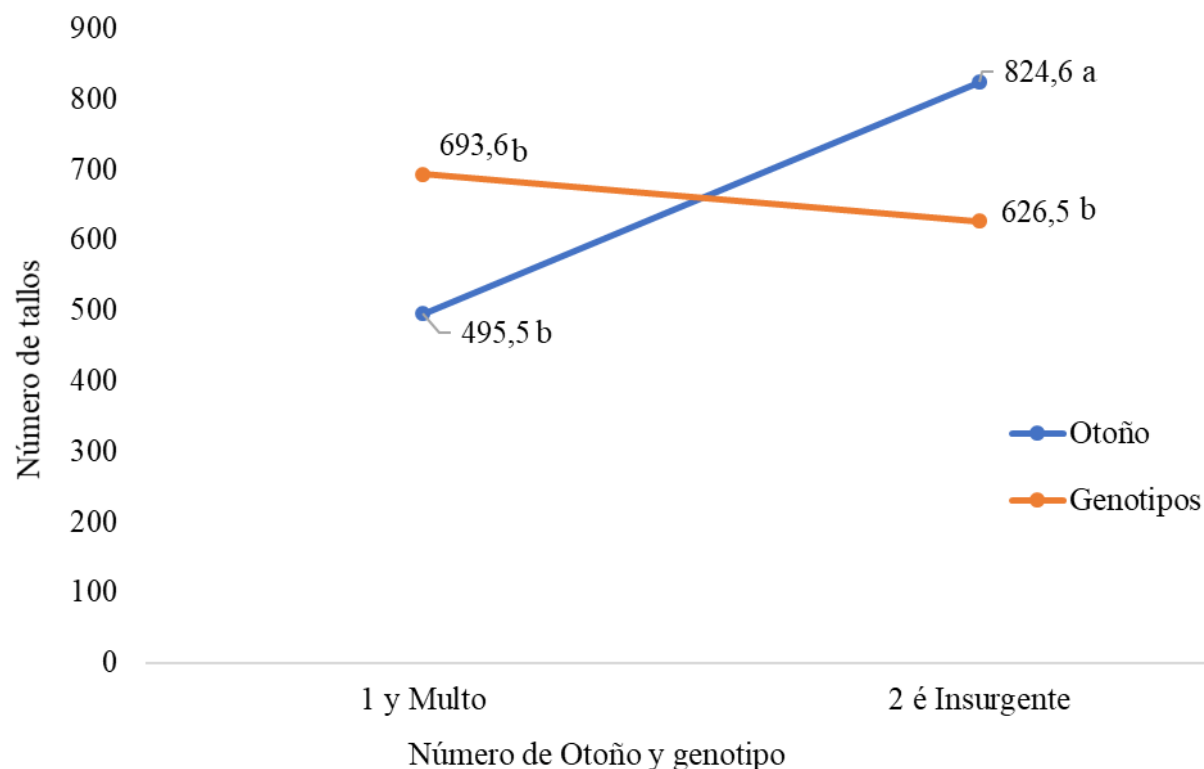
PC = Periodo de Corte, \* = significativo, \*\* = altamente significativo, NS=No significativo.

En la Figura 1 se muestran los efectos producidos por los diferentes otoños (otoño de 2016 y otoño de 2017) en la densidad poblacional de tallo. Las medias indican que el otoño de 2017 presentó mayor densidad de tallos, esto probablemente se debió a las diferencias meteorológicas que pudieron presentarse en ambos años de estudio. El clima determina el potencial productivo de las especies forrajeras encontrándose que los mayores rendimientos y TC se presentan durante la época de lluvias, debido a la ocurrencia de temperaturas apropiadas para el crecimiento del pasto y presencia de mayor humedad, mientras que lo contrario ocurre en la época seca,



cuando se presentan temperaturas apropiadas para el crecimiento, siendo la ausencia de precipitación el factor limitante.

De manera diferente y sin efectos por los factores de estudio internos y externos, en la Figura 1 se muestran las medias producidas por los genotipos en las cuales no fueron diferentes estadísticamente ( $P > 0.05$ ).



**Figura 1. Densidad de plantas producidas en otoño (1=otoño 2016, 2=otoño 2017) y densidad de plantas por genotipos cultivados en 2016 y 2017 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y ambientales de la UAGro.**

En el Cuadro 2 se observa que no hubo diferencias estadísticas ( $P=0.05$ ) de otoño para TAT, TMT, TST e IET, sin embargo, se observa claramente que el otoño de 2017, aunque presenta mayor densidad de tallos, muestra menor tasa de aparición de tallos, menor tasa de muerte y menor índice de estabilidad de tallos; el otoño de 2016 a pesar de tener menor densidad de tallos y mayor tasa de muerte de tallos, mantuvo un índice de estabilidad de tallos mayor que el año siguiente.





**Cuadro 2. Medias producidas por otoño en las variables de estudio en la dinámica de tallos de *Brachiarias* a tres cortes en otoño durante dos años en la FCAA-UAGro.**

Otoño	Den	TAT	TMT	TST	IET
2016	495.5b	36.7a	7.9a	92.1a	1.3a
2017	824.6a	25.5a	3.6a	96.4a	1.2a

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $P>0.05$ ).

La acumulación de tallos en los genotipos no presentó efecto ( $P<0.05$ ) en la densidad en otoño de los dos años, de igual manera, las tasas de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos y el índice de estabilidad de tallos no fueron afectados por esta fuente de variación (genotipos) (Cuadro 3). El comportamiento observado de los cultivares de *Brachiaria* estudiados no coinciden con los resultados obtenidos por Luna *et al.* (2015), quienes indican que entre varias accesiones (*B. decumbens*, *B. brizantha* y *B. mulato*) se obtuvieron diferente número de tallos 148.80, 63.12 y 98.11, respectivamente.

**Cuadro 3. Medias producidas por los genotipos en las variables de estudio en la dinámica de tallos de *Brachiarias* a tres cortes en otoño durante dos años en la FCAA-UAGro.**

Genotipo	Den	TAT	TMT	TST	IET
Mulato	693.6a	28.5a	5.9a	94.0a	1.23a
Insurgente	626.5 <sup>a</sup>	33.7a	5.5a	94.4a	1.28 <sup>a</sup>

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $P>0.05$ ).

La respuesta observada de los periodos de corte demuestra que las tasas de aparición de tallos (Cuadro 4) presentan diferencias ( $P=0.001$ ) y el periodo de corte de 21 días fue el que presentó mayor número de tallos. Luna *et al.* (2015) presenta resultados similares a los obtenidos en el presente estudio al evaluar el efecto de madurez en el comportamiento agronómico de variedades de *Brachiaria* a los 21, 42 y 63 días, reportando 61.01, 84.44 y 162.51 tallos, respectivamente. El índice de estabilidad de tallos presentó efectos de las fuentes de variación, en los tres periodos de corte; los IET son aceptables, sin embargo, a los 21 días fue el de mayor valor. Por otra parte, la densidad de tallos en los tres periodos de corte no presentó diferencias ( $P=0.05$ ). Los resultados del presente estudio son diferentes a los obtenidos por



Hernández *et al.* (2002), quiénes no encontraron diferencias en el rebrote de tallos a tres periodos de rebrote con tres diferentes asignaciones (3, 5 y 7%). En pasto Insurgente se obtuvieron resultados distintos por Ramírez *et al.* (2011), quiénes evaluaron tres intervalos de corte (3, 5 y 7 semanas) en Mombaza, resultando que el primer y segundo intervalo de corte fueron superiores al tercero, con 8 y 11% más de tasa de sobrevivencia de tallos, respectivamente.

**Cuadro 4. Medias producidas por los periodos de corte en las variables de estudio en la dinámica de tallos de *Brachiarias* a tres cortes en otoño durante dos años en la FCAA-UAGro.**

PC (días)	Den	TAT	TMT	TST	IET
21	621a	72.0a	6.28a	93.7a	1.66a
42	666a	13.8b	7.45a	92.5a	1.06b
63	693a	7.4b	3.52a	96.4a	1.03b

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $P > 0.05$ ).

## Conclusiones

La densidad de tallos fue diferente año con año. Los genotipos *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II se comportaron de manera similar en la dinámica poblacional de tallos en las tres edades de rebrote (periodos de corte). Con la disminución en la tasa de aparición de tallos, a medida que aumentó el número de días de los periodos de corte, no existió riesgo o tendencia a la desaparición de la pradera formada por los ecotipos estudiados, ya que en todos los periodos de corte existió un índice de estabilidad de tallos aceptable ( $> 1.0$ ).

## Literatura citada

Argel, P. J. 2005. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *In*: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 42-50.



- Bahmani I., E. R. Thom, C. Matthew, R. J. Hooper and G. Lemaire. 2003. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. *Aust. J. Agric. Res.* 54:803-817.
- Bernal, F. A., G. A. Hernández, P. J. Pérez, H. J. G. Herrera, M. M. Martínez y F. J. L. Dávalos. 2006. Patrón de crecimiento estacional de pastos nativos, en un bosque de encino, en el Estado de México, México. *Agrociencia* 40:39-47.
- Carvalho, P. C. F, S. Prache e J. C. Damasceno. 1999. O processo de pastejo: Desafios da procura e aprensão de forragem pelo herbívoro. *In: Anais da 36a Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, RS.* pp. 253-268.
- CETENAL. 1979. Carta topográfica hoja iguala E-14-A-78. Escala 1:5000. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- Da Silva, S. C. 2004. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. *In: Proceedings of the Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, UFPR, Curitiba, Brazil.*
- Da Silva, S. C y P. C. G. Siveira. 1997. Principios de ecología aplicados ao manejo de pastagem. *Anais de 3er. Simposio sobre ecosistema das pastagem. Jaboticabal, SP.* Pp. 1-62.
- FAO y GIZ. 2012. Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario. Resultados del taller práctico.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. Segunda edición. México.
- Hernández, G. A., H. P. A. Martínez, U. M. Mena, P. H. Pérez y Q. J. F. Enríquez. 2002. Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. *Téc. Pecu. Méx.* 40(2):193-205.
- Nantes, N. N., V. P. B. Euclides, D. B. Montagner, B. Lempp, R. A. Barbosa y P. O. Gois. 2013. Rendimiento de los animales y las características de los pastos de hierba Piata sometidos a diferentes intensidades de pastoreo. *Invest. Agropec. Bras.* 48(1):114-121.



- Luna, M. R. A., P. J. J. Reyes, C. J. H. Avellaneda, C. A. L. Espinoza, T. N. B. Iza y M. M. V. Luna. 2015. Respuesta agronómica de tres variedades de *Brachiaria* en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador. *Rev. Cienc. Agrarias* 8(2) 45-50.
- Paiva, A. J. 2013. Dinámica de populacao de perfilhos e de touceiras em capim-elefante cv. Napier submetido a estrategias de pastejo rotativo. Tesis de Doctorado. Escola Superior de Agricultura. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, Brasil.
- Poblete, V. J. 2003. Efectos de tres reguladores de crecimiento sobre la productividad y calidad de semilla de pasto Mulato *Brachiaria spp.* Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad.
- Ramírez, R. O., G. A. Hernández, S. C. Da Silva, P. J. Pérez, J. F. Enríquez, C. A. Quero, H. J. G. Herrera y A. Cervantes. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características del pasto Mombasa (*Panicum maximum* Jacq.). *Téc. Pecu. Méx.* 47(2):203-213.
- Ramírez, R. O., S. C. Da Silva, G. A. Hernández, Q. J. F. Enríquez, P. J. Pérez, C. A. R. Quero y H. J. G. Herrera. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. 'mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. *Rev. Fitotecnia Méx.* 34(3):213-220.
- Sarmiento, D. O. L. 2007. Producao, composicao morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A Rich) Stapf. Cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte. Tesis de Doctorado. Escola Superior de Agricultura. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, Brasil.
- Sbrissia, A. F. 2004. Morfogenese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de Capim-Marandu sob lotacao contínua. Tesis de Doctorado. Escola Superior de Agricultura. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, Brasil.
- Sbrissia, A. F, C. S. Da Silva, D. O. L. Sarmentó, L. K. Molan, F. M. E. Andrade, C. A. Goncalves and V. A. Lupinacci. 2010. Tilling dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecol.* 206:349-359.





## DESARROLLO *IN VITRO* DE EMBRIONES BOVINOS FERTILIZADOS *IN VITRO* BIPARTIDOS POSCALENTAMIENTO

Gustavo Contreras Hernández<sup>163</sup>, Felipe Montiel Palacios<sup>163\*</sup>, Luis A. García Bravo<sup>163</sup>, Rodolfo Canseco Sedano<sup>163</sup>, Oscar E. Zárate Guevara<sup>163</sup>, Concepción del C. Ahuja Aguirre<sup>163</sup>, y Bertha C. Hernández Cruz<sup>163</sup>

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de desarrollo *in vitro* de embriones bovinos fertilizados *in vitro* (FIV) criopreservados por vitrificación, cultivados completos y bipartidos poscalentamiento. Se utilizaron 61 embriones bovinos FIV, los cuales fueron asignados a dos tratamientos: 1) cultivados completos (n=30) y 2) cultivados bipartidos (hemiembriones; n=62). Para producir los embriones, se recolectaron ovarios de vacas sacrificadas en rastro; la maduración, fertilización y cultivo embrionario se realizó utilizando específicos para FIV en bovinos. Los procesos de cultivo fueron llevados a cabo en una incubadora a 38.5°C, con 5% de CO<sub>2</sub> y saturación de humedad. Fueron criopreservados por vitrificación los embriones que al día 7 de cultivo llegaron a estadio de desarrollo blastocisto con evaluación morfológica calidad 1, de acuerdo a la Sociedad Internacional de Tecnología Embrionaria. La vitrificación y calentamiento de los embriones fue realizada por la técnica indicada para el dispositivo Cryotop®. Después del calentamiento, los embriones se colocaron en solución buffer fosfato libre de proteínas, la bisección se realizó a lo largo del plano sagital medio, utilizando una microcuchilla de acero, controlada por un micromanipulador adaptado a un microscopio invertido. Inmediatamente después del calentamiento o la bipartición, los embriones se colocaron individualmente en gotas de 30 µl de medio de cultivo

---

<sup>163</sup> Cuerpo Académico Bienestar, Etología y Reproducción Animal 419 - Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Miguel A. de Quevedo S/N Esq. Yáñez. Col. Unidad Veracruzana. C.P. 91710. Veracruz, Ver., México. \*Autor de correspondencia: [fmontiel@uv.mx](mailto:fmontiel@uv.mx).  
Presentación: Oral. Mesa de trabajo: Pecuaria



de embriones Global Total® e incubaron bajo las mismas condiciones de cultivo durante 24 h. Se registró el número de embriones vivos y muertos de cada tratamiento, evaluando la morfología de las estructuras embrionarias; para determinar la diferencia entre los tratamientos, se utilizó un modelo lineal generalizado con PROC GENMOD. El porcentaje de reexpansión de los embriones cultivados completos y bipartidos fue del 53 y del 24%, respectivamente ( $p < 0.05$ ). En conclusión, los embriones bovinos FIV vitrificados muestran menor probabilidad de sobrevivencia en cultivo *in vitro* cuando son cultivados bipartidos.

**Palabras clave:** blastocisto, cultivo, vitrificación, hemiembrión, bisección

## Introducción

La fertilización *in vitro* (FIV) de embriones bovinos es una biotecnología reproductiva que facilita su obtención; posee un gran potencial como herramienta para el mejoramiento genético porque permite un acortamiento del intervalo generacional y facilita la dispersión del material genético en los hatos (Gonella-Díaz *et al.*, 2013). La FIV permite obtener altas tasas (38.2%) de blastocistos normales (Moreno *et al.*, 2015), capaces de gestar y convertirse en una descendencia sana normal (Lonergan y Fair, 2008). La IETS (Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones), reportó un crecimiento del 33% anual durante el periodo 2000-2010, al llegar a producir más de 451,000 embriones *in vitro* a nivel mundial (Stroud, 2010). En países sudamericanos, el 35% de los embriones bovinos son FIV; en Brasil, la producción *in vivo* fue suplida en su totalidad (Stroud, 2011).

Sin embargo, para que los embriones bovinos FIV permitan un avance en el mejoramiento genético, es necesario el uso de otras biotecnologías reproductivas que faciliten el uso comercial de éstos (Ramírez y Bernal, 2012), a manera que la inversión inicial sea rentable al comprar un embrión que desarrollará al estado adulto *versus* adquirir un animal en pie (Hasler, 2003). La vitrificación ha probado ser una alternativa efectiva para criopreservar embriones bovinos PIV (Ramírez y



Bernal, 2012), y obtener mayores tasas de sobrevivencia que cuando son congelados (Bianchi *et al.*, 2005; García *et al.*, 2008), así como tasa de gestación hasta del 64% (Lewis *et al.*, 1999). Considerando además que es una técnica simple (Manjunatha *et al.*, 2009), ya que no requiere de equipos costosos (Serrano *et al.*, 2002) y se realiza en menos tiempo, en comparación con el método de congelación lenta (Vajta, 2000). El valor de la criopreservación de embriones FIV en la reproducción bovina, queda claramente ilustrado por el gran número de embriones que son criopreservados y transferidos cada año a nivel mundial (Thibier, 2006; Stroud, 2011). Además de la FIV y vitrificación, otra de las técnicas de reproducción es la bipartición embrionaria, debido a que las células de mórulas y blastocistos conservan su capacidad totipotente (Schramm y Paprocki, 2004); la división microquirúrgica es una oportunidad para aumentar el número de estructuras embrionarias disponibles por transferencia y, en consecuencia, aumentar la tasa de gestación por número de embrión transferido (Velásquez *et al.*, 2017). Los hemiembriones generados contienen cargas genéticas similares, que podrían desarrollarse en gemelos idénticos, y contribuir al mejoramiento genético y a la eficiencia reproductiva de vacas de alto mérito genético (Romo, 1994). Biotecnologías reproductivas como la FIV, vitrificación y bipartición de embriones bovinos son herramientas eficientes para ayudar a mejorar la calidad genética dentro de los hatos ganaderos. Sin embargo, la efectividad de esta última no se ha demostrado en embriones bovinos FIV-VIT (fertilizados *in vitro* y vitrificados), de ser viable, se podría optimizar el uso de dichos embriones, para contribuir a la eficiencia productiva y reproductiva de la ganadería bovina.

## **Materiales y métodos**

Se produjeron *in vitro* 61 embriones bovinos en el Laboratorio de Fertilización *in vitro* de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UV, utilizando los medios de maduración BO-IVM, capacitación espermática BO-SEMEMPREP, fertilización BO-IVFy cultivo BO-IVC (Laboratorio IVF-BIOSCIENCE), de acuerdo a la técnica descrita



por Nielsen *et al.* (2014). Una vez concluido el período de cultivo embrionario, se evaluó la calidad de los embriones producidos, antes de ser vitrificados. En este estudio se utilizaron embriones en estadio de blastocisto expandido de calidad 1 (excelente), según la clasificación de la IETS (Stringfellow y Givens, 2014). Se utilizó Cryotop® como dispositivo de vitrificación para los embriones criopreservados. Para vitrificar, se utilizó solución de equilibrio (ES), compuesta de PBS (solución buffer fosfatada), 20% de sustituto de suero sintético (SSS), 7.5% de etilenglicol (EG) y 7.5% de dimetilsulfóxido (DMSO), así como solución de vitrificación (VS), compuesta de PBS al 20% de SSS más 15% de EG, 15% de DMSO y 0.5 M de sacarosa. Los embriones en grupos de cinco se introdujeron en la gota de ES, donde permanecieron de 10 a 15 min, y después se pasaron a las cuatro gotas de VS, donde permanecieron durante 10, 10, 10 y 20 s en cada gota, respectivamente. Una vez que terminó el tiempo en la cuarta gota de VS, los embriones se colocaron en el Cryotop® (esto en menos de 30 s) e inmediatamente se sumergieron en nitrógeno líquido, donde permanecieron hasta su posterior utilización. Para la reanimación de los embriones, se utilizaron tres pasos con tres soluciones compuestas por una solución con base buffer fosfato, adicionada con 20% de sustituto de suero sintético, cada una con diferentes concentraciones de sacarosa: solución de calentamiento (TS), solución base más 1 M de sacarosa (Sigma-Aldrich®), solución de dilución (DS), solución base más sacarosa 0.5 M, y solución de lavado (WS), solución base libre de azúcares (Kuwayama, 2007).

Para el procedimiento se colocó una gota de TS (300 µl) en un plato de Petri a 37°C, y en otro plato se colocaron dos gotas de DS y tres gotas de WS de 20 µl cada una a temperatura ambiente (24°C). El Cryotop® se sacó del termo criogénico, se destapó e inmediatamente se sumergió la tira de plástico con el embrión en TS por 1 min. Posteriormente, los embriones se colocaron en la DS por 2 min en cada gota y por último se sumergieron en la WS por 3 min en cada gota para remover el crioprotector (Kuwayama, 2007). Los embriones calentados fueron divididos en dos grupos, control o completos y bipartidos. Para este procedimiento de bipartición se utilizó la técnica descrita por Lopes *et al.* (2001), la cual consiste en colocar el embrión en una caja de Petri de plástico desechable y como medio de





manipulación se utilizó en 1.5 mL de PBS libre de proteína. El corte se realizó con una microcuchilla de acero controlada por un micromanipulador adaptado a un microscopio de fondo invertido; el corte se realizó a lo largo del plano sagital medio, tomando como punto de referencia la masa celular interna. Para observar la tasa de sobrevivencia *in vitro* poscalentamiento, fueron asignados de manera aleatoria a los dos tratamientos: completos (n=30) y bipartidos (n=31). Fueron cultivados en cajas Petri en gotas de 30  $\mu$ l de medio Global Total® durante 24 h en una incubadora de CO<sub>2</sub> (ThermoScientific®) a temperatura de 38.5°C, 5% de CO<sub>2</sub> y saturación de humedad. Para determinar la tasa de sobrevivencia de los embriones, éstos fueron evaluados a las 2 h de calentados y a las de 24 h de cultivo, utilizando un microscopio invertido y bajo una campana de flujo laminar; en cada evaluación se determinó de manera subjetiva la morfología de las estructuras embrionarias; para el caso de los embriones del grupo de completos, se consideró como vivos aquellos embriones donde se observó una masa celular interna bien organizada, homogénea y con formación del blastocele; para el caso de los bipartidos, se consideró como viables aquellos hemiembriones donde se observó una masa celular compacta, uniforme y bien organizada, además, a las 24 h, en este grupo también se consideró la formación de blastocele como un criterio de evaluación. Para determinar y comparar la tasa de reexpansión y la tasa de sobrevivencia entre los embriones cultivados completos y bipartidos poscalentamiento a las 2 y 24 horas, se utilizó un modelo lineal generalizado (McCullagh y Nelder 1986) con PROC GENMOD (SAS, 1999). Condicionada a los efectos fijos, la tasa de sobrevivencia se asumió que sigue una distribución binomial. Debido a la naturaleza dicotómica de la variable de respuesta, la función de enlace utilizada fue la función logit. Las comparaciones entre medias de los efectos fijos considerados en el modelo se realizaron con base en la diferencia mínima significativa protegida de Fisher.



## Resultados y discusión

La sobrevivencia de los embriones cultivados completos fue superior a los cultivados bipartidos. En el Cuadro 1 se muestra la tasa de sobrevivencia de los embriones bovinos producidos *in vitro* cultivados completos y bipartidos pos-calentamiento.

**Cuadro 1. Tasa de sobrevivencia de embriones bovinos FIV vitrificados cultivados completos y bipartidos después del calentamiento.**

Tratamiento	n	Re-expansión % (n)	
		2 h	24 h
Completos	30	70 (21) <sup>a</sup>	53 (16) <sup>a</sup>
Bipartidos	62	42(26) <sup>b</sup>	24 (15) <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Literales diferentes por columna indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ ).

La tasa de sobrevivencia de los embriones cultivados completos en el presente estudio fue del 53%, inferior a lo reportado por Morató *et al.* (2014), quienes vitrificaron blastocistos expandidos de 7 días producidos *in vitro* y obtuvieron una tasa de sobrevivencia de 79% a las 24 h poscalentamiento; sin embargo, la solución de calentamiento que utilizaron fue el medio Holding<sup>®</sup> adicionado con albúmina sérica bovina, el cual ha demostrado tener efecto favorecedor sobre el desarrollo posterior de los embriones (Gutierrez-Adan *et al.*, 2001), por lo tanto, se podría inferir que la baja tasa de supervivencia en este estudio fue debida a que la solución buffer fosfato utilizada durante el calentamiento no proporcionó un soporte adecuado para los embriones durante el proceso de cultivo (Lucas-Hahn y Niemann, 1991). Por otro lado, Ríos *et al.* (2010) obtuvieron tasas de sobrevivencia menores a la del presente estudio a las 24 h de cultivo; esta diferencia puede deberse al dispositivo de vitrificación utilizado por los autores antes mencionados, que fue pajilla estirada abierta, con la que obtuvieron 27.5% de sobrevivencia, y con capilares de vidrio obtuvieron 18.9%. No es de extrañar que la tasa de sobrevivencia embrionaria obtenida por esos métodos sea baja, en comparación al método Cryotop<sup>®</sup> (Kruse, 2012), cuya efectividad se explica por la reducción del volumen de solución de vitrificación utilizado ( $< 1 \mu\text{l}$ ), lo cual permite un enfriamiento más rápido y, por lo



tanto, se reducen los daños causados por el descenso de temperatura (Mazur, 1984). Por el contrario, las tasas de sobrevivencia a las 24 h de cultivo *in vitro* de embriones bovinos FIV y vitrificados en pajillas estiradas y capilares de vidrio reportadas por Cho *et al.* (2002) fueron 80 y 90%, sin embargo, vitrificaron los embriones en estadio de mórulas, contrario a este estudio en el que se vitrificaron sólo blastocistos. Sin embargo, Morató *et al.* (2014) observaron que la presencia de un blastocele más grande favorece a una deshidratación más pronunciada y constante, debido a que la zona pelúcida es más delgada y posiblemente más permeable en comparación con estadios no expandidos. Al respecto, Zech *et al.* (2005) y Hiraoka *et al.* (2007) vitrificaron embriones de humano eclosionados y observaron un aumento en la tasa de gestación, y concluyeron que la ruptura de la zona pelúcida favorece la exposición del blastocele a los agentes crioprotectores, facilitando la deshidratación y, por tanto, la rehidratación. Aunque este aumento en la tasa de gestación podría deberse a que los embriones eclosionados son más resistentes, ya que son seleccionados naturalmente, esto no sucede en etapas jóvenes, en las cuales se desconoce si tendrán la capacidad de continuar su desarrollo (Velásquez *et al.* 2014). Martínez y Valcárcel (2008) reportaron tasa de sobrevivencia de 67% poscalentamiento, sin embargo, ellos utilizaron como crioprotector una mezcla de propilenglicol+glicerol, mientras que en el presente estudio se utilizó etilenglicol+DMSO; el principal inconveniente de estos crioprotectores es que debido a su alta permeabilidad, ocupan el líquido intracelular en menor tiempo, por lo cual, es de suma importancia que durante el calentamiento se retiren lo más pronto posible, en caso contrario, pueden deshidratar por completo a la célula (Tachikawa *et al.*, 1993), ocasionando una reducción del volumen celular por debajo de un límite crítico, donde la deshidratación osmótica provoca un estrés que origina un cambio configuracional de los fosfolípidos de la membrana celular, ocasionando una baja viabilidad posterior a la criopreservación (Schneider *et al.*, 1984). Se obtuvo menor tasa de sobrevivencia en los embriones cultivados bipartidos que los cultivados completos, 24 vs 53%, respectivamente. Estos resultados difieren a lo reportado por Lucas-Hahn y Niemann (1991), quienes obtuvieron tasas de sobrevivencia de 92, 63 y 43% cultivando poscalentamiento en medios Whitten´s,



Ham's F10 y PBS, respectivamente, encontrando diferencia significativa entre éstos ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, los embriones que utilizaron fueron producidos *in vivo*, los cuales se caracterizan por una mayor criotolerancia, en comparación con los embriones PIV (Ramírez y Bernal, 2012). Por otra parte, Velásquez *et al.* (2014) evaluaron el efecto de la bipartición sobre embriones bovinos PIV en tres estadíos de desarrollo durante el día 7, 8 y 9 de cultivo *in vitro*; la tasa de sobrevivencia de hemiembriones provenientes de blastocisto joven fue de 0%, independientemente del día de cultivo; 32, 37 y 73% en blastocistos expandidos y 71, 84 y 89% de blastocistos eclosionados. Además, se puede observar un aumento en la tasa de sobrevivencia conforme avanza el estadío de desarrollo y los días de cultivo, pero los embriones de nueve días no son deseables para fines de transferencia. La diferencia en la tasa de sobrevivencia se puede atribuir a que los embriones utilizados en el presente estudio fueron previamente vitrificados, y los daños ocasionados por este procedimiento afectaron la capacidad de desarrollo de dichos embriones, en comparación a los embriones frescos que utilizaron los autores previamente citados.

En cuanto a tasa de sobrevivencia de embriones que se vitrificaron y bipartieron poscalentamiento, Celestinos y Gatica (2008) reportaron una tasa de sobrevivencia de 10%, inferior a lo reportado en este estudio, sin embargo, estas diferencias podrían deberse a que utilizaron mórulas y blastocistos jóvenes; La baja celularidad de estadíos jóvenes y la pérdida celular (28%) ocasionada por la bipartición (Vajta *et al.*, 1997; Larson *et al.*, 2007), impide que se manifieste un crecimiento compensatorio crítico para la supervivencia (Lopes-da-Costa *et al.*, 2011), y dependiendo de la gravedad del daño, los efectos pueden manifestarse en su desarrollo o posterior a la implantación (Herradón *et al.*, 2007). Para contrarrestar la pérdida celular, Shirazi *et al.* (2010) sugieren bipartir embriones en estadíos avanzados y con un alto número celular, los cuales pueden continuar su desarrollo sin ningún inconveniente.

Aparte de los daños físicos que pudieron influir en la baja capacidad de desarrollo de los hemiembriones, es importante considerar los daños a nivel genético. Al respecto, Velásquez *et al.* (2014) analizaron un set de seis genes marcadores de





pluripotencia (OCT4, SOX2, NANOG), desarrollo trofoblástico (CDX2, TP1) y apoptosis (BAX), mediante RT-qPCR. Para esto, bipartieron blastocistos expandidos de 8 días y colocaron aleatoriamente cada hemiembrión en grupos diferentes (1 y 2). Para analizar la expresión genética, tomaron 30 hemiembriones de cada grupo a las 12 h y en el día 10 y 13 de desarrollo *in vitro* posbipartición. No encontraron diferencia ( $p>0.05$ ) en la expresión genética entre los grupos de hemiembriones a las 12 h y en el día 10, sin embargo, los hemiembriones de 13 días de cultivo mostraron una reducción en la expresión de OCT4, SOX2, TP1 y EOMES ( $p<0.05$ ), excepto para el gen BAX. Similares efectos (alteraciones en la expresión genética) son reportados a causa del proceso de criopreservación y a los medios de cultivo utilizados; normalmente están correlacionados con la baja viabilidad embrionaria (Rizos *et al.*, 2003); posiblemente, el hecho de vitrificar y bipartir poscalentamiento ocasionó alteraciones en genes de importancia para la sobrevivencia de dicho embriones, sin embargo, queda a duda, debido a que durante el presente estudio no se realizaron análisis moleculares para esclarecer estos efectos.

## Conclusiones

La tasa de desarrollo *in vitro* de embriones bovinos fertilizados *in vitro* (FIV) vitrificados y cultivados bipartidos poscalentamiento es menor cuando son cultivados completos.

## Literatura citada

- Bianchi, V., G. Coticchio, L. Fava, C. Flamigni and A. Borini. 2005. Meiotic spindle imaging in human oocytes frozen with a slow freezing procedure involving high sucrose concentration. *Hum. Reprod.* 20(4):1078-83.
- Celestinos, M. y R. Gatica. 2008. *In vitro* viability of split rabbit embryos before and after vitrification. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy.



- Cho, S. K., S. G. Cho, I. H. Bae, C. S. Park and I. K. Kong. 2002. Improvement in post-thaw viability of *in vitro*-produced bovine blastocysts vitrified by glass micropipette (GMP). *Anim. Reprod. Sci.* 73(3-4):151-158.
- García, M., A. Chávez, J. Medina, J. Montoya, E. Quiroz, R. Martínez, L. Ruvalcaba. 2008. Vitrificación en cryotop: un método altamente eficaz para la criopreservación de ovocitos humanos. *Gaceta Mexicana de Oncología* 8(5):189-194.
- Gonella-Díaz, Á. M., J. E. Atuesta-Bustos, S. M. Bernal-Ulloa and L. Chacón-Jaramillo. 2013. Generalidades de la producción de embriones bovinos *in vitro*. *Rev. Inv. Agr. Amb.* 4(1): 2145-6097.
- Gutierrez-Adan, A., P. Lonergan, D. Rizo, F. A. Ward, M. P. Boland, B. Pintado and J. de la Fuente. 2001. Effect of the *in vitro* culture system on the kinetics of blastocyst development and sex ratio of bovine embryos. *Theriogenology* 55:1117-1126.
- Hasler, J. F. 2003. The current status and future of commercial embryo transfer in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 79(3-4):245-264.
- Herradon, P. G., L. A. Quintanella, J. J. Becerra, S. Ruibal y M. Fernández. 2007. Fecundación *in vitro*: Alternativa para la mejora genética en bovino. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15:33-40.
- Hiraoka, K., K. Hiraoka, M. Kinutani, K. Kinutani. 2007. Vitrification of human hatched blastocysts: a report of 4 cases. *J. Reprod. Med.* 52(5):413-415.
- Kruse, S. 2012. Vitrification of *in vitro*-and *in vivo*-produced bovine embryos for direct transfer. Fort Collins, CO, Colorado State University. Pp. 1-74.
- Kuwayama, M. 2007. Highly efficient vitrification for cryopreservation of human oocytes and embryos: The Cryotop method. *Theriogenology* 67:73-80.
- Larson, S. F., W. R. Butler and W. Bruce. 2007. Currie pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 102:172-179.
- Lewis, I. M., M. W. Lane and G. Vajta. 1999. Pregnancy rates following transfer of *in vitro* produced bovine embryos vitrified by the open pulled straw (OPS) method. *Theriogenology* 51(1):168.
- Lonergan, P. and T. Fair. 2008. *In vitro*-produced bovine embryos-dealing with the Warts. *Theriogenology* 69(1):17-22.



- Lopes, R. F., F. Forell, A. T. Oliveira and J. L. Rodrigues. 2001. Splitting and biopsy for bovine embryo sexing under field conditions. *Theriogenology* 56:1383-92.
- Lopes-da-Costa, L., J. C. Silva, M. C. Deloche, N. Jeanguyot, P. Humblot and A. E. M. Horta. 2011. Effects of embryo size at transfer (whole versus demi) and early pregnancy progesterone supplementation on embryo growth and pregnancy-specific protein bovine concentrations in recipient dairy heifers. *Theriogenology* 76(3):522-531.
- Lucas-Hahn, A. and H. Niemann. 1991. *In vitro* survival of fresh and frozen/thawed bovine demi-embryos. *Theriogenology* 36:4.
- Manjunatha, B., P. Gupta, J. Ravindra, M. Devaraja and S. Nandi. 2009. Effect of vitrification medium composition and exposure time on postthaw development of buffalo embryos produced *in vitro*. *Vet. J.* 179(2):287-291.
- Martínez, A. G. y A. Valcárcel. 2008. Vitrificación de embriones bovinos obtenidos *in vitro*. *Reproducción* 23:21-33.
- Mazur, P. 1984. Freezing of living cells: mechanisms and implications. *Am. J. Physiol.* 247:125-142.
- McCullagh, P and J. A. Nelder. 1986. *Generalized Linear Models*. 2nd edition. Chapman and Hall, London.
- Morató, R., D. Izquierdo, M. T. Paramio and T. Mogas. 2014. Vitrification of different developmental stages of bovine blastocysts produced *in vitro*. *Rev. Asoc. Est. Biol. Rep.* 15(2):27-33.
- Moreno, D., A. Neira, L. Dubreil, L. Liegeois, S. Destrumelle, S. Michaud, C. Thorin, L. Briand-Amirat, D. Bencharif and D. Tainturier. 2015. *In vitro* bovine embryo production in a synthetic medium: Embryo development, cryosurvival, and establishment of pregnancy. *Theriogenology* 84:1053-1060.
- Nielsen, J. M. K., C. Wrenzycki, P. Hyttel, F. Poppicht and L. Strøbech. 2014. New culture media affects blastocyst development and gene expression levels in *in vitro*-produced bovine embryos. *Reprod. Fert. Develop.* 27:206-207.
- Ramírez, O. y S. Bernal. 2012. Vitrificación de embriones bovinos producidos *in vitro*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 15(2):419-429.
- Rios, G. L., N. C. Mucci, G. G. Kaiser and R. H. Alberio. 2010. Effect of container, vitrification volume and warming solution on cryosurvival of *in vitro*-produced bovine embryos. *Anim. Reprod. Sci.* 118(1):19-24.



- Rizos, D., A. Gutierrez-Adan, S. Perez-Garnelo, J. De La Fuente, M. P. Boland and P. Lonergan. 2003. Bovine embryo culture in the presence or absence of serum: implications for blastocyst development, cryotolerance, and messenger RNA expression. *Biol. Reprod.* 68(1):236-243.
- Romo, S. 1994. Biotecnología reproductiva: avances en ganado bovino. *Boletín Técnico Internacional*. Schering-Plough, División Veterinaria. 1:8.
- SAS (Statistical Analysis System). 1999. User's Guide. SAS Institute, Cary, N.C. USA.
- Schneider, U. and P. Mazur. 1984. Osmotic consequences of cryoprotectant permeability and its relation to the survival of frozen-thawed embryos. *Theriogenology* 21:68-79.
- Schramm, R. D. and A. M. Paprocki. 2004. Strategies for the production of genetically identical monkeys by embryo splitting. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 16(2):38.
- Serrano, C., R. Sierra, J. Sánchez, L. Restrepo y M. Olivera. 2002. Evaluación de dos métodos de criopreservación sobre la calidad de embriones producidos *in vitro*. *Rev. Col. Cienc. Pecu.* 15(3):286-292.
- Shirazi, A., S. Borjian, H. Nazari, E. Ahmadi, B. Heidari and A. Bahirae. 2010. Effects of timing on cell biopsy from pre-compacted morula stage bovine embryos on subsequent embryonic development. *J. Reprod. Infert.* 11(1):25.
- Stringfellow, D. and D. Givens. 2014. *Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de embriones*. International Embryo Transfer Society. Illinois. USA. Cuarta Edición 9:95-99.
- Stroud, B. 2010. The year 2009 worldwide statistics of embryo transfer in domestic farm animals. *Embryo Transfer Newsletter* 28:11-21.
- Stroud, B. 2011. Statistics and data retrieval Committee report. The year 2010 worldwide statistics of embryo transfer in domestic farm animals.
- Tachikawa, S., T. Otoi, S. Kondo, T. Machida and M. Kasai. 1993. Successful vitrification of bovine blastocyst derived by *in vitro* maturation and fertilization. *Mol. Reprod. Dev.* 34:266-271.
- Thibier, M. 2006. Transfers of both *in vivo* derived and *in vitro* produced embryos in cattle still on the rise and contrasted trends in other species in 2005. *Data Retrieval Committee Annual Report*. IETS Newsletter 24:4.
- Vajta, G. 2000. Vitrification of the oocytes and embryos of domestic animals. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:357-364.





- Vajta, G., P. Holm, T. Greve and H. Callesen. 1997. Survival and development of bovine blastocysts produced *in vitro* after assisted hatching, vitrification and in-straw direct rehydration. *J. Reprod. Fert.* 111:65-70.
- Velásquez A. E., J. Manríquez, F. O. Castro, J. F. Cox and L. Rodriguez-Alvarez. 2017. Embryo splitting affects the transcriptome during elongation stage of *in vitro*-produced bovine blastocysts. *Theriogenology* 1(87):124-134.
- Velásquez, E. A., O. F. Castro, D. Veraguas, F. J. Cox, E. Lara, M. Briones and L. Rodriguez-Alvarez. 2014. Splitting of IVP bovine blastocyst affects morphology and gene expression of resulting demi-embryos during *in vitro* culture and *in vivo* elongation. *Zygote* 24(1):18-30.
- Zech, N. H., B. Lejeune, H. Zech and P. Vanderzwalmen. 2005. Vitrification of hatching and hatched human blastocysts: effect of an opening in the zona pellucida before vitrification. *Reprod. Biomed. Online* 11(3):355-361.



## CRECIMIENTO DE BECERROS HOLSTEIN O SUIZO PARDO X CEBÚ DE HATO EXPERIMENTAL EN DOBLE PROPÓSITO

Benjamín Alfredo Piña Cárdenas<sup>164\*</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>164</sup>, Juan Prisciliano Zárate Martínez<sup>164</sup>, Martha Eugenia Valdovinos Terán<sup>164</sup>, Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>164</sup>, Francisco Tobías Barradas Piña<sup>164</sup>, Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>164</sup>, Maribel Montero Lagunes<sup>164</sup> y Jaime Rangel Quintos<sup>164</sup>

### Resumen

Se comparó el crecimiento de becerros cruzados Holstein x Cebú vs Suizo Pardo x Cebú de un ható experimental de doble propósito, en condiciones de trópico subhúmedo del estado de Veracruz. Se utilizaron los registros de 243 animales nacidos del 2010 a 2018 en el Campo Experimental La Posta del INIFAP. Para analizar peso al nacimiento, peso al destete y ganancia diaria de peso del destete al año de edad, en el modelo se incluyó genotipo (Suizo Pardo y Holstein x Cebú), sexo (macho, hembra), año de nacimiento (2010 - 2018) y época de nacimiento (seca= noviembre a mayo, lluvias=junio a octubre). Además, para ganancia diaria de peso, del nacimiento al destete, el modelo incluyó padre de la cría anidado en genotipo. Para peso al año y peso a los 18 meses, el modelo incluyó la edad del becerro en el momento del pesaje como covariable. Los análisis se realizaron con el procedimiento Mixed (Proc Mixed) del paquete estadístico SAS. No se encontró diferencia ( $P>0.05$ ) entre becerros Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en alguna de las variables analizadas. Los becerros machos fueron más pesados ( $P<0.05$ ) al nacimiento (36.0 vs 34.3 kg), destete a los 7 meses (140.0 vs 132.4 kg) y año y medio de edad (277.6 vs 264.2 kg) que las becerras hembras. Sin embargo, no hubo diferencias entre machos y hembras ( $P>0.05$ ) en la ganancia de peso del nacimiento al destete (0.424 vs 0.402 kg) y del destete al año de edad (0.361 vs 0.333 kg);

<sup>164</sup> Campo experimental La Posta, Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). pina.benjamin@inifap.gob.mx.



tampoco hubo diferencia entre ellos ( $P>0.05$ ) en el peso al año de edad (181.9 vs 174.2 kg). La crianza y desarrollo de becerros negros (Holstein x Cebú) comparados a los cafés (Suizo Pardo x Cebú), técnicamente no hay diferencia entre ellos.

**Palabras clave:** peso al nacimiento, peso al destete, peso al año, *Bos taurus* x *Bos indicus*, doble propósito

## Introducción

En la producción mundial de carne bovina, México ha venido ocupando el 7° lugar desde 2012, con la cifra de 1,926,901 t, en 2017 (FAOSTAT, 2019a). El incremento de producción anual del 2013 a 2017 fue del 1 al 2.5%. A nivel continental el país ocupa el 4° lugar después de Estados Unidos de América, Brasil y Argentina. En México el desarrollo y crecimiento de los bovinos en las regiones del trópico seco y húmedo del país, se realiza en pastoreo, lo cual es una de sus características primordiales, pero la finalización en corral está siendo cada vez más frecuente, en la última década. A nivel nacional Veracruz es el 1° lugar contribuyente con una producción de carne en canal de 257,935 t (SIACON-NG, 2019). En la llanura costera de Veracruz el sistema de producción predominante con bovinos es el de doble propósito. Este sistema en donde se utiliza relativamente poca tecnología se caracteriza porque las vacas son ordeñadas y además crían a sus becerros, los cuales después del destete se venden para surtir a las engordas regionales o del norte del país; el ganado generalmente se encuentra en pastoreo bajo condiciones de temporal, predominan las razas cebuinas, principalmente Brahman (blanca o roja), Gyr, Sardo Negro, Nelore, Guzerat, y sus cruzas con razas europeas para la producción de leche Suizo Pardo y Holstein, y para carne Angus (negra o roja), Charolais y Simmental, etc. Las cruzas para leche Suizo Pardo y Holstein con Brahman han sido criadas por más de 45 años en el Campo Experimental La Posta y todo el tiempo los compradores de becerros ofrecen menor paga para becerros negros (Holstein X Cebú) que los cafés (Suizo Pardo X Brahman) argumentando un crecimiento más lento, por lo tanto, la



disponibilidad de datos acerca del comportamiento productivo de becerros de hatos de doble propósito es importante analizar para la caracterización de los grupos genéticos y tener la información veraz del crecimiento de ambos grupos genéticos que permitan saber la realidad de la aseveración de los compradores, esta información servirá para un mercadeo más justo de los becerros para engorda en la planicie costera veracruzana. El objetivo de este estudio fue comparar el crecimiento de becerros cruzados Holstein x Cebú vs Suizo Pardo x Cebú de un hato experimental de doble propósito en condiciones de trópico subhúmedo del estado de Veracruz.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El estudio se realizó del 2010 al 2018 en el campo experimental La Posta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el km 22.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México, a 15° 18' latitud norte, 96° 10' longitud oeste y una altitud de 12 m sobre el nivel del mar. La región tiene un clima tropical subhúmedo Aw<sub>2</sub>, con temperatura máxima, media y mínima de 35.3, 25 y 15 °C, respectivamente, una precipitación pluvial media anual de 1461 mm y humedad relativa de 77.4% (Vidal, 2005). Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH ácido de 5.4, con textura de migajón arcillo-arenosa y con un contenido pobre de materia orgánica, alrededor del 2.6%.

### **Animales**

Se analizaron los registros de crecimiento y desarrollo de crías Suizo Pardo x Cebú (n=90) y Holstein x Cebú (n=153) con diferentes proporciones de raza europea. El porcentaje de genes *Bos taurus* en las crías Suizo Pardo x Cebú varió de 54.7% a 87.5%, mientras que en las Holstein x Cebú varió de 50.0 a 77.3%. En el Cuadro 1 se muestra el número de crías evaluadas por genotipo. Las crías Suizo Pardo x Cebú





fueron hijas de 7 sementales ( $3/4$  Suizo Pardo x  $1/4$  Cebú,  $5/8$  Suizo Pardo x  $3/8$  Cebú, Suizo Pardo) y 38 vacas, mientras que las Holstein x Cebú fueron hijas de 19 sementales ( $3/4$  Holstein x  $1/4$  Cebú,  $5/8$  Holstein x  $3/8$  Cebú, Holstein) y 63 vacas. Las crías se produjeron por medio de inseminación artificial, principalmente, aunque hubo algunos apareamientos por monta natural.

**Cuadro 1. Número (n) de becerros evaluados por genotipo.**

<b>Cruzas Suizo Pardo x Cebú</b>	<b>n</b>	<b>Cruzas Holstein x Cebú</b>	<b>n</b>
5/8 Suizo Pardo x 3/8 Cebú	7	9/16 Holstein x 7/16 Cebú	1
11/16 Suizo Pardo x 5/16 Cebú	8	5/8 Holstein x 3/8 Cebú	35
23/32 Suizo Pardo x 9/32 Cebú	18	21/32 Holstein x 11/32 Cebú	10
3/4 Suizo Pardo x 1/4 Cebú	40	11/16 Holstein x 5/16 Cebú	17
13/16 Suizo Pardo x 3/16 Cebú	1	23/32 Holstein x 9/32 Cebú	5
27/32 Suizo Pardo x 5/32 Cebú	2	3/4 Holstein x 1/4 Cebú	72
35/64 Suizo Pardo x 29/64 Cebú	2	49/64 Holstein x 15/64 Cebú	2
43/64 Suizo Pardo x 21/64 Cebú	2	91/128 Holstein x 37/128 Cebú	2
47/64 Suizo Pardo x 17/64 Cebú	5	97/128 Holstein x 31/128 Cebú	2
7/8 Suizo Pardo x 1/8 Cebú	5	1/2 Holstein x 1/2 Cebú	1
		41/64 Holstein x 23/64 Cebú	1
		45/64 Holstein x 19/64 Cebú	3
		47/64 Holstein x 17/64 Cebú	1
		99/128 Holstein x 29/128 Cebú	1

### **Manejo de vacas secas y vaquillas de inicio de manejo reproductivo al parto**

Las vacas secas y vaquillas en producción se manejaron en pastoreo rotacional de zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) o Tanzania (*Megathyrsus maximus*), Señal (*Urochloa decumbens*), Pangola (*Digitaria decumbes*) y Mombaza (*Megathyrsus maximus*). Se ofrecieron sales minerales y agua a libertad; además, se les proporcionó ensilaje de maíz o sorgo *ad libitum*. En las vacas secas se realizó una desparasitación interna antes del parto, se realizaron baños garrapaticidas cada 21 días y la vacunación anual contra Derriengue se hizo en agosto. Para las vaquillas, se realizó desparasitación interna cada seis meses, vacunación contra Clostridiasis en los meses de marzo y septiembre, y contra Derriengue en agosto. Durante el manejo reproductivo de las vacas al secado, se diagnosticó la gestación por palpación rectal; las vaquillas también se revisaron por vía rectal, para constatar el



desarrollo y funcionamiento de sus órganos genitales, y se detectaron estros dos veces al día (mañana y tarde).

### **Manejo de vacas en producción**

Las vacas en producción se manejaron en pastoreo rotacional de zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) o Tanzania (*Megathyrus maximus*), Señal (*Urochloa decumbens*), Pangola (*Digitaria decumbes*) y Mombaza (*Megathyrus maximus*). La complementación alimenticia durante la ordeña consistió en 1 kg de concentrado, por cada 3 kg de producción de leche, a partir de 4 litros provenientes solo del pastoreo. Este concentrado contenía 18% de proteína cruda (PC) y 2.75 Mcal de energía metabolizable, por cada kg de concentrado, también se proporcionaron sales minerales y agua a libertad. Después de un amamantamiento ligero realizado por su cría, para estimular la eyección de leche. Los becerros se mantuvieron atados, a un costado de sus madres, mientras ellas fueron ordeñadas. Durante los tres primeros meses de lactancia, solo se ordeñaron tres tetas de la ubre, dejando una teta de la ubre para consumo de leche del becerro, más la leche residual de las tres tetas ordeñadas. Del día 91 de lactancia hasta el destete del becerro (siete meses de edad, 210 d), se ordeñaron las cuatro tetas, dejando para la alimentación del becerro solamente la leche residual. Después del ordeño, se permitió a los becerros mamar alrededor de media hora diariamente. Al destete los becerros se separaron de sus madres y se incluyeron en un lote de destetados. Las vacas se secaron cuando tuvieron siete meses de gestación, 305 días de ordeño y vacías o produjeron menos de 3 kg de leche por día. El control sanitario consistió en vacunación contra Derriengue en agosto y baños garrapaticidas periódicos

### **Manejo de los becerros**

#### **Fase de Crianza**

El periodo comprendió del nacimiento a los siete meses de edad (210 días). Una vez ocurrido el parto se realizó el pesaje de la vaca y becerro. En las primeras horas de nacidos se les desinfectó el cordón umbilical y permanecieron los primeros tres días,



con su madre, para ingerir calostro. Al 4° día de edad, los becerros se separaron de la madre y se integraron al grupo de becerros lactantes, los cuales se mantuvieron en una pradera de 3.58 ha con pasto Pangola, cerca de los corrales de ordeña, en un sistema de pastoreo rotacional con área de sombreadero y complementación alimenticia.

Durante esta etapa, la alimentación consistió en pasto que consumieron directamente de la pradera, la leche que consumieron durante el apoyo, un cuarto de la ubre de su madre que se dejó sin ordeñar, más la leche residual de los otros cuartos. Además, durante los 210 días que duró la crianza, se proporcionó concentrado con 18% de PC a razón de 1 kg/día, agua y sales minerales a libertad. En el periodo de secas, por la falta de pasto, se incluyó en la dieta el suministro de silo de maíz o heno de pasto Pangola. Durante el proceso de ordeño, los becerros estimularon la bajada de la leche de la madre. Desde el nacimiento a los tres meses de edad, el becerro tuvo acceso a un cuarto de la ubre, posteriormente hasta los siete meses de edad (destete), solo consumieron leche residual, después de ordeñar a su madre, dos veces al día. El manejo sanitario al que estuvieron sometidos consistió en vacunación contra Clostridiasis los meses de marzo y septiembre, contra Derriengue en octubre y las hembras se vacunaron entre 3-6 meses de edad por única vez contra Brucelosis. Se desparasitaron cada tres meses contra parásitos gastroentéricos y pulmonares, y se bañaron cada 14 días contra garrapatas.

#### Fase de desarrollo

Esta fase comprende de los 7 a los 20 meses de edad en las hembras y de los 7 a los 12 meses en los machos, momento en que se destinan a la venta.

#### Machos

Al destete inicia la fase de desarrollo, a los 12 meses se hace una selección por genealogía, evaluación física, comportamiento del crecimiento y los animales que no resulten aptos para sementales, se venden para abasto. Los seleccionados para sementales continúan su desarrollo en un lote separado de las hembras.

En esta fase los animales disponen de 1.91 ha de pasto Estrella de África y 6.29 ha de zacate Taiwán o Tanzania y se les complementó con concentrado con 16% de PC a razón de 1 kg/día durante todo el año y de enero a mayo con 15 kg de ensilado, por



animal por día; se vacunaron cada 6 meses contra Carbón sintomático y Edema maligno; se desparasitaron internamente cada 4 meses y cada 14 días externamente todo el año; tuvieron acceso a agua y sales minerales a libertad; se pesaron cada 28 días.

## Variables

Las variables estudiadas fueron peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDPD), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso del destete al año de edad (GDPA), peso al año (PA) y peso a los 18 meses de edad. La ganancia diaria de peso del nacimiento al destete se calculó con la siguiente fórmula:  $GDPD = (PD - PN) / \text{Edad del becerro al destete}$ .

La ganancia diaria de peso del destete al año de edad se calculó con la siguiente fórmula:

$$GDPA = (PA - PD) / \text{Días transcurridos entre pesajes.}$$

En el Cuadro 2, se presentan las estadísticas descriptivas de las variables de crecimiento analizadas. Todos los registros fueron incluidos en la evaluación, sin importar su magnitud, con el fin de permitir que las crías manifestaran su capacidad de crecimiento bajo las condiciones en que se realizó el estudio.

**Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de características de crecimiento de becerros de doble propósito.**

Variable	n*	Media	DE	Min	Max
Peso al nacimiento (kg)	243	35.6	6.0	20	53.0
Ganancia diaria de peso al destete (kg)	193	0.423	0.1	0.205	0.863
Peso al destete (kg)	206	137.6	28.0	83.8	247.0
Ganancia diaria de peso del destete al año (kg)	177	0.343	0.16	0.018	0.804
Peso al año (kg)	195	177.6	32.5	113.5	280.0
Peso a los 18 meses (kg)	164	259.3	37.7	169.5	387.0

\* n = número de observaciones, DE= desviación estándar, Min= valor mínimo, Max= valor máximo.

## Análisis estadísticos

Para analizar peso al nacimiento, peso al destete y ganancia diaria de peso del destete al año de edad, en el modelo se incluyó genotipo (Suizo Pardo y Holstein x Cebú), sexo (macho, hembra), año de nacimiento (2010 - 2018) y época de





nacimiento (seca= noviembre a mayo o lluvias=junio a octubre). Además, para ganancia diaria de peso, del nacimiento al destete, el modelo incluyó padre de la cría anidado en genotipo. Para peso al año y peso a los 18 meses, el modelo incluyó la edad del becerro en el momento del pesaje como covariable. Los análisis se realizaron con el procedimiento Mixed (Proc Mixed) del paquete estadístico SAS (SAS, 2011). En los análisis preliminares de cada una de las variables se incluyeron la edad de la vaca al parto (covariable lineal y cuadrática) y las interacciones de primer orden; sin embargo, no fueron significativas ( $P>0.05$ ), por lo que no se incluyeron del modelo definitivo.

## Resultados y discusión

El efecto aleatorio del padre de la cría anidado en genotipo fue significativo ( $P<0.05$ ) para ganancia diaria de peso del nacimiento al destete, peso al año y peso a los 18 meses de edad, por su parte Osorio y Segura, (2008) en un estudio similar, no encontró efectos ambientales significativos, por no contar con registros completos de los sementales paternos, no pudo evaluar esta variable. Es ventaja analizar información que incluya todos los factores de variación. El genotipo del becerro no fue una fuente de variación importante ( $P>0.05$ ) para ninguna de las variables de crecimiento analizadas. El sexo de la cría afectó ( $P<0.05$ ) peso al nacimiento, peso al destete y peso a los 18 meses de edad. Mientras que Osorio y Segura, (2008) no encontraron efecto del sexo en los pesos al nacimiento, ni al destete, por su parte De las Heras, (2008) en la construcción de curvas de crecimiento de becerros, en condiciones similares al presente estudio, encontró que las hembras tienden a tener una curva más lineal, ganando más peso en la primera etapa de crecimiento que los machos. La rapidez de crecimiento en la segunda etapa fue mayor para los machos, en comparación con las hembras. La época de nacimiento de la cría fue una fuente de variación significativa ( $P<0.01$ ) para peso al nacimiento y ganancia diaria de peso del destete al año. Con seis meses de sequía en la región, tiene que influir notoriamente el consumo de materia seca a través del



año. Por su parte González-Stagnaro *et al.*, (2006) en Venezuela, con hembras para reemplazo observaron lo mismo, con la mayor afectación en la época de invierno. La edad del becerro en el momento del pesaje solo afectó ( $P < 0.05$ ) el peso al año y peso a los 18 meses de edad (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Significancia estadística de los efectos incluidos en el modelo estadístico para analizar peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDPD), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso del destete al año de edad (GDPA), peso al año (PA) y peso a los 18 meses de edad (P18M).**

Efecto	Característica					
	PN	GDPD	PD	GDPA	PA	P18M
Padre	----	0.0361	----	----	0.0327	0.0180
Genotipo	0.4665	0.4369	0.7817	0.1880	0.4223	0.5506
Sexo	0.0189	0.1301	0.0377	0.2091	0.0517	0.0084
Año	0.2152	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0015
Época	0.0006	0.1772	0.4690	0.0071	0.4705	0.5477
Edad	----	----	----	----	0.0263	0.0466

Los becerros Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú tuvieron similares ( $P > 0.05$ ) pesos al nacimiento (35.4 vs 34.9 kg), destete (136.7 vs 135.6 kg), año (181.5 vs 174.6 kg) y año y medio de edad (274.4 vs 267.4 kg). Teyer *et al.*, (2003) reportaron pesos al nacimiento similares, pero al destete con una diferencia superior de 50 kg. Además, los becerros Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú tuvieron similares ( $P > 0.05$ ) ganancias de peso del nacimiento al destete (0.425 vs 0.401 kg) y del destete al año de edad (0.332 vs 0.362 kg) (Cuadro 4). González-Stagnaro *et al.*, (2006) en hembras en crecimiento, si encontraron diferencias estadísticas al destete, en los tres grupos genéticos ordenados del mayor a menor peso Suizo Pardo, Holstein, y Brahman, respectivamente, lo que aquí no se observó.



**Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDPD), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso del destete al año de edad (GDPA), peso al año (PA) y peso a los 18 meses de edad (P18M), por genotipo del becerro.**

Genotipo <sup>z</sup>	Característica					
	PN	GDPD	PD	GDPA	PA	P18M
HO x CE	35.4±0.6 <sup>a</sup>	0.425±0.02 <sup>a</sup>	136.7±3.0 <sup>a</sup>	0.332±0.02 <sup>a</sup>	181.5±5.9 <sup>a</sup>	274.4±7.1 <sup>a</sup>
SP x CE	34.9±0.7 <sup>a</sup>	0.401±0.02 <sup>a</sup>	135.6±3.4 <sup>a</sup>	0.362±0.02 <sup>a</sup>	174.6±7.4 <sup>a</sup>	267.4±9.5 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Las medias dentro de cada característica no son diferentes ( $P>0.05$ ).

<sup>z</sup>HO x CE= Holstein x Cebú; SP x CE= Suizo Pardo x Cebú.

Los becerros machos fueron más pesados ( $P<0.05$ ) al nacimiento (36.0 vs 34.3 kg), destete (140.0 vs 132.4 kg) y año y medio de edad (277.6 vs 264.2 kg) que los becerros hembras. Sin embargo, no hubo diferencias entre machos y hembras ( $P>0.05$ ) en la ganancia de peso del nacimiento al destete (0.424 vs 0.402 kg) y del destete al año de edad (0.361 vs 0.333 kg); tampoco hubo diferencia entre ellos ( $P>0.05$ ) en el peso al año de edad (181.9 vs 174.2 kg) (Cuadro 5). Mientras que Osorio y Segura, (2008) reportaron un PD menor al presente estudio, el cual fue de 121.4±32.5 kg, a una edad promedio de 224 días, mientras que Arango *et al.*, (1999) y Plasse *et al.*, (2005) reportaron PD a 205 días de 150 y 170 kg, respectivamente, aunque con genotipos cárnicos. Sin embargo, el potencial de crecimiento de los becerros cruzados que se usan en los sistemas de Doble Propósito es mayor que el que expresan. Calzada (1996) reportó PD a 250 días de 195 a 210 kg para becerros cuyas madres no se ordeñaban y los becerros que estaban en el sistema con ordeño pesaron entre 162 a 180 kg. Esto evidencia el efecto importante del consumo de la leche, en el desarrollo de becerros en los sistemas en pastoreo en el trópico.

**Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDPD), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso del destete al año de edad (GDPA), peso al año (PA) y peso a los 18 meses de edad (P18M), por sexo del becerro.**

Sexo	Característica					
	PN	GDPD	PD	GDPA	PA	P18M
Hembras	34.3±0.7 <sup>a</sup>	0.402±0.02 <sup>a</sup>	132.4±3.1 <sup>a</sup>	0.333±0.02 <sup>a</sup>	174.2±5.6 <sup>a</sup>	264.2±6.3 <sup>a</sup>
Machos	36.0±0.6 <sup>b</sup>	0.424±0.02 <sup>a</sup>	140.0±3.2 <sup>b</sup>	0.361±0.02 <sup>a</sup>	181.9±5.6 <sup>a</sup>	277.6±6.8 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Medias con diferente literal dentro de cada característica son diferentes ( $P<0.05$ ).



El peso al nacimiento de los becerros nacidos en la época seca fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el de los becerros nacidos en la época de lluvias (36.5 vs 33.8 kg), esto se debe probablemente al agrupamiento de partos que se tienen de noviembre a enero, en donde el último tercio de gestación ocurrió a finales de lluvias, por tanto, las vacas por parir tienen una buena condición corporal, por la presencia todavía de pasto en las praderas. Además, la ganancia de peso del destete al año de edad de los becerros nacidos en la época de lluvias fue mayor ( $P < 0.05$ ) que la de los becerros nacidos en la época seca (0.378 vs 0.315 kg), y aquí ocurre que las etapas de mayor necesidad de nutrientes son cubiertos por mayor cantidad de leche de sus madres y forraje de las praderas que tienen pastos suficientes, para cubrir los requerimientos de materia seca de los becerros. Los becerros nacidos en la época lluviosa y seca tuvieron similares ( $P > 0.05$ ) pesos al destete (134.8 vs 137.6 kg), año (179.5 vs 176.5 kg) y año y medio de edad (272.5 vs 269.3 kg). Existe muy pocos autores que reportan la época de nacimiento y el comportamiento en el crecimiento de becerros, pero González *et al.*, (2006) si lo reportan, pero no coincidieron con el presente trabajo, al reportar una mayor ganancia de peso diario de hembras, para reemplazo, del nacimiento al destete, en la época de lluvias ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDPD), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso del destete al año de edad (GDPA), peso al año (PA) y peso a los 18 meses de edad (P18M), por época de nacimiento.**

Época	Característica					
	PN	GDPD	PD	GDPA	PA	P18M
Lluviosa	33.8±0.7 <sup>a</sup>	0.402±0.02 <sup>a</sup>	134.8±3.6 <sup>a</sup>	0.378±0.02 <sup>a</sup>	179.5±5.8 <sup>a</sup>	272.5±6.8 <sup>a</sup>
Seca	36.5±0.6 <sup>b</sup>	0.424±0.02 <sup>a</sup>	137.6±2.8 <sup>a</sup>	0.315±0.02 <sup>b</sup>	176.5±5.5 <sup>a</sup>	269.3±6.4 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Medias con diferente literal dentro de cada característica son diferentes ( $P < 0.05$ ).

## Conclusiones

El crecimiento de los becerros Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú fue similar. Los machos fueron más pesados al nacimiento, destete y año y medio de edad que las hembras; sin embargo, no hubo diferencia entre ellos en la ganancia de peso del





nacimiento al destete y del destete al año de edad. El peso al nacimiento de los becerros nacidos en la época seca fue mayor que el de los becerros nacidos en la época de lluvias.

### Literatura citada

- Arango, J., D Plasse., O. Verde., H. Fossi., R. Hoogesteijn., P. Bastidas y R. Rodriguez 1999. Producción de Brahman y sus Cruces por Absorción a Guzerát y Nelore en Sabana. 2. Pesos al nacer, destete y 18 meses. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 11, Article #32: <http://www.lrrd.org/lrrd11/3/ara113b.htm> [Consultado el 15 de julio de 2019].
- Calzada, R. M. 1996. Comportamiento del peso a la naciencia y al destete de becerros del hatto del CRUSE, 1990-1994. *In*: p. 104. Memoria de la IX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Pecuaria INIFAP, Villahermosa, Tabasco.
- De las Heras-Torres, J. G., M. M. Osorio-Arce y J. C. Segura-Correa. 2008. Crecimiento de becerros en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de México. *Revista Científica* [en línea], XVIII (marzo-abril):<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918208> [Consultado el 15 de julio de 2019].
- FAO. 2019a. Ganadería primaria. Carne, ganado vacuno. Producción - Cantidad. 2012-2017. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> [consultado el 12 de julio del 219].
- FAO. 2019b. Valor de la Producción Agrícola. Carne, ganado vacuno. Producción – Bruta (Millones US \$). 2012-2016. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> [Consultado el 12 de julio del 219].
- González-Stagnaro, C., M. A. Rodríguez-Urbina., J. Goicochea-Llaque., N. Madrid-Bury y D. González-Villalobos. 2006. Crecimiento pre-destete en hembras bovinas doble propósito. *Revista Científica* [en línea], XVI (junio): en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911641011> [Consultado el 12 de julio del 219].



- Osorio-Arce M. M. y J. C. Segura-Correa. 2008: Factores que afectan el peso al nacer y al destete de becerros de doble propósito en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #15: <http://www.lrrd.org/lrrd20/1/osor20015.htm> [Consultado el 12 de julio del 219].
- Plasse, D., B, Bauer, E, Galdo and O, Verde. 2005. Production of two composite beef cattle herds of Zebu x Criollo Yacumeño and Charolais x Zebu x Criollo Yacumeño on floodable savanna in Beni, Bolivia. I. Weaning weights. Volume 17, Article # 82: <http://www.lrrd.org/lrrd17/7/plas17082.htm> [Consultado el 15 de julio del 219].
- SIACON-NG. 2019. Módulo Pecuario Municipal del SIACON-NG. SADER. SIAP. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> [Consultado el 10 de julio del 219].
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT R 9.3 User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- Teyer, R., J. G. Magaña, J. Santos y C. Aguilar. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 37, No. 4:363-370.
- Vidal, Z. R. 2005. Región 7 Golfo de México. I Textos Monográficos selectos: 2 La Naturaleza. Las regiones climáticas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía, Ciudad de México. pp.121-144.



## ANÁLISIS DE EMPRESAS FORRAJERAS PROVEEDORAS DE INSUMOS ALIMENTICIOS PARA GANADO BOVINO EN TLALIXCOYAN, VERACRUZ

Jaime Rangel Quintos<sup>165\*</sup>, Venancio Cuevas Reyes<sup>166</sup>, Betsy Yadira Reyes Balderas<sup>167</sup>, Patricia Devezé Murillo<sup>167</sup> y Javier Francisco Enriquez Quiroz<sup>165</sup>

### Resumen

La cantidad de forraje disponible en las explotaciones de ganado bovino en el trópico por unidad de área varía a través del año, debido a condiciones climáticas y de manejo. Los periodos de sequía disminuyen la oferta de forraje por lo que los productores tienden a comprar insumos alimenticios y forraje para la alimentación del ganado. El objetivo del presente consiste en analizar la oferta local de insumos alimenticios que realizan empresas forrajeras del municipio de Tlalixcoyan, Veracruz, para el abasto de ganaderos locales, y con ello contribuir al diseño de una estrategia de comercialización de ensilado para mejorar la alimentación de la ganadería en época de estiaje. Se realizaron entrevistas directas a los dueños y encargados de las nueve empresas del municipio durante marzo y abril de 2019 para conocer tamaño de las empresas, productos para alimentación animal comercializados, meses del año en que se generan más ingresos por venta de productos alimenticios, prospectiva de venta de ensilado. La información fue analizada por tamaño de empresa. Se definieron dos tipos de empresa con base al total de empleados: empresa pequeña (EP) (n=8) tienen un promedio de 3 empleados (con un mínimo de 1 y un máximo de 6) y empresa grande (EG) (n=1) con un total de 48 empleados. Respecto a los insumos alimenticios que comercializan se identificó que solo las EG adquieren ensilaje para venta directa a los ganaderos,

<sup>165</sup> Campo Experimental La Posta, INIFAP. Km 22.5 Carretera Veracruz Córdoba, Paso del Toro, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Autor de correspondencia [rangel.jaime@inifap.gob.mx](mailto:rangel.jaime@inifap.gob.mx)

<sup>166</sup> Campo Experimental Valle de México INIFAP. Carretera Texcoco-Los Reyes Km 13.5, Texcoco, Estado de México

<sup>167</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Ángel de Quevedo S/N esq. Yáñez



las EP por su parte, venden 55.6% de pacas de forraje, 77.8% alimento concentrado, 77.8% alimentos balanceado, 11.1% adquieren melaza, grano de sorgo, minerales inyectables, así como salvado de trigo. La oferta de insumos alimenticios por parte de las EP es de siete meses en el año (de enero a julio), en tanto la EG oferta producto durante cuatro meses (abril a julio), período donde la sequía es más fuerte y donde hay mayores problemas de escasez de forraje para el ganado. El 87.5% de las EP y la EG opinaron positivamente sobre la viabilidad de vender ensilaje porque puede ser muy rentable para el negocio en época de secas y aporta a los requerimientos nutricionales del ganado. Solo en una EP (12.5%) se opinó que no es un producto viable, porque no es un producto muy conocido y ni acostumbrado para alimentar al ganado en la región. Se concluye que la oferta de forrajes en las empresas forrajeras está dirigida al mantenimiento del ganado en época de secas, la oferta del 60% de las EP son pacas de forraje, así como alimento concentrado. Se recomienda generar un mercado de forraje de mejor calidad nutricional (como el ensilaje).

**Palabras clave:** cadena de valor, mercado de forrajes, ensilado, sequía en trópico.

## Introducción

En las regiones tropicales de México, se mantiene el 64% del hato ganadero y se producen el 35% y 25% de carne y leche, respectivamente del país (Enríquez *et al.*, 2011). La producción de leche en el trópico tiene como principales retos la baja productividad, competitividad y sustentabilidad de las fincas. El sistema de producción de leche predominante en el trópico es doble propósito (DP), el cual se enfrenta a diversos problemas como son el deterioro de praderas, la baja productividad y calidad de los forrajes por el manejo inadecuado del pastoreo, así como la baja fertilidad, compactación y erosión del suelo (Villamar y Olivera, 2005). Cabe mencionar que la nutrición animal en el trópico es inadecuada bajo los esquemas de alimentación actuales, además falta información sobre requerimientos nutricionales específica para el ganado en esta región. Un problema





importante en la ganadería tropical, es el abastecimiento de forrajes especialmente durante periodos prolongados de sequía, que generan escasez en la disponibilidad de pasto para la alimentación de los animales, lo cual pone en riesgo el sostenimiento de su unidad productiva, ya que por un lado tienen que adquirir alimentos por arriba de sus capacidades económicas o bien, no cuentan con suficientes recursos para producir alimentos para épocas de estiaje (Rangel *et al.*, 2017).

Por ello, las tecnologías para producción de alimentos, deben fundamentarse en el uso y diversidad de especies forrajeras con potencial productivo, bajos requerimientos de insumos y tolerantes a plagas y enfermedades, con resistencia al pastoreo, mayor valor nutritivo y facilidad de reproducción, complementadas con buenas prácticas de manejo que permitan aprovechar los excedentes mediante la conservación de forrajes para su uso en épocas de escasez (Enríquez *et al.*, 2006). Sin embargo, no todos los ganaderos tienen la posibilidad de incorporar esas tecnologías, debido a diferentes circunstancias como limitada capacidad de terrenos disponibles para el cultivo y conservación de forrajes, poca o nula capacitación, dificultades para disponer de mano de obra y una muy limitada capacidad financiera (Rangel *et al.*, 2017).

Esta situación ocasiona que el productor tenga que, sobre explotar sus terrenos de pastoreo al máximo durante la época de sequía hasta verse obligado a adquirir alimentos, para lo cual acude de primera mano a las tiendas forrajeras locales, no obstante, estas pudieran tener una oferta limitada con productos de poco valor nutricional y/o a precios muy altos o bien, busca abastecerse de proveedores externos. De acuerdo a Cuevas Reyes *et al.*, (2008) el eslabón de forrajes e insumos alimenticios dentro de la cadena de valor leche ha sido poco estudiado, no obstante, su impacto en la rentabilidad de la producción de leche es fundamental.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la oferta local de insumos alimenticios que realizan empresas forrajeras del municipio de Tlaxicoyan, Veracruz, para el abasto de ganaderos locales, y con ello contribuir al diseño de una estrategia de comercialización de ensilado para mejorar la alimentación en la ganadería en época de estiaje.



## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la zona centro del estado de Veracruz, en el municipio de Tlaxicoyan, ubicado en las coordenadas 18°48'11.27" LN y 96°3'39.67" LO, cuenta con una altura de 10 msnm. El municipio está conformado por 264 localidades, con una población total de 35,442 habitantes, las principales localidades son Piedras Negras, Tlaxicoyan y El Cocuite con 8,587, 2,482 y 1,900 habitantes respectivamente. Es un municipio categorizado como semiurbano. Limita al norte con los municipios de Jamapa y Medellín, al este con Alvarado e Ignacio de la Llave al sur con Tierra Blanca y al oeste con Cotaxtla. Tiene una superficie de 974.71 km<sup>2</sup>, (1.34% del total estatal), se localiza aproximadamente a 125 km de la capital del Estado.

El clima es cálido, con una temperatura media anual de 25.8 °C, con precipitación media anual de 1,302 mm, presenta un período de sequía aproximado de seis meses al año. La orografía del municipio es plano en un 96%, solo el 4% es semiplano. Hidrográficamente cuenta con ríos pequeños como el río Otapa, Tlaxicoyan, Pozuelos y las Pozas, además de varios esteros.

El análisis de las empresas forrajeras se realizó de la siguiente manera: en primer lugar, se ubicaron las tiendas forrajeras del municipio, posteriormente se determinó y caracterizaron los productos alimenticios disponibles para la alimentación del ganado en las tiendas. Para obtener esta información, se consultó mediante el uso de un cuestionario semiestructurado a los propietarios o gerentes de las nueve tiendas forrajeras o vendedoras de alimentos para el ganado del municipio de Tlaxicoyan, para determinar cuáles son los productos comercializados, quienes son los distribuidores, así como los precios, ubicación general de los clientes.

De esta manera, se definieron las características propias de los productos comercializados en la zona.

La información obtenida con la aplicación del cuestionario estuvo relacionada con: tamaño de las empresas, productos para alimentación animal comercializados, meses en que se generan mayores ingresos, así como la prospectiva o visión futura de una posible de venta de ensilado por parte de las empresas forrajeras.



Se aplicaron nueve encuestas a los empleadores o encargados de tiendas que comercializan forrajes del municipio de Tlaxicoyan, estas representaban el 100% de este tipo de negocio en el municipio.

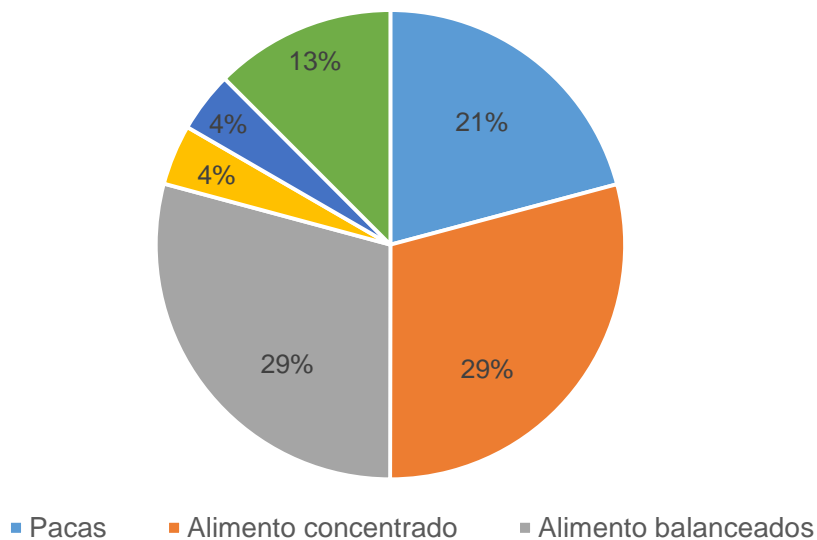
## Resultados y discusión

De las personas encuestadas el 90% fueron hombres y el 10% restantes mujeres. Las tiendas forrajeras eran pequeñas y de alcance local con excepción de una empresa grande trasnacional corporativa. El número de empleados promedio por tienda fue de 8.44 (Cuadro 1).

### Cuadro 6. Número de empleados.

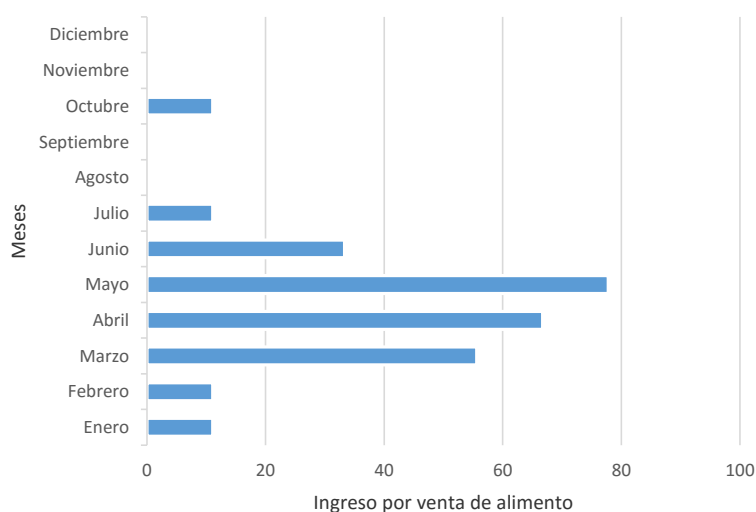
	<b>N</b>	<b>Rango</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
No. Empleados	9	47	1	48	8.44

Los insumos adquiridos para ganado con mayor frecuencia en cada una de las tiendas forrajeras fueron: los alimentos concentrados y balanceados, sobre los demás alimentos, se observó que el forraje verde y los bloques multinutricionales, no son adquiridos con frecuencia por ganaderos del municipio.



**Figura 1. Tipo de alimento adquirido por productores en las tiendas forrajeras.**

Los meses del año de mayor ingreso por venta de alimentos para el ganado bovino en el municipio de Tlaxicoyan fueron: marzo, abril y mayo; que son los meses de escasez de forraje verde debido a las sequías que ocurren durante estos meses. Cabe mencionar que los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre; son los meses en que no generan ingresos por venta de insumos alimenticios en las forrajeras encuestadas (Figura 2).



**Figura 2. Meses con mayor ingreso por venta de alimentos en tiendas forrajeras.**





El 90% de los dueños y/o encargados de las forrajeras opinaron positivamente sobre la viabilidad de vender ensilaje, indicaron que es un producto que puede ser muy rentable para el negocio, porque en época de secas es un alimento muy consumido por el hato; ya que le proporciona los requerimientos nutricionales, y a los ganaderos les beneficia en lo económico y en la producción. El 10% restante opinó que no es un producto viable, por cuestión de que no es muy conocido y ni acostumbrado para alimentar al ganado en la región.

A quienes afirmaron positivamente sobre la viabilidad de la venta del ensilaje, opinaron que la venta de ensilaje en bolsa era mejor por los siguientes factores:

- ✓ Facilidad de manejo
- ✓ Facilidad de transportar
- ✓ Costo menor en época de sequía

Ante la limitada rentabilidad económica del ganado del trópico, se procura que los productos alimenticios se obtengan al menor costo posible esto coincide con Salas Reyes *et al.*, (2015). No obstante, de acuerdo a Cuevas Reyes, (2019), señala que los productores ganaderos difícilmente adoptan tecnologías de conservación de forrajes como los ensilados, lo que genera vulnerabilidad en épocas de sequía, entre más prolongada sea esta, mayor será su necesidad por alimentos para el ganado y por tanto más difícil y más caro será su abastecimiento.

En este sentido, las tiendas forrajeras pudieran jugar un papel fundamental para abastecer este mercado, la oportunidad de negocio se concentra en el hecho de que hay una necesidad sentida por parte del ganadero por obtener alimentos a bajo precio y que permita sostener estándares productivos. No obstante, el productor, en momentos difíciles opta por adquirir los alimentos más baratos, sacrificando sus resultados productivos. Las tiendas forrajeras por su parte son pequeñas e insuficientes, tienen un alcance limitado a la venta de semillas, alimentos concentrados, ingredientes balanceados y sales, pero difícilmente pueden llegar a abastecer a un número importante de la demanda local de productores.

Por otro lado, el ensilado es un alimento que puede atenuar el problema de desabasto de alimento para los animales en las épocas de sequía, ofreciendo



ventajas comparativas en cuanto a rendimiento, valor nutritivo y facilidad de manejo. No obstante, se deben ubicar alternativas para su producción, abasto y distribución para que pueda llegar a los productores ganaderos, una posible sería utilizando a las tiendas forrajeras locales.

## Conclusiones

La oferta de forrajes en las empresas forrajeras es limitada. Está dirigida al mantenimiento del ganado en época de secas, la oferta del 60% de los insumos alimenticios que ofrecen las pequeñas empresas son pacas de forraje, así como alimento concentrado. Por lo anterior, se recomienda generar un mercado de forraje de mejor calidad nutricional (como el ensilaje). En este sentido, será importante realizar un análisis completo de la cadena de producción de insumos donde se identifiquen actores y canales de distribución participantes y potenciales que pudieran mejorar el abasto para satisfacer la demanda.

## Literatura citada

- Cuevas-Reyes, V. 2019. Factores que determinan la adopción del ensilaje en unidades de producción ganaderas en el trópico seco del noroeste de México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 467-477.
- Cuevas-Reyes, V., J. A. Espinosa García., F. Romero Santillán y J. L. Barrera. 2008. Mercados y comercialización de insumos en la cadena de leche de vaca en el Estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Volumen: 23:631-642.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.



- Enríquez, Q. J. F., R. C. Quero A. y A. G. Hernández. 2006. Reseña de la producción y suministros de semillas de especies forrajeras en México. p. 217-237. *In*: Velasco, Z. M. E., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (eds). Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. Publicación especial. Universidad autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tuxtla Gutiérrez, Chis., México.
- Rangel, J., J. A Espinosa., C. de Pablos-Heredero., C. Barba., A. Velez., J. Rivas y García, A. 2017. Adopción de innovaciones y prácticas organizativas de manejo, alimentación y reproducción en pequeñas unidades de producción de vacunos de doble propósito en México. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXVII, N° 1, 44 – 55.*
- Salas-Reyes I.G., C. M. Arriaga J., S. Rebollar R., A. García M. and B. Albarrán P. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health Production*. DOI 10.1007/s11250-015-0846-z.



## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL QUÍMICO DE ZARZA [*Mimosa pigra* var. *berlandieri* (A. Gray) B. L. Turner] EN PRADERAS TROPICALES DEL ESTADO DE VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>168\*</sup>, Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>169</sup> y Francisco Enrique Cab Jiménez<sup>170</sup>

### Resumen

En el ciclo PV de 2018 se seleccionó una pradera con alto grado de infestación de zarza de playa [*Mimosa pigra* var. *berlandieri* (A. Gray) B. L. Turner], con el fin de transferir la tecnología para su control químico en una pradera de pasto Estrella de África. Los tratamientos evaluados fueron: 1 y 2. Picloram + 2,4-D (64 + 240 y 96 + 360 g/100 L agua), 3 y 4. aminopyralid + fluroxipir-meptil + 2,4-D (25 + 50 + 150 y 37.5 + 75 + 225 g/100 L agua), 5 y 6. Aminopyralid + 2,4-D (40 + 320 y 60 + 480 g/100 L agua). 7. Chapeo con tractor en una banda de terreno de 50 m por 130 de ancho y 8. Testigo sin chapeo ni aplicación de herbicida. Antes de la aplicación de los tratamientos la zarza fue cortada a 1 m de altura con la finalidad de facilitar la aplicación del producto. Prácticamente todos los tratamientos herbicidas tuvieron un 100% de control de la zarza hasta los 180 DDA y no se observaron efectos tóxicos en el pasto con ninguno de los tratamientos. La altura de *M. pigra* de los tratamientos con chapeo y testigo fue de 140 y 205 cm, respectivamente, y la producción de materia verde por planta tuvo valores de 1,210 y 3,185 kg/planta, para el chapeo y testigo. La nueva tecnología fue transferida a 19 productores, 15 técnicos, 2 académicos, 1 comercializador y 3 estudiantes, mediante un curso de capacitación y recorrido de campo por la parcela aplicada con los diferentes tratamientos.

**Palabras clave:** pastos tropicales, herbicidas, control de maleza

<sup>168</sup>Campo Experimental La Posta. CIRGOC. INIFAP. enriquez.javier@inifap.gob.mx

<sup>169</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

<sup>170</sup>Instituto Tecnológico Superior de Alvarado





## Introducción

Con un inventario en México de más de 11.9 millones de hectáreas con pastos tropicales, los estados de Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Tabasco, Yucatán, Campeche y Oaxaca, destacan por sus extensiones en producción. El cultivo de los forrajes tropicales en México está basado principalmente en praderas de los pastos: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst), Privilegio (*Panicum maximum* Jacquin), Jaragua [*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf], Brachiaria (*Brachiaria* spp.), Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach), Alemán (*Echinochloa polystachya* Hitchcok) y Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth) (Villegas *et al.*, 2001).

A pesar de su buena adaptación y rendimiento, las praderas son sometidas a una sobreutilización, situación que limita la persistencia de las mismas, lo que se refleja en una reducción de la producción animal por unidad de superficie (Enríquez *et al.*, 2011). La degradación está asociada a prácticas de manejo inapropiadas, como el establecimiento en suelos frágiles, siembra de especies con pobre adaptación, sobre pastoreo, quemas no controladas, y agotamiento de los nutrientes del suelo (González y Meléndez, 1980). La degradación de las praderas trae como consecuencia al productor, reducción en la producción animal e incremento de costos (Holman *et al.*, 2004). Por lo anterior, es recomendable que las praderas que se encuentren invadidas por maleza, que cubran menos de 30% de la superficie con especies forrajeras y que tengan una producción inferior a su capacidad, se rehabiliten o repueblen. Las malezas ocasionan disminución en el rendimiento de una pradera, al competir por nutrientes con la especie de interés; además, puede haber especies que sean tóxicas, causar heridas y dificultar el manejo del ganado. Algunas de las labores que contribuyen a restituir la productividad de esas praderas son: el control de maleza mediante chapeo mecánico o productos químicos, subsoleo, rodillos arreadores y descompactadores y arado o rastreo (Villegas, 1999). Muchas plantas forrajeras en las regiones tropicales húmedas, se desarrollan o están expuestas estacionalmente u ocasionalmente a condiciones de inundación. De las múltiples especies de maleza que invaden las praderas tropicales, se encuentra en



un lugar importante la zarza [*Mimosa pigra* var. *berlandieri* (A. Gray) B. L. Turner], que es una maleza que se desarrolla en las partes bajas o inundables del estado de Veracruz y que limita el crecimiento de los pastos al competir con maleza por espacio y nutrimentos. La importancia de estas praderas se da en que son una fuente importante de forraje, cuando la disponibilidad en los terrenos no inundables ha disminuido, por lo que el ganadero dispone de reservorios de forraje para su utilización en la época seca. La zarza es un arbusto de la familia Mimosaceae, que mide hasta 6 m de longitud; los tallos son verdes cuando son jóvenes, pero pueden ser leñosos al madurar, y presentan espinas de 5 a 12 mm de longitud. Las flores son cabezuelas redondas de color rosa de 10 a 15 mm de diámetro compuestas de 100 flores individuales de color rosado; cada cabeza de flor produce de 10 a 20 vainas de color verde olivo de 30 a 120 mm de longitud, dispuestas en segmentos que se rompen cuando maduran. Cada segmento contiene una semilla café de forma oblonga de 5 a 5.3 mm de longitud por 2 a 3 mm de ancho. Las raíces son racimosas y pueden alcanzar de 1 a 2 m de profundidad (Martínez-Bernal *et al.*, 2008; Queensland Government, 2016).

El objetivo de este estudio fue transferir a ganaderos y técnicos el uso de diferentes herbicidas para el control zarza en una pradera inundable del estado de Veracruz.

## **Materiales y métodos**

El estudio se efectuó en el Campo Experimental La Posta del INIFAP, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, Medellín, Ver., a 19°02´ de latitud Norte, 96°08´ de longitud Oeste y 16 m de. El clima de la región, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1,337 mm, con 1,379 mm de evaporación. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor de 2.6%.

Se seleccionó un potrero degradado de zacate Estrella de África, con alta infestación (70%) de zarza [*Mimosa pigra* var. *berlandieri* (A. Gray) B. L. Turner]. La parcela se



condujo durante los meses de agosto 2018 a febrero 2019. Se aplicaron los tratamientos indicados en el Cuadro 1. Antes de la aplicación de los tratamientos, se chapearon con tractor y desvaradora, formando callejones de 1.80 m de ancho a lo largo del lote, dejando varias hileras de planta de zarza de 45 m de longitud. La altura inicial promedio de las plantas de zarza fue de 1.90 m; para facilitar la aplicación las plantas se chapearon con machete a una altura de 1 m. Las unidades experimentales midieron 10 m de largo x 2.5 metros de ancho (110 m<sup>2</sup>). A todos los tratamientos herbicidas se les añadió el surfactante no iónico LI-700 en dosis equivalente a 250 mL por 100 L de agua. Los herbicidas se aplicaron con una aspersora motorizada de mochila de 25 L de capacidad, equipada con un aguilón con una boquilla de abanico plano 8003. La aplicación se realizó de manera que la solución herbicida cubriera todo el follaje de la zarza, pero sin llegar al escurrimiento. El terreno tenía una excelente humedad.

**Cuadro 1. Tratamientos para el control de zarza en el Campo Experimental La Posta. 2018.**

No.	Tratamiento	Altura de planta aplicada (m)
1	Picloram + 2,4-D (64 + 240)	1.0
2	Picloram + 2,4-D (96 + 360)	1.0
3	Aminopyralid + fluroxipir-meptil + 2,4-D (25 + 50 + 150)	1.0
4	Aminopyralid + fluroxipir-meptil + 2,4-D (37.5 + 75 + 225)	1.0
5	Aminopyralid + 2,4-D (40 + 320)	1.0
6	Aminopyralid + 2,4-D (60 + 480)	1.0
7	Maquinaria	0.10
8	Testigo sin aplicación	1.90

Los muestreos se realizaron al azar tomando cuatro plantas completas de zarza, situadas dentro del área tratada, en la cual se determinaron las siguientes variables: 1. Porcentaje de control y toxicidad y peso seco y altura de planta al final del estudio. La evaluación del control de zarza se efectuó en forma visual a los 15, 30, 60, 90 y 180 días después de aplicados los tratamientos (DDA), de acuerdo con las indicaciones de Alemán (2004). Se utilizó la escala de 0 a 100%, en donde 0 significó que el tratamiento no causó ningún daño, y 100, que la maleza fue completamente



destruida. Para evaluar la toxicidad del al pasto, también se utilizó la escala de 0 a 100%, en la que 0 significó que el pasto no fue dañado por los tratamientos herbicidas, y 100, que fue completamente eliminado (Esqueda *et al.*, 2009).

Para transferir la tecnología sobre el control químico de la zarza con tratamientos herbicidas, se realizó un evento demostrativo el día 20 de septiembre de 2018, en el auditorio del Campo Experimental La Posta, que consistió en presentaciones de los siguientes temas: “Especies forrajeras para la alimentación animal”, “Causas de la degradación de praderas” y “Rehabilitación de praderas con herbicidas”. Finalmente se efectuó un recorrido de campo en la parcela en que se aplicaron los tratamientos en la que se observaron los efectos de los diferentes tratamientos herbicidas en la zarza.

## Resultados y discusión

Los resultados encontrados por efecto de los diferentes productos químicos para el control de zarza, se presentan en el Cuadro 2, en donde se observa que el control de la zarza fue muy eficiente, ya que prácticamente todos los tratamientos químicos evaluados tuvieron un control total en los tres primeros muestreos realizados a los 15, 30 y 45 DDA. Ninguno de los tratamientos ocasionó toxicidad al pasto (datos no mostrados).

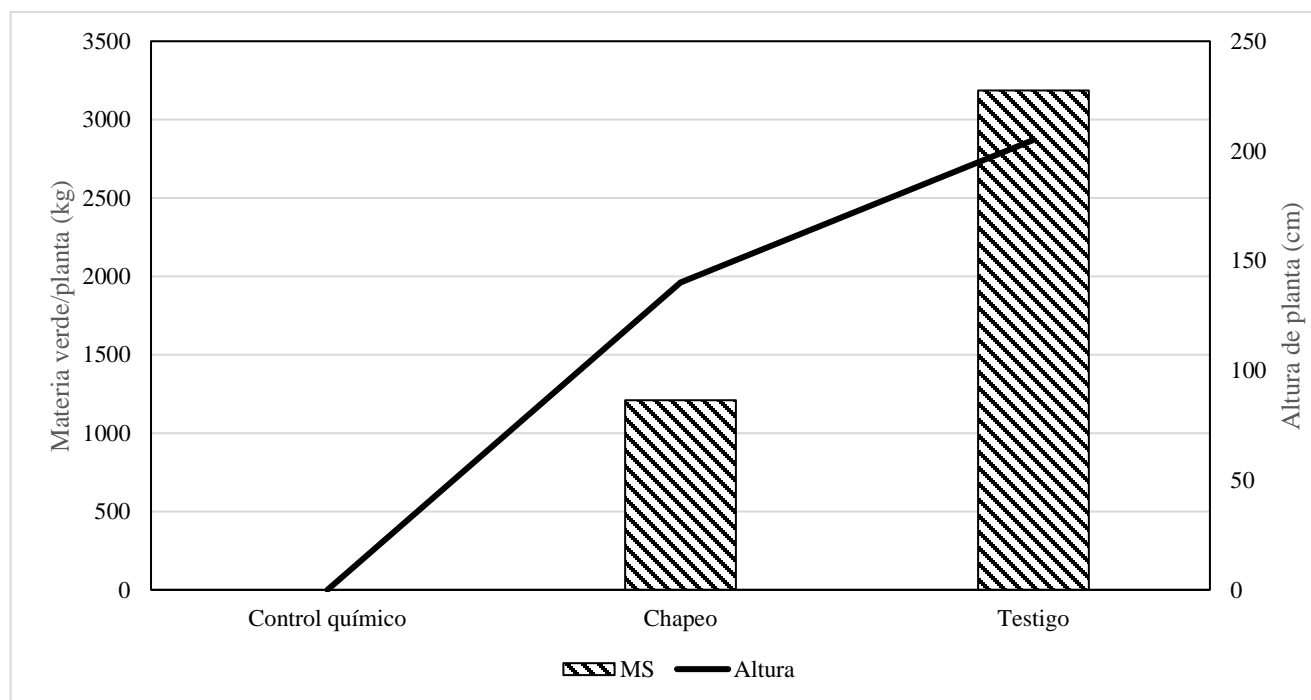
**Cuadro 2. Porcentaje de control y toxicidad de los tratamientos con diferentes herbicidas sobre zarza, a los 15, 30, 60, 90 y 180 días después de la aplicación (DDA).**

Tratamiento	15 DDA	30 DDA	45 DDA	90 DDA	180 DDA
Picloram + 2,4-D (64 + 240 g/100 L agua)	100	100	99	90	100
Picloram + 2,4-D (96 + 360 g/100 L agua)	100	100	100	96	100
Aminopyralid + fluroxipir-meptil + 2,4-D (25 + 50 + 150 g/100 L agua)	100	100	100	100	100
Aminopyralid + fluroxipir-meptil + 2,4-D (37.5 + 75 + 225 g/100 L agua)	100	100	100	100	100
Aminopyralid + 2,4-D (40 + 320 g/100 L agua)	100	100	100	99	98
Aminopyralid + 2,4-D (60 + 480 g/100 L agua)	100	100	100	100	100





Con respecto a la disponibilidad de materia verde por planta de zarza en los diversos tratamientos (Figura 1), los resultados indican que los tratamientos con herbicidas no hubo plantas vivas para medir la materia verde; sin embargo, en los tratamientos con chapeo y testigo se registraron alturas de 140 y 205 cm, respectivamente, lo que indica que el chapeo tiene un efecto temporal sobre la zarza, ya que de 15 cm de altura que tuvo al inicio de la prueba, alcanzó alturas de 140 cm, sólo seis meses después de la aplicación del chapeo, mientras que el testigo absoluto incrementó su altura de 190 cm a 205 cm, es decir tuvo un incremento en altura de 7.9%. La materia verde por planta presente en los tratamientos también se muestra la Figura 1, en donde se observan valores de 1,210 y 3,185 g/planta, para el chapeo y testigo. Es indiscutible el efecto que tuvieron los herbicidas para el control de esta maleza, que por su arquitectura limita el desarrollo de los pastos, ya por su altura y la masa densa de follaje que forma, impide el desarrollo de plantas de gramíneas en el dosel bajo; además la presencia de espinas puede ocasionar daños a los animales, por lo que es recomendable eliminarla con los productos químicos indicados.



**Figura 1. Altura de planta y disponibilidad de materia seca (g/planta), con diferentes tratamientos para el control de zarza, 180 días después de la aplicación.**



El evento de transferencia contó con la participación de 40 personas: 33 hombres y siete mujeres. Del total de asistentes, 19 son productores, 15 son técnicos, dos son académico/investigador, tres son estudiantes y uno es comercializador.

## Conclusiones

Todos los tratamientos y dosis evaluados controlaron totalmente a la zarza desde las primeras etapas después de la aplicación.

## Literatura citada

- Alemán, F. 2004. Manual de- investigación agronómica: con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.
- Esqueda, E. V. A., M. Montero L. y F. I. Juárez L. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la productividad y calidad del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.). Trop. Subtrop. Agroecosyst. 10(3):393-404.
- González, M. J. A. y F. Meléndez N. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Boletín CA-6. 2a. ed. SARH. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tab., México. 38 p.
- Holman, F., P. Argel, L. Rivas, D. White, E. R. Darío, C. Burgos, E. Pérez, G. Ramírez y A. Medina. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de Trabajo 196. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. 34 p.



- Martínez-Bernal, A., R. Grether y R. M. González-Amaro. 2008. Leguminosae I. Mimosoideae: *Mimosa*. Flora de Veracruz. Fascículo 147. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver., México. 127 p.
- Queensland Government. 2016. *Mimosa pigra*. Weeds of Australia. Biosecurity Queensland Edition Fact Sheet. [https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/mimosa\\_pigra.pdf](https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/mimosa_pigra.pdf) [consultado el 15 de agosto de 2019].
- Villegas, D. G. 1999. Agostaderos de México: retrospectiva, estado actual y perspectivas. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 89 p.
- Villegas, D. G., A. Bolaños M. y L. Olguín P. 2001. La ganadería en México. I.5.1. Temas selectos de geografía de México. I. Textos monográficos: 5. Economía. UNAM. Instituto de Geografía. Plaza y Valdés. México, D. F. 158 p.



## PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MAVUNO *Brachiaria* HÍBRIDO EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE *Glomus intraradices*

Mario Pérez Lemarroy<sup>171\*</sup>, Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>172</sup>, Erika Andrea Hernández<sup>173</sup>,  
Maximino Zito Romero Figueroa<sup>174</sup>

### Resumen

La ganadería y la agricultura moderna ha provocado que la degradación de los suelos sea constante y de manera acelerada. Por ello la utilización de fertilizantes orgánicos o biológicos (biofertilizantes) son una alternativa como componentes en la intensificación de la producción ganadera en especial de los pastos, sin causar un mayor daño que los sistemas tradicionales. Los biofertilizantes microbianos como las micorrizas o endomicorrizas (*Glomus intraradices*) benefician a las plantas y mejoran las condiciones en el suelo. El objetivo del estudio fue estimar rendimiento de forraje y altura del pasto Mavuno (*Brachiaria* Híbrido) por efecto de la aplicación de micorriza y fertilización inorgánica. El trabajo se realizó en el Campo Experimental “La Posta”, ubicado en la localidad de Paso del Toro, en el municipio de Medellín, Veracruz. Se evaluaron los siguientes tratamientos: 1. Testigo, 2. Micorriza INIFAP<sup>MR</sup> (*Glomus intraradices* 4%), 3. Fertilizante químico (138-69) y 4. Micorriza + fertilizante, sobre el rendimiento de materia seca del pasto Mavuno, bajo riego y cosechado cada 21 días para un total de cuatro cortes. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con tres repeticiones. Se midió la altura de planta y el rendimiento de materia seca y la tasa de crecimiento. La información se analizó mediante análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Duncan. Los resultados indican que no hubo diferencia ( $P>0.05$ ) entre tratamientos para la altura de planta; para la producción de forraje, solo hubo diferencias ( $P<0.05$ ) entre

<sup>171</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria.\*[bmw\\_777\\_mpl@hotmail.com](mailto:bmw_777_mpl@hotmail.com)

<sup>172</sup> Campo Experimental La Posta. CIRGOC. INIFAP.

<sup>173</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

<sup>174</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria.





tratamientos en el corte 3, en donde resultó mejor el tratamiento Micorriza + fertilización. Por lo anterior se señala que, en esta etapa temprana de evaluación de solo 84 días, los tratamientos evaluados no tuvieron efecto sobre la altura y solamente en el corte tres el tratamiento Micorriza + fertilización fue mejor que el resto de los tratamientos en rendimiento de forraje.

**Palabras clave:** *Brachiaria* híbrido, *Glomus intraradices*, rendimiento de materia seca, altura

## Introducción

La ganadería y la agricultura moderna ha provocado que la degradación de los suelos sea constante y de manera acelerada, en consecuencia, de los malos manejos y uso excesivo de agroquímicos en especial los fertilizantes elaborados de manera sintéticas como los nitrogenados Aguirre-Medina *et al.* (2006). Por otra parte, la deforestación ha afectado la rizosfera de los suelos en respuesta a los monocultivos juntamente con los fertilizantes y los agroquímicos. Por ello, la utilización de fertilizantes orgánicos o biológicos (biofertilizantes) son una alternativa como componentes en la intensificación de la producción ganadera en especial de los pastos sin causar un mayor daño que los sistemas tradicionales. Los biofertilizantes microbianos como las micorrizas o endomicorrizas (*Glomos intraradices*) benefician el desarrollo de las plantas y mejoran las condiciones en el suelo mediante el incremento en el área de exploración del sistema radical y mayor abastecimiento de nutrientes y agua (Aguirre-Medina *et al.*, 2005), mejor aprovechamiento del agua y tolerancia a sequía (Augé *et al.*, 2001 y Aguirre-Medina *et al.*, 2005), control de fitopatógenos, con la modificación de las condiciones de la rizosfera y por competencia de espacio y fotosintatos, así como el mejoramiento de la estructura del suelo mediante la producción de glomalina, que es una sustancia que puede actuar como adherente y aglutinar partículas del suelo en agregados más estables (Wright y Upadhayaya, 1998). Así como la acción indirecta en aumentar



la fijación biológica de nitrógeno, mineralización y/o solubilización de nutrimentos móviles (Cliquet y Stewart, 1993; Marschner y Dell, 1994) y de baja movilidad como cobre y zinc (Gildon y Tinker, 1983). Las micorrizas favorecen la absorción del nitrógeno del suelo, así como ocurre con el fosforo, tanto las hifas como las raicillas micorrizadas son capaces de absorber nitrógeno en varias formas y transferirlo a la planta en los ecosistemas naturales, y en los sistemas de cultivo (Ames y Bethlenfalvay, 1987). Por lo cual, la utilización de este microorganismo en los sistemas de producción agrícolas y pecuarios, específicamente en las gramíneas, permitirá una intensificación que desacelere la degradación excesiva del suelo, al mismo tiempo, mejorando los rendimientos productivos en los sistemas de producción a mediano y largo plazo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la micorriza y fertilización química sobre la altura, y rendimiento de materia seca del pasto Mavuno (*Brachiaria* Híbrido).

## Materiales y métodos

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental “La Posta” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la localidad de Paso del Toro, en el municipio de Medellín, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19° 02´ de latitud Norte con el meridiano 96° 08´ de longitud Oeste. Según la clasificación climática modificada de Koppen, el clima predominante en el área de influencia directa de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5°C, respectivamente, y una precipitación pluvial de 1336.8 mm, con una evaporación de 1379.5 mm. La altura del sitio es de 16 m.s.n.m. el suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa. El pasto en estudio fue Mavuno (*Brachiaria* Híbrido) desarrollado en Brasil, producto de la cruce entre *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria ruziziensis*, que es un híbrido comercial que se introdujo a México en 2018. Los



tratamientos fueron: 1. Testigo, 2. Micorriza INIFAP<sup>MR</sup> (*Glomus intraradices* 4%), 3. Fertilizante químico (138-69) y 4. Micorriza-fertilizante. Establecimiento. Inicialmente las plantas de Mavuno, se desarrollaron en charolas de germinación, una vez que las plantas alcanzaron alturas de 15 cm, fueron trasplantadas en campo en parcelas de 2 X 2 m, a una distancia de 20 cm entre plantas y 40 cm entre líneas, sembradas en suelo húmedo. Para los tratamientos 2 y 4 (con Micorriza), se procedió de la siguiente forma: Se utilizaron 100 g de micorriza diluidos en 10 litros de agua, posteriormente se procedió a sumergir en la mezcla la raíz de las plantas durante un tiempo de 3 a 5 segundos, para posteriormente trasplantarlas al suelo en las primeras horas del mañana. Para los tratamientos con fertilizante se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y la otra mitad se aplicaron 8.60 kg/ha, después de cada corte, con la finalidad de realizar ocho cortes en el año. Las fuentes de fertilizante fueron la urea y el superfosfato de calcio triple. Durante todo el proceso de establecimiento y evaluación, las plantas fueron regadas mediante aspersión cada tercer día, procurando mantenerlas a capacidad de campo. El periodo de evaluación fue de mayo a julio del 2019, con frecuencias de corte cada 21 días, para un total de cuatro cosechas. Las variables medidas fueron: altura de planta, para ello se utilizó una regla graduada en cm, con la cual se medía la altura de planta en la parcela tomado 10 lecturas por tratamiento. Para el rendimiento de forraje, se cosecho el forraje en 1m<sup>2</sup> el cual se pesó en una báscula electrónica. Del forraje cosechado, se tomó una submuestra de 200 g, el cual se secó en una estufa de aire forzado a 60°C hasta alcanzar peso constante, con esta información se obtuvo el porcentaje (%) de materia seca y con esta información se estimó el rendimiento de materia seca (RMS). Se utilizó un diseño de bloques al azar y para el análisis de datos se utilizó el programa SAS. La comparación de medias se realizó aplicando la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).



## Resultados y discusión

Para los datos de altura, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en ninguno de los cortes realizados tal como se presenta en el Cuadro 1, donde se puede observar la uniformidad de los datos en cada uno de los cortes, posiblemente a las condiciones del suelo y al suministro de riego constante, situación que no limitó el desarrollo del pasto.

**Cuadro 1. Altura de planta (cm) del pasto mavuno con diferentes tratamientos y cosechado cada 21 días.**

Tratamiento	CORTE 1	CORTE 2	CORTE 3	CORTE 4	PROMEDIO
Testigo	48 a	46 a	47 a	41 a	46 a
Micorrizas	49 a	52 a	51 a	41 a	48 a
Fertilizante	54 a	48 a	51 a	39 a	48 a
Micorrizas + fertilizante	53 a	49 a	58 a	40 a	50 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

Rendimiento de materia seca (RMS): no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los cortes 1, 2 y 4. Sólo hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el corte 3 de los cuatro cortes, en donde el tratamiento Micorriza + Fertilización resultó mejor en relación al resto de los tratamientos, tal como se observa en el Cuadro 2. Situación que puede deberse a las condiciones de fertilidad natural del suelo y a el suministro de riego, que no permitieron observar el efecto de la micorriza y fertilizante, sumando a esto el periodo corto de evaluación de tan solo 84 días. La igualdad estadística también se debió probablemente a que el suelo no había estado en uso y se encontraba con buena fertilidad por lo que de acuerdo con Aguirre-Medina (2006), el efecto de la micorrización generalmente es inhibida en condiciones de elevada fertilidad, por otra parte, Smith y Bowen (1979), señalan que la infección o micorrización disminuye con el incremento de la temperatura del suelo con lo cual hay una estrecha relación debido a las presentaciones de las temperaturas atípicas en la zona.





## Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg) del pasto Mavuno con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Testigo	2143 a	1890 a	1860 b	1470 a
Micorrizas	2227 a	2270 a	1730 b	1360 a
Fertilizante	2387 a	2163 a	2017 ab	1257 a
Micorrizas + fertilizante	2247 a	2480 a	2680 a	1418 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

## Conclusiones

1. En esta evaluación de tan solo 84 días no hubo efecto de la aplicación de micorriza ni del fertilizante sobre la altura y rendimiento de materia seca del pasto Mavuno.

## Literatura citada

- Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biobertilizantes micorbianos. Experiencias Agronómicas del Programa Nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 201 p.
- Aguirre-Medina, J. F., J. Kohashi-Shibata, C. Trejo-Lopez, J. A. Acosta-Gallegos y J. Cadena-Iñiguez. 2005. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia a la sequía. Agricultura Técnica en México 31(2): 125-137.
- Ames, R. N. y G. J. Bethlenfalvay 1987. Localized increase in nodule activity but no competitive interactions of cowpea rhizobia due to pre establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza. New phytologist 106: 207-215.
- Auge, R. M., A. J. W. Stadola, J. E. Tims and M. Saxton. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil. 230: 87-97.
- Cliquet, J. B. y G. R. Stewart. 1993. Ammonia assimilation in *Zea mays* L. infected a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. Plant Physiology 101: 865-871.



- Guildon, A. y P. B. Tinker. 1983. Interactions and heavy metals in plants. The effects of infection on the uptake of copper. *The New Phytologist* 95: 263-268.
- Marschner, H. y B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 159: 89-102.
- Smith, S. E. and G. D. Bowen. 1979. Soil temperature, mycorrhizal infection and nodulation of *Medicago truncatula* and *Trifolium subterraneum*. *Soil Biology and Biochemistry* 14:407-412.
- Wright, S. F. y A Upadhyaya. 1998. A survey for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 198: 97-107.



## ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS DE PASTO MOMBAZA *Megathyrsus maximus* SOLO Y ASOCIADO CON LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>175\*</sup>, Jose Pablo Manrique Martínez<sup>176</sup>, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar<sup>177</sup> y Abraham Fragoso Islas<sup>178</sup>

### Resumen

El objetivo del presente fue evaluar el tiempo de establecimiento de una pradera de Mombaza solo y asociado con leguminosas. El experimento se realizó en el Campo Experimental “La Posta”, en Paso del Toro, en el municipio de Medellín, Veracruz. Se establecieron praderas en una superficie de 4 hectáreas, 2 hectáreas con pasto Mombaza solo y 2 hectáreas para la asociación Mombaza + *Clitoria ternatea* y *Pueraria phaseoloides*. La siembra se realizó en el mes de septiembre de 2018, en forma mecánica con una sembradora de grano pequeño, con separación entre líneas de 40 cm. Para distribuir la densidad apropiada de semilla por hectárea, la semilla se mezcló con sales minerales a razón de 20 kg + la cantidad de semilla recomendada por el INIFAP. Para registrar el avance del establecimiento se hicieron mediciones a las 3, 6, 9 y 12 semanas después de la siembra, el muestreo consistió en la toma de altura, cobertura y conteo de plantas en un marco de 1.0 m<sup>2</sup>, tomado cuatro muestras al azar en cada potrero. A las 12 semanas se realizó una estimación de forraje verde y seco de las praderas. La información se analizó mediante un diseño en bloques al azar y la comparación de medias con la prueba de Tukey. Los resultados indican que no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en altura y cobertura, sin embargo, a las 12 semanas el pasto alcanzo alturas de más de 1 metro y cobertura superior al 90%. Tampoco se registraron diferencias en el número de

---

175 Campo Experimental La Posta. CIRGOC. INIFAP. \*enriquez.javier@inifap.gob.mx

176 Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

177 Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP.

178 Sitio Experimental las Margaritas. CIRGOC. INIFAP.



tallos y plantas entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Con respecto a las leguminosas, se observó un pobre desempeño, la altura máxima de plantas fue de 59 y 9.2 cm, el número de plantas fue de 4 y 1 y la cobertura del 4 y menos de 1%/m<sup>2</sup>, para Clitoria y Kudzú, respectivamente. La producción de forraje, a los 86 días postsiembra, tampoco hubo diferencias ( $P>0.05$ ), pero hubo una disponibilidad de forraje verde superior a las 20 toneladas y de 4.6 y 5.9 t/ha de materia seca, para las praderas asociada y sola, respectivamente. Se concluye que la pradera de Mombaza se estableció a los 86 días, las leguminosas tuvieron un pobre desempeño y se espera que el próximo año una vez iniciado el temporal su desempeño mejore.

**Palabras clave:** pastos tropicales, herbicidas, control de maleza

## Introducción

La producción animal basada en el pastoreo, es el sistema más económico en el mundo para producir carne, leche o becerros (Peyraud *et al.*, 2010), y permite el bienestar del animal al estar éste en libertad. En las zonas tropicales, y en particular en el trópico húmedo, la producción pecuaria basada en el pastoreo presenta un potencial sustentable por contar con praderas naturales permanentes. Sin embargo, estas praderas son de baja calidad, principalmente bajas en proteína, la cual apenas supera el 7% dependiendo de la especie, edad de la planta, época del año y fertilidad del suelo (Juárez *et al.*, 2004; Enriquez *et al.*, 2011). Además, para un adecuado funcionamiento del rumen, se requiere de forraje con no menos del 7% de proteína (Van Soest, 1994). Una opción para incrementar la concentración de proteína de la pradera es mediante el uso de leguminosas, por presentar hasta más de dos veces proteína que las gramíneas (García *et al.*, 2015). Hace algunos años se había ya considerado esta alternativa; sin embargo, también se tenía la opción de mejorar la calidad y cantidad de la biomasa de las praderas en monocultivo con altas dosis de fertilizante nitrogenado. Posiblemente, el uso y bajo costo de los fertilizantes, fue una de las razones de la falta de interés por utilizar leguminosas en





asociación con gramíneas. En esa época la investigación en forrajes estuvo orientada a la fertilización nitrogenada de praderas en monocultivo, como alternativa para mejorar su calidad y producción. Actualmente, se tiene un doble interés por las leguminosas forrajeras:

1. Interés alimenticio. Por su alta concentración de proteína, eficientemente aprovechada por presentar las leguminosas mayor concentración de polifenoles que las gramíneas (García *et al.*, 2015), los cuales protegen a las proteínas de su degradación y pérdida en rumen, lo que permite su paso hacia intestino delgado donde son absorbidos a torrente sanguíneo. Por lo anterior, se mejora la ganancia de peso del ganado, además de reducirse el impacto del parasitismo gastrointestinal.

2. Interés ambiental. Las leguminosas al disminuir la degradación y fermentación del alimento en rumen, se disminuyen también las emisiones del gas metano por las vacas. Además, las leguminosas fijan nitrógeno al suelo, fertilizando y beneficiando a las gramíneas acompañantes (Albayrak y Tuyk, 2013), lo que ayuda a disminuir la dosis de fertilización nitrogenada, y por consiguiente a contaminar menos el suelo. Por lo anterior, las praderas mixtas gramínea-leguminosa podrían mejorar la productividad animal reduciendo el impacto ambiental y el costo por unidad de producción, haciendo sustentable el sistema, el bienestar animal y la seguridad del suministro de proteína animal. El objetivo de este estudio fue evaluar el tiempo de establecimiento de una pradera de Mombaza solo y asociado con leguminosas.

## **Materiales y métodos**

El estudio se efectuó en el Campo Experimental La Posta del INIFAP, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, Medellín, Ver., a 19°02´ de latitud Norte, 96°08´ de longitud Oeste y 16 m de. El clima de la región de acuerdo con García (1987), corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de



1,337 mm, con 1,379 mm de evaporación. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor de 2.6%. Durante 2018, se realizó la selección de un terreno en las instalaciones del Campo Experimental la Posta, el en el área donde se encuentra ubicado el Modulo de ganado de “Doble Propósito”. En el plano del terreno el área experimental está registrada en una superficie de 5.87 hectáreas de las cuales se seleccionaron 4 hectáreas para realizar la siembra de las praderas.

### **Preparación del terreno**

El terreno tenía una alta infestación de maleza de gramíneas en donde predominaba el pasto amargo *Paspalum virgatum*, el cual es de baja palatabilidad para el ganado y es una especie altamente invasora. Para su control, el terreno se dio chapeo para limpiar el terreno, posteriormente se dio paso con el subsuelo para descompactar el terreno y permitir una mayor infiltración y penetración de las raíces de las plantas. Una vez que la maleza tuvo rebrote de 10 a 20 cm se realizó una aplicación de glifosato + 2 4 D, AMINA a razón de 4 y 2 litros de producto comercial disueltos en 400 litros de agua, la aplicación se realizó con una aspersora accionada con el tractor. En seguida se realizó un barbecho y un rastreo cruzado del terreno.

### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra de cada variedad tanto de pasto como de leguminosas se presenta a continuación:

- Pasto en Monocultivo: Mombaza 8.0 kg/ha.
- Asociación Pasto + leguminosas:
- Mombaza se recomiendan 8 kg/ha, considerando 56 %, se utilizaron 4.4 kg /ha.
- Kudzú se recomiendan 5 kg/ha, considerando 22 %, se utilizaron 1.1 kg/ha.
- Clitoria se recomiendan 15 kg/ha, considerando 22 %, se utilizaron 3.3 kg/ha.

### **Siembra**

La siembra se realizó en forma mecánica con una sembradora de grano pequeño, con separación entre líneas de 40 cm. Para distribuir la densidad apropiada de



semilla por hectárea, la semilla se mezcló con sales minerales a razón de 20 kg + la cantidad de semilla antes indicada.

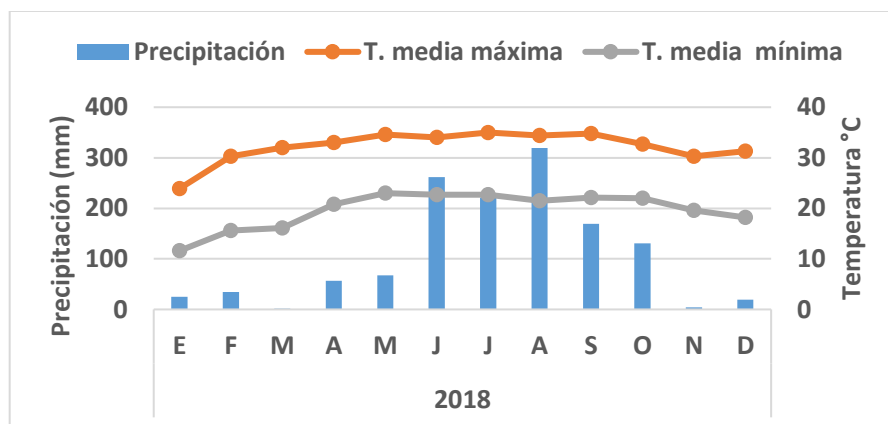
### Variables medidas

Para registrar el avance del establecimiento se hicieron mediciones a las 3, 6, 9 y 12 semanas después de la siembra, el muestreo consistió en la toma de altura, cobertura y conteo de plantas en un marco de 1.0 m<sup>2</sup>, tomado 4 muestreos al azar en cada potrero, tal como lo señala Toledo y Schultze-Kraft (1982). A las 12 semanas se realizó una estimación de acumulación de forraje verde y seco de las praderas. La información se analizó mediante un diseño en bloques al azar con PROC GLM de SAS, y la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey (SAS Institute, 2003).

### Resultados y discusión

#### Condiciones climáticas

La siembra se realizó a inicios del mes de septiembre, tiempo durante el cual hubo condiciones favorables de precipitación con 170 y 131 mm en septiembre y octubre, respectivamente y temperaturas (Figura 1) adecuadas que permitieron el establecimiento de la pradera.

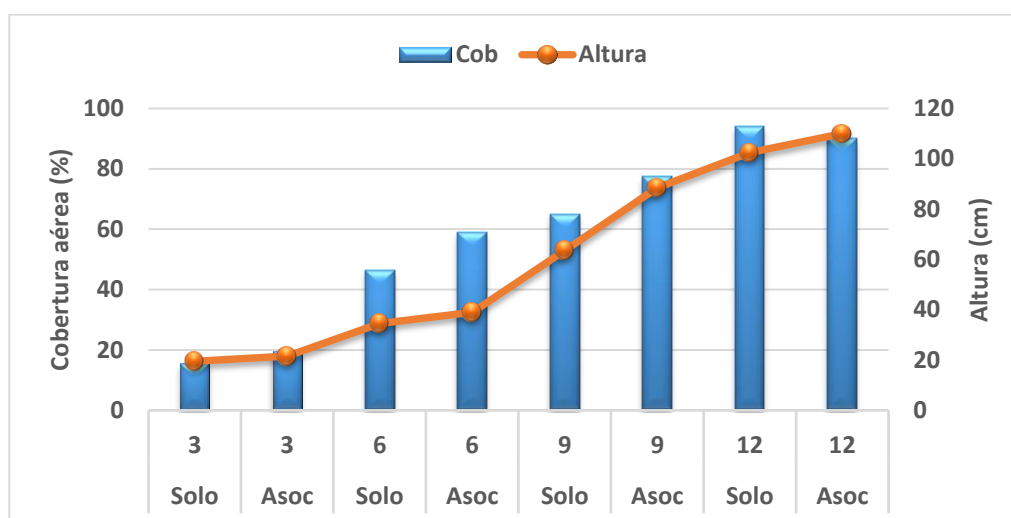


**Figura 1. Precipitación y temperatura durante el año 2018 en el Campo la Posta.**



### Establecimiento: Altura y cobertura de plantas

Los datos obtenidos en mediciones cada 3 semanas se presentan en la Figura 2, en los cuales no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) para ninguno de los muestreos realizados, sin embargo, en la figura se observa cómo se fue incrementando tanto la altura como la cobertura del suelo conforme transcurrió el tiempo de establecimiento, hasta llegar a las 12 semanas donde se obtuvo una altura de más de 1 metro y una cobertura superior al 90%. Lo anterior muestra que a las 12 semanas la pradera se encontraba en su etapa final de arraigo en el suelo, lo cual puede tomarse como indicador de un establecimiento al 100% de la pradera.

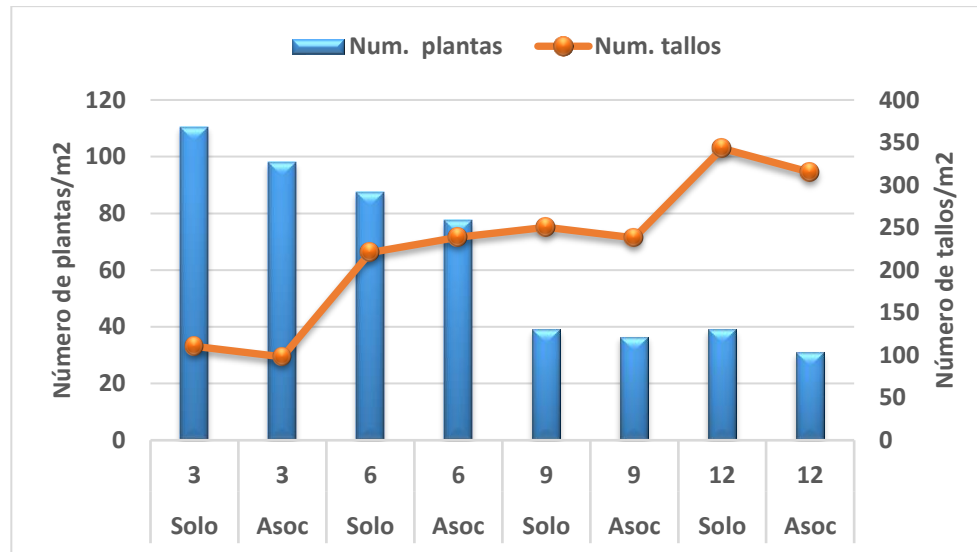


**Figura 2. Altura y cobertura de plantas a diferentes edades pos siembra en semanas del pasto Mombaza solo y asociado con leguminosas.**

### Dinámica de rebrote

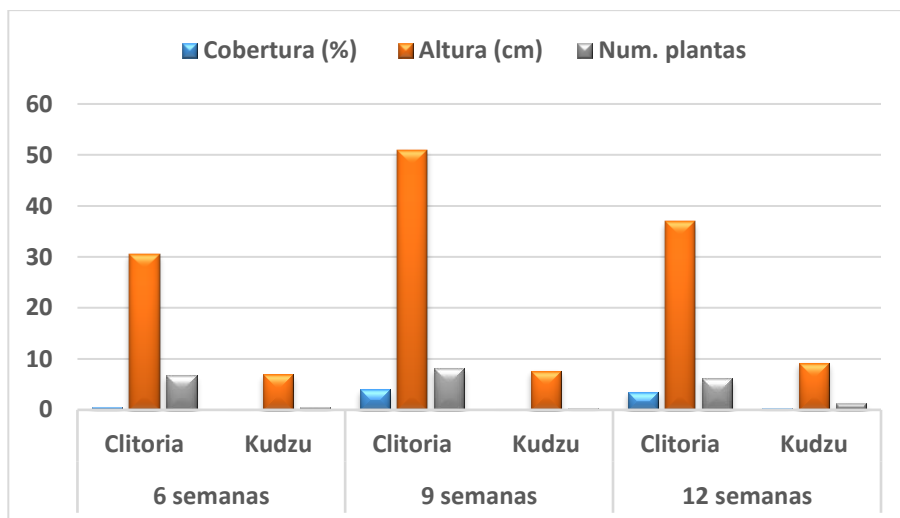
La dinámica de rebrote no registro diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, aunque en la Figura 3, se observa la dinámica que tuvieron ambos componentes en el tiempo, iniciando con una alta densidad de plantas por metro cuadrado superior a las 100 plantas/m<sup>2</sup> a las 3 semanas de crecimiento y su declinación a través del tiempo, con el surgimiento e incremento del número de tallos/m<sup>2</sup>, producto del desarrollo de macollos con valores superiores a los 300 tallos/m<sup>2</sup> a las 12 semanas postsiembra.





**Figura 3. Dinámica de amacollamiento a diferentes edades pos siembra en semanas del pasto Mombaza solo y asociado con leguminosas.**

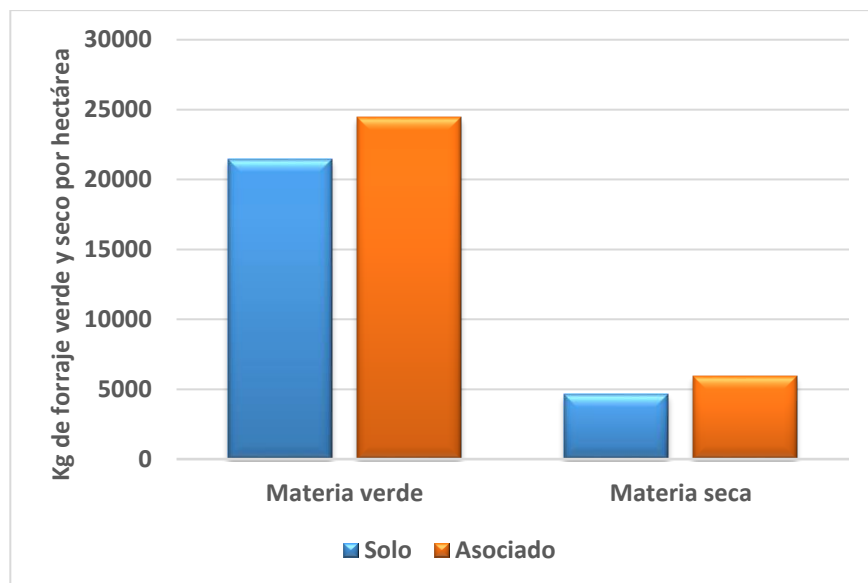
Con respecto al comportamiento de las leguminosas, los datos obtenidos a diferentes edades postsiembra se muestran en la Figura 4, en la cual se observa una mayor altura de Clitoria con relación al kudzú, dado por su habito de crecimiento erecto, mientras que el kudzú, además de ser de habito de crecimiento rastro, su establecimiento ha sido más lento. Con relación a cobertura, se observa un bajo porcentaje del suelo cubierto por parte de las leguminosas, esto posiblemente se deba a la agresividad y habito de crecimiento de la gramínea, ya que las leguminosas quedaron en el mismo surco en el cual se sembró la gramínea, lo que posiblemente propicio competencia en el dosel. Con respecto al número de plantas por metro cuadrado, se observaron siete plantas de Clitoria y solo una de kudzú, se espera que una vez que la pradera sea pastoreada y haya disminuido la altura del pasto, además de la presencia de lluvias, las leguminosas emerjan y compitan con la gramínea.



**Figura 4. Altura, cobertura y número de plantas de Clitoria y Kudzú por metro cuadrado en asociación con pasto Mombaza, durante la fase de establecimiento.**

### Producción de forraje

A los 86 días postsiembra, se realizó un muestreo para medir la acumulación de forraje durante el establecimiento de la pradera, los resultados se muestran en la Figura 5, en la cual tampoco hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, se observa que tanto en los potreros solos y asociados la disponibilidad de forraje verde fue superior a las 20 toneladas y el forraje seco fue de 4.6 y 5.9 t/ha, para la pradera asociada y sola, respectivamente, obtenidos por un proceso de crecimiento de 86 días, en este tiempo se considera que la pradera quedo totalmente establecida y lista para iniciar el aprovechamiento mediante pastoreo.



**Figura 5. Acumulación de materia verde y seca en la pradera a los 86 días después de la siembra.**

## Conclusiones

1. Después de 86 días las praderas se establecieron completamente, sin embargo, en la pradera asociada, las leguminosas mostraron una mayor lentitud, posiblemente por fuerte competencia con la gramínea, y la menor velocidad de crecimiento.

## Literatura citada

- Albayrak, S. y M. Turk. 2013. Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures throughout a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 139-147.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.



- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ªed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- García, F. L., E. D. Bolaños A., J. Ramos J., M. Osorio A. y L. C. Lagunes E. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6(4): 453-468.
- Juárez, H.J., E. D. Bolaños A. y M. Reinoso. 2004. Content of protein per unit dry matter accumulated in tropical pastures. Winter. *Cuban Journal of Agricultural Science* 38(4): 415-421.
- Peyraud, J. L, P. Dupraz, E. Samson, E. Le Gall A. y L. Delaby. 2010. Produire du lait en maximisant le pâturage pour concilier performances économiques et environnementales. *Rencontres Recherches Ruminants* 17-24.
- Toledo, J. M. y R. Schultze-Kraft. 1982. Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales CIAT 91-110.
- SAS Institute. 2003. SAS language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Van, Soest P. J. 1984. Nutritional ecology of the ruminant; LTTIECA and London: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.





## SELECCIÓN DE MODELOS PARA CURVAS DE LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL HUMEDO CON DISTINTOS TIPOS DE INFORMACIÓN

Julio Antonio Hernandez Zamudio<sup>179\*</sup>, Selene Piscidia García Sarabia<sup>179</sup>, Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>180</sup>, José Alfredo Villagomez Cortés<sup>179</sup>, Sergio Iván Román Ponce<sup>181</sup>, Moisés Montaña Bermúdez<sup>181</sup>, René Carlos Calderón Robles<sup>182</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>180</sup>, Guillermo Martínez Velázquez<sup>183</sup>, Juan José Baeza Rodríguez<sup>184</sup> y Miguel Enrique Arechavaleta Velasco<sup>181</sup>

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar y seleccionar el modelo más adecuado para describir la curva de lactación en dos tipos de información: a) registros totales mensuales (BT); y b) registros promedios del mes (BM), para una población de bovinos de razas Holstein y Suizo Pardo con sus cruzas recíprocas. Se utilizaron registros de producción de leche del sitio experimental las Margaritas localizado en Hueytamalco, Puebla con clima subtropical húmedo. Los registros de 313 lactaciones de vacas Holstein (n=84), Suizo Pardo (n=117), HoxSP (n=44) y SPxHO (n=68), finalmente se obtuvieron 3756 registros mensuales en cada base de datos. Los modelos utilizados fueron los propuestos por Brody, Wood, Cobby y Wilmink ajustados con valores iniciales para cada base de datos. Se utilizaron las pruebas de bondad de ajuste: 1) RMSE, 2) AIC y 3) BIC para seleccionar el mejor modelo. El modelo de Brody ( $p < 0.001$ ) fue el mejor ajustado a la base de datos de promedios mensuales y el modelo de Wilmink ( $p < 0.001$ ) lo fue para la base de datos con registros totales del mes. Los valores de ajuste RMSE AIC y BIC fueron muy similares en todos los modelos para ambas bases de datos, del mismo modo la forma final de

<sup>179</sup> Universidad Veracruzana. \*[Jahezio@gmail.com](mailto:Jahezio@gmail.com)

<sup>180</sup> CE La Posta-CIRGOC-INIFAP.

<sup>181</sup> CENID FyMA-INIFAP.

<sup>182</sup> SE Las Margaritas-CIRGOC-INIFAP.

<sup>183</sup> CE El Verdineño-CIRPAC-INIFAP.

<sup>184</sup> CE Mocochá-CIRSE-INIFAP.



la curva no presenta diferencias importantes en cada modelo o sus estimadores. Los modelos utilizados a pesar de su antigüedad siguen siendo pertinentes actualmente para describir la forma de la curva de lactación. Las bases de datos con producciones totales ya sean semanales o mensuales generan curvas de lactación más adecuadas a la realidad de los datos donde el modelo de Wilmink ofrece el mejor ajuste, sin embargo, el modelar los promedios mensuales con el modelo de Brody ofrece un panorama más general de la posible producción diaria real en las tres etapas de la lactación.

**Palabras clave:** modelo no lineales, bondad de ajuste, parámetros de lactación

## Introducción

La recolección de datos en la producción de leche bovina es de gran importancia en la producción de leche, en la granja es importante capturar los datos de raza y monitorear la producción individual para mantener el manejo general y de rentabilidad de la producción (Hosseini-Zadeh, 2014). Las principales inconsistencias en los registros se pueden presentar en datos incompletos de lactación, registros perdidos del genotipo y por diferentes esquemas de captura de la producción (mensual, quincenal o diaria), los cuales pueden ser analizados de diferentes maneras para caracterizar y comparar la producción. La evaluación de la producción de leche según distintos autores debe ser realizada en animales que tengan 305 días registrados de lactación, en México se contempla que no todos los niveles productivos cuentan con esa cantidad de registros, en esos casos el criterio para editar los datos debe ser el adecuado para obtener resultados más homogéneos y mejorar la veracidad de los estimadores finales de producción, sin embargo, el editar las bases y eliminar registros de animales conlleva la reducción del número de datos y pérdida de información lo que finalmente reduce la precisión de los estimadores productivos. Existen modelos matemáticos que describen la



producción de leche en vacas, los cuales permiten predecir la producción a lo largo de los 305 días de la lactación (Wood, 1967; Pollott y Gootwine, 2000). Estas funciones matemáticas buscan predecir la producción en cada día al asumir la curva de lactación estándar con error mínimo, y permite separar los componentes continuos de las influencias del ambiente en la producción, lo cual ofrece un resumen del rendimiento de leche en el tiempo (Macciota *et al.*, 2005). Los tipos de modelos estudiados hasta la fecha pueden ser lineales, que utilizan parámetros con funciones de días en lactación o sus transformaciones y se estiman con una regresión lineal; o modelos no lineales, que utilizan parámetros con funciones no lineales y requieren *software* estadístico de mayor capacidad (Daltro *et al.*, 2018). Los modelos no lineales como el descrito por Wood (1967) presentan la ventaja de obtener parámetros que describen la parte ascendente o descendente de la curva de lactación, lo cual permite una interpretación biológica de dichos parámetros en particular para cada raza y cruza. Cada conjunto de registros presenta diferentes formas y estimadores de la curva de lactación, es de importancia obtener los parámetros individuales según la característica a estudiar, como los distintos sistemas de manejo, razas y número de parto (Gloria *et al.*, 2012), pero también se deben considerar valores para distintos tipos de datos. La producción de ganado lechero en el trópico de México requiere el uso de cruza de razas adaptadas a las condiciones ambientales y a los esquemas de manejo de doble propósito. Con cruza entre animales *Bos taurus* x *Bos indicus* se generan animales productivos en las condiciones ambientales del trópico húmedo. Estas diferencias raciales y de manejo se reflejan en la producción máxima de leche, la cual al adaptarse mediante de curvas de lactación puede presentar diferencias en la predicción de la producción de leche (Pereira *et al.*, 2016). Para caracterizar adecuadamente la producción en el trópico y subtrópico de México con los modelos ya desarrollados se deben tomar en cuenta los tipos de datos recolectados, diferenciando cuando se tienen producciones totales en un lapso (semana, mes) o registros promedio (día, semana o mes). Se contempla que las predicciones realizadas por las funciones matemáticas pueden subsanar los huecos en los registros faltantes, lo cual podría ayudar a evaluar vacas con registros incompletos para valorar sus características



individuales de importancia económica para la unidad de producción (Wasike et al., 2014). No existe consenso de que modelo puede ajustar mejor bajo qué características y en qué nivel de disponibilidad de los datos, en este aspecto no se tiene un juicio que determine la función ideal para ciertos datos, esto implica que es necesario un modelo que describa lactaciones que contemplen registros mensuales o sus promedios. El objetivo de este estudio fue comparar modelos para describir la curva de lactación y seleccionar el que mejor ajuste a una población de ganado lechero SP, HO y sus cruzas con registros mensuales y sus promedios.

## **Materiales y métodos**

### **Lugar de estudio**

El estudio se realizó en el sitio experimental Las Margaritas, localizado en el municipio de Hueytamalco, en la sierra nororiente del estado de Puebla, México, a 500 m.s.n.m., y cuenta con un clima subtropical húmedo semicálido. Los animales utilizados en este estudio fueron de las razas Holstein (HO; n=84); Suizo Pardo (SP; n=117) y sus cruzas recíprocas (HOSP; n=44) y (SPHO n=68) para un total de 313 lactaciones. Los animales en estudio fueron producidos por inseminación artificial o monta natural a partir de 106 sementales y 153 madres. Los partos registrados ocurrieron desde el año 1998 hasta el 2014.

### **Manejo de los animales**

El manejo reproductivo inicio cuando alcanzaron aproximadamente 350 kg, las hembras en celo fueron inseminadas de la manera convencional y el diagnóstico de gestación se realizó a partir de los 45 días desde la última inseminación. El manejo nutricional constó de pastoreo rotacional en potreros con zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), con periodos de ocupación de los potreros de 2 a 3 días, y periodos de descanso de 35 a 40 días, con variaciones estacionales, se mantuvieron con una carga animal de 2.5 unidades animal por hectárea al año, las vacas recibieron de 20 a 30 kg por animal al día de caña japonesa (*Saccharum sinense*)





durante la época de sequía (noviembre a marzo), además recibieron durante el ordeño 3.5 kg de un alimento concentrado comercial (16% de proteína cruda y 70% de total de nutrientes digestibles) al día, las vacas secas recibieron 2 kg del mismo tipo de alimento al día. El manejo de ordeño comenzaba con el ingreso a la sala de ordeño a partir del cuarto día después del parto. Se ordeñaron dos veces al día mecánicamente y el pesaje de la leche fue con medidores proporcionales tipo Waikato, los cuales estaban integrados a la ordeñadora mecánica.

### Manejo de los registros

Los datos se obtuvieron de registros mensuales de lactación y sus promedios, se analizaron 3756 registros mensuales de producción de leche de las 313 lactaciones, se utilizaron dos tipos de bases de datos para ajustar los modelos de lactación, la primera tiene la producción mensual total (BT) y la segunda cuenta con los promedios para cada mes (BM). La producción total de leche de cada día se obtuvo sumando la leche producida durante el primer ordeño a la producida durante el segundo. Los registros seleccionados cumplen la condición de que las vacas deben haber sido secadas a los siete meses de gestación o cuando su producción de leche fue menor a 2 kg por día.

### Modelos de lactación

Para comparar las ecuaciones matemáticas que describen la producción de leche se corrieron cuatro modelos comúnmente utilizados para ajustar la curva de lactación en las bases de datos con registros mensuales totales BT y bases de datos con los promedios del BM (Brody y Turner 1923; Brody y Turner 1924; Cobby y Le Du, 1978; Wilmink, 1987).

Los modelos incluidos en el estudio fueron:

- 1) La ecuación de gamma incompleta de Wood

$$Y_t = a * t^b * e^{-ct}$$

- 2) La función exponencial de Wilmink

$$Y_t = a + b e^{kt + ct}$$

- 3) La ecuación de Brody:



$$Y_t = a \cdot b^t - a \cdot c^t$$

4) Modelo de Cobby:

$$Y_t = a - b \cdot t - a \cdot e^{-c \cdot t}$$

Donde  $Y_t$  = producción predicha en el tiempo  $t$ ,  $a$  = parámetro de producción inicial,  $b$  = velocidad de incremento al pico,  $c$  = velocidad de decremento al final. Cada modelo se ajustó con el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS versión 9.3 con el método de iteración de Gauss-Newton. Para determinar el modelo que mejor se ajuste a los datos, los modelos se sometieron a pruebas de bondad de ajuste de las cuales se utilizaron:

El valor menor de RMSE:

$$RMSE = \text{raíz} (RSS / (n - p - 1))$$

El criterio de información de Akaike (AIC siglas en inglés):

$$AIC = -n \cdot \log (RSS) + 2p$$

El criterio de información Bayesiano (BIC siglas en inglés):

$$BIC = n \ln (RSS/n) + p \cdot \ln(n)$$

Donde RSS es la suma de cuadrados de los residuales obtenidos para cada modelo,  $\ln$  es la base de logaritmo natural,  $p$  es el número de parámetros que incluye el modelo y  $n$  es la cantidad de registros mensuales que se incluyeron. Para determinar el mejor ajuste se utilizaron los valores más bajos en las pruebas mencionadas (Akaike, 1973).

## Resultados y discusión

Los estimadores de los parámetros obtenidos para la curva de lactación en bases de datos con registros de promedios mensuales se presentan en el Cuadro 1. El modelo de Brody presentó mejor ajuste en las tres pruebas RMSE, AIC y BIC para la base con los promedios mensuales BM de producción de leche, los resultados en las tres pruebas de bondad de ajuste son muy similares para esta base de datos, esto es probablemente causado por la tendencia central que tienen los promedios



ingresados en cada modelo, es considerable que el modelo de Wood tiende a subestimar la producción al inicio de la lactación mientras que el modelo de Brody puede sobreestimar este mismo parámetro. Los modelos de Brody, Cobby y Wilmink presentan valores de  $a$  muy similares, el caso de Brody y Cobby son modelos derivados de los principios empíricos de la lactación propuestos por Gaines (1927), por su parte Wilmink incluye un cuarto parámetro  $k$  el cual se describe en la literatura como 0.05, la cantidad de parámetros del modelo influye en el valor de las pruebas de ajuste dado que, es una constante que forma parte de las ecuaciones para identificar el mejor modelo.

**Cuadro 1. Estimadores de cuatro modelos de lactación en registros de promedios mensuales.**

Parámetro	Wilmink	Wood	Cobby	Brody
a	16.70	4.97	16.56	18.90
b	-0.031	0.324	0.031	0.003
c	-14.29	0.00495	0.057	0.046
RSS	56485.0	56597.2	56431.8	56172.8
AIC	17854.26	17857.49	17852.72	17845.21
BIC	4432.31	4435.55	4430.77	4423.27
RMSE	3.880	3.883	3.878	3.869

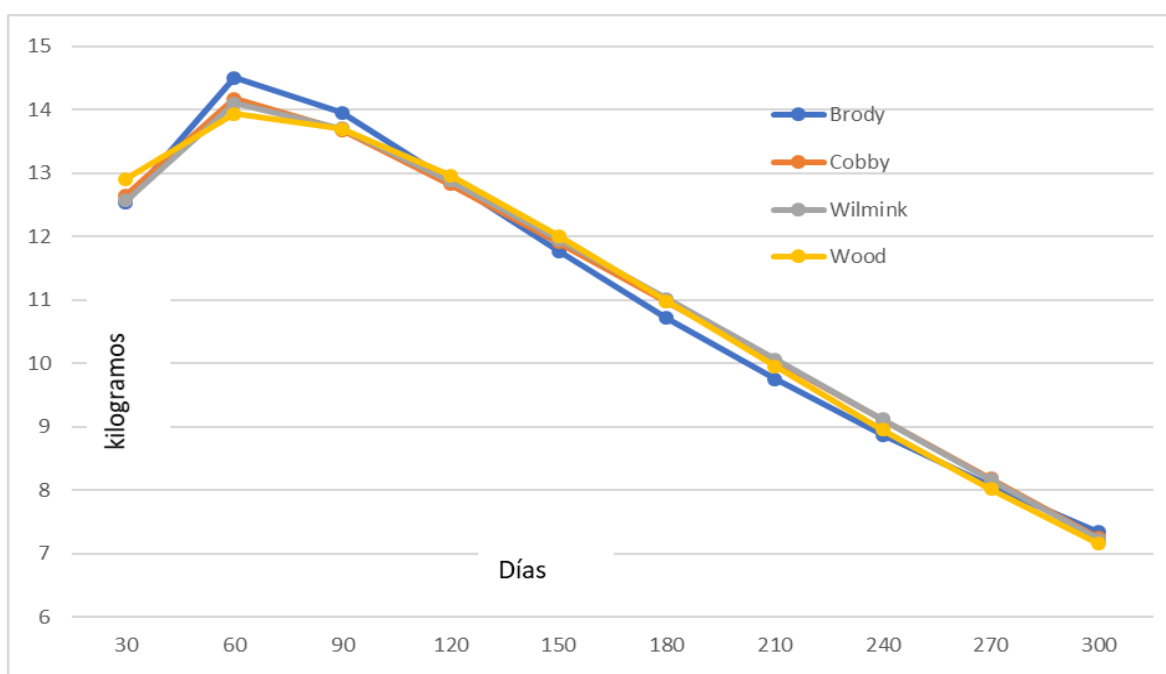
Los estimadores para los modelos ajustados a bases de datos con totales mensuales se presentan en el Cuadro 2. En el caso de las bases BT el modelo que mejor ajustó en las pruebas de bondad fue el Modelo de Wilmink el cual contiene un cuarto parámetro, este puede ser el que marcó la diferencia cuando se utilizaron bases de datos con totales mensuales. El modelo de Wood para las BT propone una producción en el día 0 de 24.7 kg lo cual es un valor ilógico desde el punto de vista biológico, pero permite estimar los siguientes escenarios de la curva muy similar a los otros modelos (Figura 2). En este caso el modelo de Wilmink describe la curva muy similar a los modelos restantes, pero presenta aumento de estimación de la producción al pico y menos producción al final de la lactancia en comparación con los otros modelos. Para ambas bases de datos los valores de ajuste de RMSE, AIC y BIC son muy similares, lo cual podría indicar que la pertinencia de estos modelos puede ser similar.



**Cuadro 2. Estimadores de los parámetros para cuatro modelos de lactación en base de datos con registros mensuales totales.**

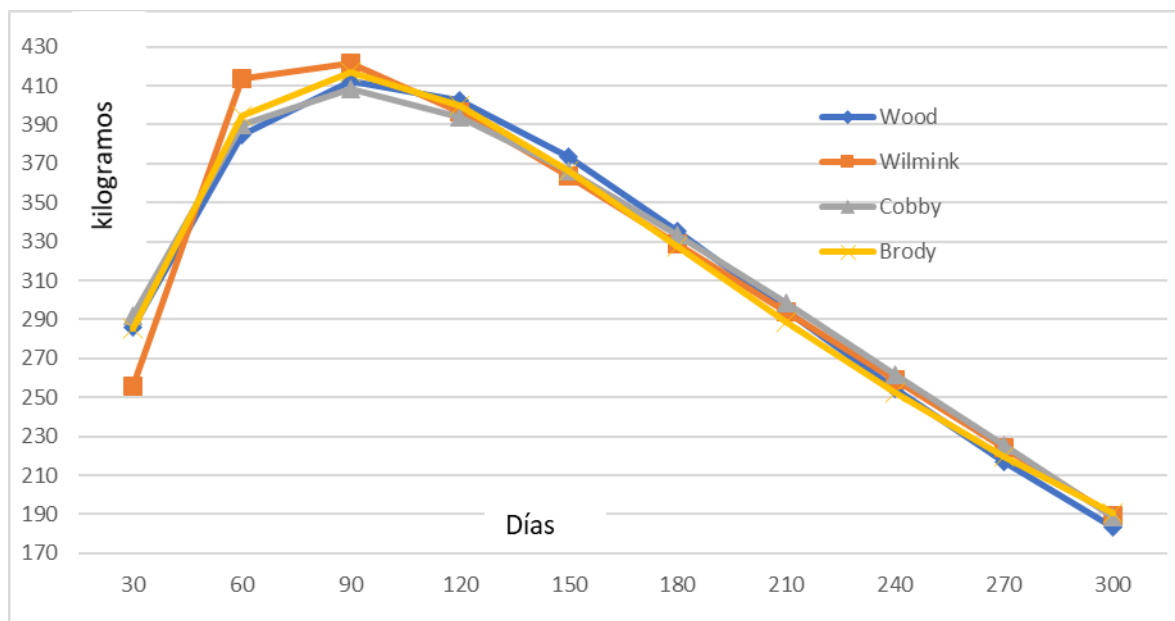
Parámetro	Wilmink	Wood	Cobby	Brody
a	538.8	24.78	557.3	818.3
b	1.1645	0.7931	1.2284	0.0048
c	-1112	0.00841	0.0297	0.0221
RSS	36980873	38566840	38206258	38131126
AIC	28431.32	28499.82	28484.49	28481.28
BIC	15009.37	15077.87	15062.5521	15059.34
RMSE	99.27	101.38	100.91	100.81

Las curvas de lactación estimadas para los promedios BM y los totales BT se presentan en las Figuras 1 y 2. En ambos casos todos los modelos fueron significativos ( $p < 0.001$ ) y presentan similitudes en su forma, aunque los parámetros estimados sean aparentemente diferentes para cada modelo.



**Figura 1. Comparación de modelos para bases de datos con promedios mensuales de lactación.**





**Figura 2. Comparación de modelos para bases de datos con totales mensuales de lactación.**

Los parámetros obtenidos para la base de datos BM para el mejor modelo (Brody) fueron  $a=18.9$ ;  $b=0.003$ ;  $c=0.046$ ; estos valores concuerdan con lo obtenido por Palacios *et al.* (2016), que refiere al modelo de Brody como uno de los dos mejores junto con el modelo de Wood, para describir bovinos de raza Siboney productores de leche además también comparó los modelos de Wilmink y Cobby con parámetros similares a los reportados en este estudio.

En cuanto a los parámetros de Wilmink en la base de datos BT fueron de  $a=538.8$ ;  $b=1.164$ ;  $c=-1112$ ; en este modelo el valor de  $a$  esta relacionado con la producción máxima alcanzada al inicio, mientras que  $b$  y  $c$  están relacionados con las pendientes de la curva. Estos resultados son congruentes con los reportados en la literatura que indican que el modelo de Wilmink es el que mejor se ajusta en el caso de vacas de primera lactación y que presentan baja producción (<15 litros.) al utilizar los valores de AIC y BIC.



## Conclusiones

1. El modelo de Brody se ajustó mejor a los promedios mensuales, sin embargo, la forma que presentan las curvas en la BM para todos los modelos presenta similar inclinación hacia el final de la lactación, aparentemente es una recta desde el pico.
2. El incremento en la producción al pico es similar en todos los modelos para ambos tipos de registro, excepto en las bases BT donde Wilmink estima valores más altos en este punto.
3. El modelo de Wilmink es adecuado cuando se trata de ajustar a totales mensuales de producción.
4. Los modelos utilizados a pesar de su antigüedad siguen siendo pertinentes actualmente para describir la forma de la curva de lactación en ambos tipos de registros.
5. Las bases de datos con producciones totales ya sean semanales o mensuales generan curvas de lactación más adecuadas a la realidad de los datos, sin embargo, el modelar los promedios mensuales ofrece un panorama más general de la posible producción diaria real en las tres etapas de la lactación.

## Literatura citada

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory (Eds. Petrov, B.N. y Csaki, F.). Budapest: Akademiai Kiado. 267-281.
- Brody, S., A. Ragsdale y C. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. The Journal of general physiology 5(4): 441-444.
- Brody, S., A. Ragsdale y C. Turner. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. The Journal of general physiology 6 (5): 541-545.
- Cobby, J. y J. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. Animal Science 26 (2): 127-13.



- Daltro, D. D. S., A. H. Padilha, L. Telo da Gama, M. V. Silva, J. C. Panetto, J. Machado, y J. A. Cobuci. 2019. Heterosis in the components of lactation curves of Girolando cows. *Italian Journal of Animal Science* 18 (1): 267-278.
- Gaines, W. L. 1927. Measures of persistency of lactation. *Journal of Agricultural Research* 34:373.
- Gloria J. R., J.A.G. Bergmann, C. R. Quirino, J.R.M. Ruas, J. C. C. Pereira, R. B. Reis, *et al.*, 2012. Environmental and genetic effects on the lactation curves of four genetic groups of crossbred Holstein-Zebu cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 2309-2315.
- Hosseini-Zadeh, G. N. 2014. Comparison of non-linear models to describe the lactation curves of milk yield and composition in Iranian Holsteins. *The Journal of Agricultural Science* 152: 309-324.
- Macciotta, N., D. Vicario y A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science* 88(3): 1178-1191.
- Palacios A., J. Domínguez-Viveros, Y. Padrón-Quintero, M. Rodríguez-Castro, F. A. Rodríguez-Almeida, J. L. Espinoza-Villavicencio, *et al.* 2016. Caracterización de la curva de lactancia de bovinos siboney con modelos no lineales mixtos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7: 233-243.
- Pereira M. A., M. L. Menezes, V.S. Oliveira, M. S. Lima, C. T. G. Carvalho y A. D. F. Santos. 2016. Lactation curves of crossbred Taurine x Zebu cows. *Boletim de Indústria Animal* 73:118-126.
- Pollott, G. y E. Gootwine. 2000. Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science* 71:197-207.
- Wasike C. B., A. K. Kahi y K. J. Peters. 2014. Genetic relationship between lactation curve traits in the first three parities of dairy cattle. *South African Journal of Animal Science* 44:245-253.
- Wilmink, J. 1987. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within herd lactation curves. *Livestock Production Science* 17:1-17.
- Wood, P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-168.



## ARREGLOS TOPOLÓGICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TAIWÁN (*Pennisetum purpureum*) EN PIEDRAS NEGRAS, VERACRUZ

Angel Capetillo Burela<sup>185</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>185</sup>, Sergio Uribe Gómez<sup>185</sup>, Isaac Meneses Márquez<sup>185</sup>, Cristian Matilde Hernández<sup>185</sup>, Eusebio Ortega Jiménez<sup>186</sup> y Catalino Jorge LópezCollado<sup>186</sup>

### Resumen

En los últimos años los pastos de corte como el Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y otros, han tomado gran importancia en México debido a la variabilidad y distribución del agua de lluvia durante el temporal en la zona tropical, lo cual trae como consecuencia la escases y muerte de pastos nativos e introducidos por la falta de agua y sobreexplotación de la pradera. Aunado a lo anterior, es necesario mencionar que algunos centros e instituciones de investigación del país, cuentan con estudios preliminares en este tipo de investigación pero no se tiene a ciencia cierta la distancia optima de siembra entre surcos y modalidad de la misma (arreglos topológicos) en siembras destinadas a la producción biomasa; motivo por el cual en abril 2016, se realizó un experimento en Piedras Negras, Veracruz en condiciones de riego, con un diseño estadístico de bloque al azar con 12 tratamiento (4 distancias entre surcos y 3 métodos de siembra) y tres repeticiones en un suelo de textura migajón arcillo arenoso, pH 6.06 (moderadamente ácido), materia orgánica de 0.95, pobre en nitrógeno inorgánico, fósforo extraíble, potasio intercambiable y manganeso extraíble, rico en calcio intercambiable, deficiente en zinc extraíble, y adecuado en fierro extraíble y cobre extraíble. Con el objetivo de identificar la mejor distancia entre surcos y método de siembra para la producción de biomasa del pasto Taiwán a los 180 días después de la siembra (dds). Se identificó que el método de siembra y distancia entre surco que presentó una mayor cantidad

<sup>185</sup> Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP. \*autor por correspondencia: capetillo.angel@inifap.gob.mx; angelcapetillo2003@yahoo.com.mx.

<sup>186</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.





de biomasa fue el tratamiento sembrado en la modalidad de punta y cola en cordón doble a 120 y 100 cm entre surcos, los cuales presentaron un rendimiento de biomasa total de 154 y 133 t/ha, seguido del tratamiento sembrado en doble estaca a 80 cm entre surcos con 120 t/ha. Se concluye que el mejor método de siembra para la producción de biomasa total (tallos, hojas y cogollo) es la realizada en la modalidad de punta y cola en Cordón doble a una distancia entre surcos de 120 cm.

**Palabras clave:** forraje, método de siembra, surcos en cordón doble

## Introducción

En los últimos años, el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) se ha convertido en una alternativa agrícola estratégica para México y algunos estados como Veracruz, Tabasco, Chiapas y otros, ya que en estudios previos esta gramínea presenta una alta producción de materia verde y seca a la que presentan otros tipos de pastos de la misma familia (Nava *et al.*, 2013). En este sentido, es necesario mencionar que algunos centros e instituciones de investigación en el país, cuentan con estudios preliminares en este tipo de investigación pero no se conoce a ciencia cierta la distancia óptima de siembra entre surcos y modalidad de la misma (arreglos topológicos) para la zona centro del estado de Veracruz, motivo por el cual fue necesario realizar este tipo de investigación con el fin de generar información de vanguardia para beneficio de los productores ganaderos del trópico mexicano y del país. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes arreglos topológicos y métodos de siembras para incrementar el rendimiento de biomasa (tallos, hojas y cogollo) en el cultivo de pasto cv. Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en condiciones de riego.



## Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la propiedad del Sr. Elías Cutberto Salomón Romero, en la localidad Piedras Negras, Municipio de Tlaxicoyan, Veracruz. Geográficamente se localiza en los paralelos 18° 46´ LN y 96° 10´ LO, a una altura de 26 m. El clima predominante en la región es cálido subhúmedo con lluvias en el verano (Aw0) cuya temperatura media anual es de 26°C y precipitación media anual de 1200 a 1400 mm (García, 1987).

El experimento se estableció en una superficie de 3,770 m<sup>2</sup>, bajo un diseño experimental de bloques al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones, cada tratamiento tuvo una dimensión de 9 x 8 m. El suelo en el cual se realizó esta investigación es de textura migajón arcillo arenoso, pH 6.06 (moderadamente ácido), materia orgánica de 0.95%, pobre en nitrógeno inorgánico, fósforo extraíble, potasio intercambiable y manganeso extraíble, rico en calcio intercambiable, deficiente en zinc extraíble, y adecuado en fierro y cobre extraíble. La preparación del terreno se realizó mediante un barbechado a una profundidad de 50 cm seguido de un doble paso de rastra, el segundo paso en forma cruzada al primer rastreo. El surcado se realizó de forma manual con azadón correspondientes a las cuatro distancias propuestas entre surcos (60, 80, 100 y 120 cm) en cada uno de los tratamientos. La siembra se realizó en las modalidades de doble estaca, punta y cola en cordón sencillo y punta y cola en cordón doble, tal y como se indica en el Cuadro 1. La semilla utilizada contaba con un 95% de pureza en sus yemas y un 100% de sanidad al momento de la siembra.

El control de maleza se realizó en cuatro ocasiones: 1) Antes del establecimiento del experimento, en forma preemergente a la maleza, con la aplicación de Imazapic: (R,S)-2-(4-isopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolin-2-yl) (-5-ácido metil nicotínico 70.0%) en dosis de 32 gramos por 20 litros de agua; 2) A los 45 días después del establecimiento con picloran (dietanolamina del ácido 4-amino-3,5,6 tricloropicolínico) en dosis de 175 mL diluidos en 20 litros de agua. Las dos aplicaciones restantes se realizaron con paraquat en dosis de 180 mL diluidos en 20 litros de agua y aplicado únicamente en calles del experimento y área perimetral



del mismo. Las principales plagas que se presentaron en el cultivo fue el “barrenador del tallo” (*Diatraea saccharalis*), la cual fue controlada con Monocrotofós en dosis de 50 mL diluidos en 20 litros de agua; el gusano falso medidor (*Trichoplusiani, Hübner*), que se controló con malathion (0,0 dimetil fosforoditoato de dietil mercaptosuccinato) en dosis de 75 mL diluidos en 20 litros de agua.

**Cuadro 1. Detalle de los tratamientos utilizados en el experimento de arreglos topológicos**

Tratamiento	Método de Siembra	Distancia entre surco
1	Punta y cola	60
2	Cordón sencillo	60
3	Doble estaca	60
4	Punta y cola	80
5	Cordón sencillo	80
6	Doble estaca	80
7	Punta y cola	100
8	Cordón sencillo	100
9	Doble estaca	100
10	Punta y cola	120
11	Cordón sencillo	120
12	Doble estaca	120

El tratamiento de nutrición utilizado fue de 250-150-180 unidades de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, la cual fue dosificada en dos momentos (50% a la siembra y el resto a los 30 días después de la primera aplicación). Los fertilizantes se depositaron a 10 cm de la base de cada cepa.

Las variables de respuesta, el método y equipo utilizado para su medición se describen a continuación, las cuales fueron evaluadas en 5 fechas diferentes (64, 109, 128, 158 y 180 dds). a) Altura de planta. Con una regla de madera de 4.0 m de longitud, en diez plantas con competencia completa, de la parcela útil, se tomó la altura desde la base de la cepa hasta la última hoja erecta de la planta. b) Diámetro de tallo: En 10 plantas con competencia completa, con la ayuda de un vernier digital se midió el diámetro polar y ecuatorial del tallo a una altura de 10 cm del nudo vital. c) Número de hijuelos por metro lineal: Se contó el número de tallos existentes en 1.0 m lineal del surco. Se realizaron cinco lecturas al azar en los surcos centrales de cada parcela útil. d) Unidades Spad: Esta variable se midió con un “Spad” modelo 502DL



marca Minolta, el cual fue colocado en la parte media de 25 diferentes hojas por cepa y/o puntos de siembra. Estas hojas se encontraban ubicadas en el primer, segundo y tercer tercio de la planta. e) Rendimiento de materia verde (RMV): la cosecha se realizó a los 180 días después de la siembra en cada parcela útil, a una altura de 10 cm del suelo, se cosecharon tres surcos de 3.0 m lineales. El material cosechado fue pesado en una báscula de reloj con precisión de 0.10 g. En este mismo momento se tomaron también diámetro de tallo en el primer, segundo y tercer tercio de la planta, peso de planta con y sin hojas, yemas por tallo, tallos por cepa, longitud del entrenudo en el primer, segundo y tercer tercio de la planta, largo y ancho de la hoja centra del penacho, y rendimiento de biomasa total.

Los datos obtenidos en cada variable fueron analizados con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía (Olivares, 1994), para un diseño experimental de bloques al azar a una probabilidad de 0.05 y 0.01%. En los casos donde se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, las medias de cada uno de ellos fueron separados mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

## Resultados y discusión

### Requerimiento de semilla por método y distancia de siembra

En el Cuadro 2, se muestran los promedios del número de tallos que se utilizaron para la siembra del experimento, así como las toneladas de semilla por hectárea que se requieren para cada tipo y modalidad de siembra. Se puede observar que las siembras en la modalidad de punta y cola en cordón doble es uno de los arreglos topológicos con mayor requerimiento de semilla, con un estimado de 7.5 t/ha para siembras a 60 cm entre surcos y 3.7 t/ha para siembras a 120 cm entre surcos, contrario a la modalidad de doble estaca, la cual, a la misma distancia entre surcos tiene un requerimiento estimado de 3.8 y 1.7 t/ha de semilla. Datos similares fueron reportados por Padilla *et al.*, (2010); los cuales al realizar un estudio sobre la distancia de plantación y dosis de fertilización en la producción de semilla vegetativa de





*Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT- 169, encontraron que en este tipo de siembras se requieren 6 t/ha de tallos fibrosos de esta gramínea, los cuales deben contar con una edad entre 120 a 150 días después de la siembra para garantizar prendimientos superiores al 90% de yemas sembradas.

**Cuadro 2. Resumen de variables tomados en campo durante el establecimiento del experimento.**

Método de siembra	Distancia entre surcos (cm)	Surcos por tratamiento	Número de tallos por tratamiento	Peso promedio de tallo (g)	Tallos estimados por ha	Estimación de semilla en t/ha
Punta y cola en cordón doble	60	14	194	54	27,037	7.5
	80	11	155	40	21,574	5.6
	100	9	124	34	17,268	4.7
	120	7	101	27	14,074	3.7
Cordón sencillo	60	14	133	27	18,518	3.8
	80	11	67	22	9,305	3.1
	100	9	66	20	9,212	2.8
	120	7	51	14	7,175	2.1
Doble estaca con 3 yemas	60	14	100	27	13,981	3.8
	80	11	92	28	12,870	3.8
	100	9	63	18	8,750	2.5
	120	7	50	13	6,944	1.7

### Altura de planta

En lo que respecta a la variable altura de planta (Cuadro 3), se encontró que en ninguno de los tratamientos y mediciones se presentaron diferencias estadísticas significativas, lo cual quiere decir que en esta variable no tiene un efecto estadístico la distancia entre surcos ni el método de siembra. En este sentido, de acuerdo con los promedios obtenidos, se puede observar que a los 180 dds los tratamientos sembrados en punta y cola en cordón doble a 120 cm entre surcos, cordón sencillo sembrado a 100 cm entre surcos, y punta y cola en cordón doble sembrado a 80 cm entre surcos, son los que presentaron una mayor altura de planta con 3.37, 32.9 y 3.28 m respectivamente. Luna *et al.* (2015) y Rodríguez *et al.* (2013) encontraron datos similares en esta variable en diversos pastos del género *Pennisetum purpureum* como el king grass, Taiwán, CT-115 y otros, en condiciones climáticas de manejo similares a las de este experimento.



**Cuadro 3. Análisis estadístico del comportamiento de la altura de planta en diferentes etapas de crecimiento y desarrollo vegetativo de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*).**

No. Tratamiento	Tratamiento		Altura de planta (cm) /Días después de la siembra				
	Distancia entre Surcos (cm)	Sistema de siembra	64	109	128	158	180
1	60	Punta y cola	62.0	211.2	284.3	281.7	308.0
2	60	Cordón sencillo	62.3	199.0	259.0	291.2	302.7
3	60	Doble estaca	56.7	187.0	269.4	269.8	313.7
4	80	Punta y cola	72.3	227.3	295.4	293.0	328.6
5	80	Cordón sencillo	68.0	195.8	263.9	293.7	308.5
6	80	Doble estaca	61.3	205.2	291.7	287.7	310.8
7	100	Punta y cola	56.7	193.3	259.2	291.5	307.3
8	100	Cordón sencillo	68.3	184.3	270.5	292.2	329.3
9	100	Doble estaca	62.0	186.2	253.2	256.3	323.5
10	120	Punta y cola	84.7	219.3	285.0	288.5	337.0
11	120	Cordón sencillo	64.3	174.2	229.3	289.2	304.7
12	120	Doble estaca	59.3	162.3	248.5	295.8	290.0
Promedio			64.8	195.4	267.5	285.9	313.7
Coeficiente de variación			17.0	16.0	12.7	6.7	6.4
Nivel de significancia			NS	NS	NS	NS	NS
Probabilidad			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

### Diámetro de tallos

Al igual que en la variable altura de planta, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas en que se realizaron las mediciones (Cuadro No. 4), es decir, ni el sistema de siembra ni las distancias entre surcos que fueron evaluadas influyeron significativamente en el grosor del tallo. De acuerdo con los promedios obtenidos en cada fecha, la mayor tasa de engrosamiento del tallo se observó durante el periodo comprendido entre los 109 y 128 dds. Los tratamientos más sobresalientes fueron los correspondientes a la siembra realizada en doble estaca y cordón sencillo a 120 cm entre surcos con un diámetro de 1.89 y 1.80 cm, respectivamente. Datos similares fueron reportados por Herrera, 2006, quien, al evaluar este tipo de pastos destinados a la producción de biomasa en la Habana, Cuba encontró diámetros superiores a 1.5 cm a los 120 dds.



**Cuadro 4. Análisis estadístico del comportamiento del diámetro de tallo (mm), en cinco diferentes etapas de crecimiento y desarrollo**

No. tratamiento	Tratamiento		Diámetro de tallos (mm)/Días después de la siembra				
	Distancia entre surcos (cm)	Sistema de siembra	64	109	128	158	180
1	60	Punta y cola	10.0	17.2	15.4	15.9	17.3
2	60	Cordón sencillo	9.3	18.7	16.2	13.8	17.8
3	60	Doble estaca	9.0	17.7	16.0	16.1	17.5
4	80	Punta y cola	10.0	16.7	15.6	14.1	17.1
5	80	Cordón sencillo	10.0	19.2	16.3	14.6	16.7
6	80	Doble estaca	10.3	17.7	15.5	13.8	15
7	100	Punta y cola	9.3	17.7	16.9	16.6	17.8
8	100	Cordón sencillo	10.3	18.0	16.1	15.7	18
9	100	Doble estaca	10.0	18.0	16.8	15.2	17.7
10	120	Punta y cola	11.3	19.0	16.4	16.4	16.4
11	120	Cordón sencillo	9.7	18.9	17.0	17.0	18
12	120	Doble estaca	11.7	17.1	15.3	15.3	18.9
Promedio			10.1	18.0	16.1	15.4	17.4
Coeficiente de variación			16.1	7.7	5.8	14.3	8.1
Nivel de significancia			NS	NS	NS	NS	NS
Probabilidad			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

### Número de plantas por metro lineal

Aunque no mostraron diferencias estadísticas significativas en las mediciones realizadas, los tratamientos más sobresalientes fueron el de punta y cola a 80 y 60 cm entre surcos, los cuales presentaron 38 y 31 plantas cosechables por metro de surco (Cuadro 5). En este sentido, Valenciaga *et al.* (2009) al evaluar el efecto de la edad de rebrote del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 115, encontraron a los 120 dds un total de 28 plantas por metro lineal de surco, los cuales fueron sembrados en la modalidad de doble estaca a 120 cm entre surcos y 50 cm entre puntos de siembra respectivamente.

### Producción de biomasa

La cosecha del experimento se realizó a los 180 dds, en la cual además de la estimación del rendimiento de biomasa total (tallos, hojas y cogollo), también se tomaron otros datos cuantitativos como tallos por cepa, yemas por tallo, diámetro y



longitud de tallo y largo y ancho de hoja. En el Cuadro 6 se muestra el rendimiento de biomasa total en cada uno de los tratamientos, en él se puede apreciar que los tratamientos 10 y 7 (siembra en punta y cola en cordón doble a 120 y 100 cm) fueron los que presentaron un mayor rendimiento de biomasa total por hectárea, con 154.0, 133.6 t/ha, con un rendimiento de tallos sin hojas de 115 y 100 t/ha.

**Cuadro 5. Análisis estadístico del comportamiento del número de plantas por metro lineal en diferentes etapas de crecimiento y desarrollo.**

No. tratamiento	Tratamiento Distancia entre surcos (cm)	Sistema de siembra	Altura de planta (cm) /Días después de la siembra			
			64	109	128	158-180
1	60	Punta y cola	46	20	19	31
2	60	Cordón sencillo	33	17	15	23
3	60	Doble estaca	55	19	17	31
4	80	Punta y cola	71	18	17	38
5	80	Cordón sencillo	36	21	17	29
6	80	Doble estaca	64	20	16	28
7	100	Punta y cola	43	20	16	24
8	100	Cordón sencillo	52	18	13	28
9	100	Doble estaca	63	23	15	29
10	120	Punta y cola	63	23	18	28
11	120	Cordón sencillo	43	17	15	30
12	120	Doble estaca	56	26	14	23
Promedio			52.1	20.2	16	28.5
Coeficiente de variación			34	18	20	34
Nivel de significancia			NS	NS	NS	NS
Probabilidad			0.05	0.05	0.05	0.05

Estos resultados son similares a los encontrados por Uvidia *et al.* (2015) y Marcial, 2014, quienes evaluaron diversos pastos de *Pennisetum purpureum*, encontrando rendimientos superiores a las 100 t/ha a los 90 días después de la siembra en condiciones similares en que se realizó esta investigación. Asimismo, la relación tallo/hoja encontrada en todos los tratamientos fue de 75:25; lo cual es relativamente baja por la edad en que se cosechó el experimento. Cuando la cosecha se realiza entre 120 a 150 dds, la relación tallo/hoja es del 70:30 respectivamente (Valenciaga *et al.*, (2009). En este sentido, un dato similar a esta información fue reportado por Araya *et al.* (2005), los cuales evaluaron la producción





de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* encontrando una relación de tallo/hoja de 65:35 a los 75 dds.

**Cuadro 6. Rendimiento de biomasa total (tallos, hojas y cogollos) a los 180 días después de la siembra.**

No. tratamiento	Tratamiento		Biomasa total (t/ha)	Rendimiento de tallos sin hojas (t/ha)
	Distancia entre surcos (cm)	Sistema de siembra		
1	60	Punta y cola	108.3	81
2	60	Cordón sencillo	112.0	84
3	60	Doble estaca	103.0	77.2
4	80	Punta y cola	105.5	79.2
5	80	Cordón sencillo	116.0	87
6	80	Doble estaca	120.0	90
7	100	Punta y cola	133.6	100.2
8	100	Cordón sencillo	116.3	87.2
9	100	Doble estaca	113.6	85.2
10	120	Punta y cola	154.0	115.5
11	120	Cordón sencillo	117.6	88.2
12	120	Doble estaca	112	84

En lo que respecta al Cuadro 7, se puede observar que la variable longitud de tallo fibroso en la modalidad de siembra de punta y cola en cordón doble a 120 cm entre surcos, presentó una altura de 239 cm, seguido del tratamiento 4 y 9 correspondientes a la siembra de punta y cola y doble estaca a una distancia de 80 y 100 cm, y que éstos mostraron una altura de 237 y 224 cm respectivamente. Para la variable biomasa total en 1.0 m de surco, el tratamiento que sobresalió fue la siembra de punta y cola en cordón doble a una distancia de 120 cm, con 15.5 kg de biomasa total verde en 1.0 m de surco cosechado y analizado con sus respectivas repeticiones, seguido del tratamiento 8 y 6 que corresponden a la siembra de cordón sencillo y doble estaca a una distancia de 100 y 80 cm, encontrando un rendimiento de esta variable de 13.4 y 12.0 kg en la misma superficie cosechada y mencionada anteriormente. En el análisis de separación de medias realizado para la variable “tallos por cepa”, se encontró que el Tratamiento 5 (siembra de cordón sencillo a 80 cm entre surcos) fue estadísticamente superior a T1, T2, T3, T4, T6, T7, T9, T10 y T12 e igual a T11 y T8. El Tratamiento 5 presentó mayor número de tallos con



18 plantas, seguido de los Tratamiento 11 y 8 en siembra de cordón sencillo a 120 y 100 cm con 14 y 12 plantas respectivamente.

**Cuadro 7. Comparación de medias en variables de altura de planta, longitud de tallos fibrosos, biomasa total, tallos por cepa, kg de tallos sin hojas yemas por tallos.**

No. tratamiento	Tratamiento		Longitud del tallo fibroso (cm)	Biomasa total en 1 m de surco (kg)	Tallos Por cepa	kg de tallos/hoja en 3 m de surco	Núm. de yemas por tallo
	Distancia entre surcos (cm)	Sistema de siembra					
1	60	Punta y cola	220.6	11.6	9 B	71.2	22
2	60	Cordón sencillo	211.3	11.2	10 B	82.8	19
3	60	Doble estaca	218.0	10.3	9 B	59.3	20
4	80	Punta y cola	237.7	10.6	7 B	69.8	20
5	80	Cordón sencillo	212.5	11.6	18 A	80.8	22
6	80	Doble estaca	217.5	12	9 B	53.3	19
7	100	Punta y cola	221.3	10.8	10 B	112.1	19
8	100	Cordón sencillo	223.2	13.4	12 AB	76.3	20
9	100	Doble estaca	224.6	11.4	10 B	75.8	21
10	120	Punta y cola	239.7	15.4	9 B	70.9	21
11	120	Cordón sencillo	210.2	11.8	13 AB	71.5	23
12	120	Doble estaca	193.5	11.2	10 B	92.7	21
Coeficiente de variación			7.97	15.5	18 B	28.2	8.33
Nivel de significancia			NS	NS	**	NS	NS

Por otro lado, en lo que respecta al número de yemas por tallos, el tratamiento que presentó un mayor número de esta variable fue siembra de cordón sencillo, que corresponde a una distancia entre surcos de 120 cm, seguido del tratamiento 5 y 1 con una modalidad de siembra de cordón sencillo y punta y cola y una distancia entre surcos de 80 y 60 cm respectivamente, los cuales mostraron una cantidad de 23, 22 y 22 yemas por tallo fibroso. Estos resultados se relacionan con lo encontrado por Martínez *et al.* (2009) y Padilla *et al.* (2010), quienes al realizar estudios similares con los pastos CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 ambos del género *Pennisetum purpureum* encontraron datos similares en las mismas variables de biomasa por metro lineal, tallos por cepa y la longitud del tallo fibrosos a los 150 días después de la siembra. Finalmente, en lo que respecta a la variable kilogramos de tallos fibrosos sin hojas cosechados en 3 metros lineales, se encontró que el tratamiento 7 correspondiente a la siembra de punta y cola a una distancia de 100 cm entre surcos



fue el que presentó mayor cantidad de tallos con 112.1 kg, seguido del tratamiento 12 y 2 en siembras de doble estaca y cordón sencillo a una distancia entre surcos de 120 y 60 cm con un rendimiento de 92.7 y 82.8 kg de tallos respectivamente.

En el Cuadro 8 se encontró que ninguno de los tratamientos y variables presentaron diferencias estadísticas significativas, lo cual quiere decir que estas no tienen un efecto estadístico entre la distancia entre surcos ni el método de siembra. En este sentido, los resultados enfocados a la variable largo y ancho de hoja son similares a lo reportado por Madera *et al.* (2013), los cuales evaluaron la influencia del corte de este tipo de pastos en diversas edades y etapas de crecimiento, enfocadas a la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca en bovinos.

**Cuadro 8. Comparación de medias en variables diámetro de tallo, longitud del entrenudo y largo y ancho de hoja.**

No. tratamiento	Tratamiento		Diámetro de tallo (mm)			Longitud del entrenudo (cm)			Largo de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)
	Distancia entre surcos (cm)	Sistema de siembra	1er tercio	2do. Tercio	3er. Tercio	1er tercio	2do. Tercio	3er. Tercio		
1	60	Punta y cola	17.3	16.2	15	10.1	11.7	9.3	109.8	5.3
2	60	Cordón sencillo	17.8	17.1	15.8	11	11.2	8.9	112.7	5.3
3	60	Doble estaca	17.5	17.5	15.2	11.7	13.3	8.9	113.6	5.3
4	80	Punta y cola	17.1	15.4	14.1	12.1	13.9	8.7	116.8	5.3
5	80	Cordón sencillo	16.7	17.8	16.2	11.1	11.7	9.5	111.6	5.4
6	80	Doble estaca	15	15.9	14.5	11.4	13.1	9.3	112	4.8
7	100	Punta y cola	17.8	16.7	15	9.9	11.6	8.2	111.7	5.2
8	100	Cordón sencillo	18	17.9	15.9	11.6	12.1	9.5	103.5	5.5
9	100	Doble estaca	17.7	17.1	15.6	12.4	13.1	8.5	117.6	5.4
10	120	Punta y cola	16.4	16.7	14.7	10.9	12.4	10.2	117	5.3
11	120	Cordón sencillo	8	17.8	15.7	9.2	10.4	8.3	115.5	5.6
12	120	Doble estaca	18.9	16.4	15.2	11.6	12	8.5	111	4.9
Promedio			16.5	16.9	15.2	11.1	12.2	9.0	112.7	5.3
Coeficiente de variación			8.06	6.2	6.4	16	12.2	12.2	5.3	7.7
Nivel de significancia			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Probabilidad			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de los análisis foliares realizados a los 180 dds al área foliar (mezcla de hojas y cogollo) por tratamiento y repetición, con la finalidad de conocer su concentración nutrimental y ver la opción de poderlo implementar en las dietas para la alimentación del ganado. Estos resultados son



similares a los encontrados por Argel 2006 y Cárdenas *et al.* (2012), los cuales evaluaron la calidad de diversos pastos del género *Pennisetum purpureum* en zonas del estado de Chiapas, destinados para la alimentación del ganado de doble propósito encontrando respuestas positivas en las dietas que le proporcionaba al ganado.

**Cuadro 9. Contenido nutrimental que presentó el área foliar de las plantas de *Pennisetum* a los 180 dds.**

No. tratamiento	Tratamiento		NT (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Microelementos (mg/kg)				
	Distancia Entre surcos (cm)	Sistema de siembra						Fe	Cu	Zn	Mn	B
1	60	Punta y cola	2.51	0.182	2.476	0.393	0.122	93	10.3	42.6	48.4	8.31
2	60	Cordón sencillo	2.21	0.152	2.082	0.489	0.128	86.4	4.25	30.2	67.1	9.74
3	60	Doble estaca	1.72	0.174	2.165	0.277	0.127	75.5	13	39.7	34.8	12.5
4	80	Punta y cola	2.03	0.139	1.909	0.369	0.12	84.2	6.38	34.9	33.7	10.5
5	80	Cordón sencillo	2.13	0.245	2.805	0.321	0.14	87	14.3	50.2	26.9	7.81
6	80	Doble estaca	2.21	0.174	2.286	0.34	0.134	78.3	10.8	36	39.1	8.32
7	100	Punta y cola	1.93	0.155	2.011	0.327	0.109	75.5	5.56	30.8	36.3	5.66
8	100	Cordón sencillo	2.17	0.149	2.116	0.553	0.14	87.8	4.56	35.9	31.4	9.04
9	100	Doble estaca	1.98	0.144	1.944	0.454	0.151	89.5	5.31	34.7	38.6	7.14
10	120	Punta y cola	2.03	0.136	1.843	0.412	0.118	89.4	3.63	33.4	29.3	9.22
11	120	Cordón sencillo	2.47	0.227	2.297	0.24	0.121	90.4	13.9	41.3	29.9	8.32
12	120	Doble estaca	1.94	0.177	2.035	0.287	0.115	81.6	7.56	37.1	40.2	8.45
Promedio			2.1	0.2	2.2	0.4	0.1	84.9	8.3	37.2	38.0	8.8

## Conclusiones

1. La siembra realizada en punta y cola en cordón doble a 120 y 100 cm entre surcos fueron los tratamientos que a los 180 DDS presentaron en mayor rendimiento de biomasa total con 154 y 133.6 t/ha y que representan un promedio del 20% de incremento en el rendimiento con respecto a la siembra en doble estaca en la misma distancia entre surcos.
2. No se tuvieron diferencias significativas en las variables altura de planta, diámetro de tallos, y longitud del entrenudo en ninguno de los tratamientos y repeticiones a los 180 dds.





3. La biomasa de los *Pennisetum* puede ser una alternativa para la mejora de los suelos en primera instancia por la gran cantidad de biomasa que se tiene entre los 150 y 180 dds, así como por el aporte de nutrimentos que tienen las hojas de esta gramínea.
4. Los tallos deben ser cubiertos con no más de 2 cm de tierra para evitar una mala germinación de las yemas y desuniformidad en la germinación.

### Literatura citada

- Argel, P. J. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. p. 58-74. In: Producción y Manejo de los Recursos Forrajeros Tropicales. Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México.
- Araya, M. M. y B. F. Carlos 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de costa rica. Revista Agronomía Mesoamericana 16(1): 37-43.
- Cárdenas, R., R, Pinto, J. Francisco, F. Medina, H. Guevara, A. Hernández *et al.* 2012. Producción y calidad del pasto maralfalfa. Quehacer Científico en Chiapas Número 1(13). Chiapas, México. 8 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adecuarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 130 p.
- Herrera, R. S. 2006. Fotosíntesis en pastos tropicales, contribución a la fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes. Editorial EDICA. La Habana, Cuba. 37 p.
- Luna, M. R., E. Chacón M., J. Ramírez de la R., G Álvarez P., P. Álvarez P. K. Plúa K. *et al.* 2015. Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. Revista electrónica de Veterinaria. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080815.htmlb> [consultado 26 octubre de 2019)



- Marcial, C. 2014. Rendimiento y composición química del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en los Llanos OccidUvidia, entales de Venezuela. Tesis MSc. Universidad de Granma. Cuba. 98 p.
- Madera, N. B., B. Ortiz, H. M. Bacab y H. Magaña. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado *Pennisetum purpureum* en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. 17(2): 41-52.
- Martínez, R. O., R. S. Herrera, R. Tuero y C. R. Padilla. 2009. Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp). Artículo técnico Revista de la ACPA. 44 p.
- Nava, C. J. J., E. Gutiérrez, O., F. Zavala G., E. Olivares S., J. E. Treviño, H. Bernal. B. *et al.* 2013. Establecimiento del pasto 'CT-115' (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. Revista Fitotecnia Mexicana. 36(3): 239-244.
- Rodríguez, L., R. Larduet, R. Martínez, V. Torres, M. Herrera, Y. Medina, *et al.* 2013. Modelación de la dinámica de acumulación de biomasa en *Pennisetum purpureum* vc. king grass en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 47(2):119- 124.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L.
- Padilla, R. O. C., F. Martínez, F. Nidia, M. C. Delia y S. Lucía. 2010. Distancias de plantación y dosis de fertilización en la producción de semilla vegetativa de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT- 169, plantado a vuelta de arado. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 44(1):59-63.
- Uvidia, H., J. Ramirez, J. Vargas, I. Leonard y J. Sucoshañay. 2015. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonia ecuatoriana. Revista electrónica Veterinaria 16(6):11.
- Valenciaga, D., B. Chongo, R. Herrera, V. Torres, A. Oramas, J. G. Cairo, *et al.* 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 115. Revista. Cubana Ciencia Agrícola 43(1):73-79.



## EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PREDESTETE SOBRE LA EDAD A LA PUBERTAD DE CORDERAS FI KATAHDIN x PELIBUEY

Rosendo Alberto Alcaraz Romero<sup>187\*</sup>, José Javier G. Cantón Castillo<sup>187</sup>, Javier Enrique Catillo Huchim<sup>187</sup>, Jorge Alfredo Quintal Franco<sup>187</sup> y Felipe Chin Montenegro<sup>188</sup>

### Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del nivel de suplementación alimenticia en la etapa predestete sobre la eficiencia reproductiva al inicio de la pubertad de corderas FI Katahdin x Pelibuey. Se utilizaron 32 corderas desde su nacimiento hasta el inicio de la pubertad, distribuidas completamente al azar en dos niveles de suplementación predestete con alimento peletizado, usando dos porcentajes del peso vivo (PV) de los animales: 1) nivel de suplementación bajo (NSB) a 5% de PV, y 2) nivel de suplementación alto (NSA) a 10% de PV. La alimentación de las corderas estuvo constituida por leche materna y el alimento se proporcionó diariamente por las mañanas, a partir de los 15 días de edad hasta el destete, que fue a los  $71.0 \pm 16.6$  días de edad, pesando los animales cada 15 días hasta la pubertad. Posterior al destete, todas las corderas estuvieron bajo pastoreo rotacional en praderas de Mombaza (*Megathyrsus maximus*) durante 5 h al día; además, recibieron 300 g/animal de alimento concentrado con 15% de PC y 2.67 Mcal EM/kg de MS. Se detectaron estros a las 07:00 y 17:00 h, todos los días, por lapsos de una hora, con la ayuda de hembras androgenizadas. La cordera que presentó estro fue registrada y se le realizaron lecturas ováricas mediante ultrasonografía, para detectar estructuras lúteas. El peso al destete fue mayor en corderas del grupo NSA ( $P < 0.05$ ) que en corderas del grupo NSB ( $15.9 \pm 3.2$  y  $11.9 \pm 3.2$  kg, respectivamente). La edad al primer estro de las corderas del grupo NSB fue 58 días más tardío ( $P < 0.05$ ) que la de las corderas del grupo NSA. Las corderas del grupo NSB tuvieron que ganar 7.4 kg más para alcanzar su primer

<sup>187</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- Campo Experimental Mocochoá.  
Correo-e: [alcaraz.alberto@inifap.gob.mx](mailto:alcaraz.alberto@inifap.gob.mx)

<sup>188</sup> Instituto Tecnológico de Conkal.



estro en comparación con las corderas del NSA ( $P < 0.05$ ). El 100% de las corderas del grupo NSA ya presentaban estros cíclicos 21 antes que las corderas del grupo NSB ( $P < 0.05$ ). En cuanto a la tasa ovulatoria, el tamaño y población folicular ovárico de las corderas a la primera ovulación no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ). Las corderas cruzadas F1 Pelibuey x Katahdin alimentadas con el 10% de su peso vivo durante la etapa predestete, presentaron su primer estro a una edad más temprana que las que recibieron un suplemento equivalente al 5% de su PV. El peso al destete es determinante para el desarrollo prepuberal y para la eficiencia reproductiva a la pubertad de las corderas.

**Palabras clave:** prepuberal, folículos, ultrasonido

## Introducción

La producción de carne ovina a nivel nacional es estimada en 62,939 t (SIAP, 2016). A esta cifra, el estado de Yucatán solo aporta el 1.6% a la oferta nacional, lo que significa que el estado produce aproximadamente 1,017 t (SIAP, 2016), cifra que fluctúa con altibajos en los últimos siete años. Sin embargo, representa para la Península de Yucatán una alternativa de alta prioridad para el productor pecuario. La ovinocultura se está desarrollando de manera acelerada entre los productores tanto comerciales como ejidales, que buscan una mayor rentabilidad, un mejor precio, ciclos de producción más cortos y de menor inversión inicial (Berumen y Osorio, 2002). Actualmente, los rebaños se componen de animales de pelo para la producción de carne, con encaste de las razas Pelibuey y Blackbelly, las cuales están perfectamente adaptadas a las zonas tropicales. A partir de estas dos razas es posible iniciar sistemas intensivos para la engorda de corderos en lugares con buena disponibilidad de esquilmos, subproductos agroindustriales y granos. Cabe señalar que la principal desventaja de los ovinos de pelo en las fases crecimiento y finalización, es que presentan un potencial productivo moderado, debido a su misma rusticidad, lo que limita la explotación de estos animales por las condiciones





económicas actuales. La producción se puede incrementar mediante la introducción de germoplasma de biotipos de mayor capacidad para producir carne, que las que se utilizan actualmente en las unidades de producción.

El cruzamiento entre la raza paterna Katahdin y la raza materna Pelibuey, está tomando mayor auge en las zonas tropicales de México, con el propósito de mejorar las características relacionadas con la producción de carne de los corderos y las características reproductivas, como la pubertad, de las hembras. Sin embargo, ésta se ve afectada por diversos factores ambientales como el nutricional (Archer *et al.*, 2002; Quintans, 2005). Por lo que, la llegada de la pubertad está determinada por el estado nutricional desde la etapa de lactancia (Sepúlveda *et al.*, 2001; Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2009; Alcaraz *et al.*, 2012; Bentancor *et al.*, 2013; Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del nivel de suplementación alimenticia predestete sobre la aparición de la pubertad de corderas F1 Katahdin x Pelibuey.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó bajo condiciones de temporal, durante los meses de marzo a junio en el Campo Experimental Mocochoá, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Municipio de Mocochoá en el estado de Yucatán, situado a 21° 5' Latitud Norte y 89° 30' Longitud Oeste, con una altitud de 8 msnm. El clima predominante es de tipo subtropical subhúmedo (Awo) y BS1 (L') con lluvias en verano, precipitación media anual de 750 a 900 mm y temperatura media anual de 27°C (García, 1988).

Se utilizaron 32 corderas cruzadas Katahdin x Pelibuey (KTxPB) con un peso al nacimiento promedio de  $3.23 \pm 0.82$  kg, las cuales se distribuyeron mediante un diseño completamente al azar a dos niveles de suplementación alimenticia en la etapa predestete: 1) nivel de suplementación bajo (NSB) a 5% de PV, y 2) nivel de suplementación alto (NSA) a 10% de PV. La alimentación de las corderas estuvo constituida por leche materna; el suplemento se proporcionó diariamente por las



mañanas, a partir de los 15 días de edad de los animales. El suplemento fue hecho a base de granos de cereales y oleaginosas, con 19% de proteína cruda (PC) y 2.78 Mcal EM/kg de materia seca (MS), aproximadamente. Las corderas se alojaron en corrales techados, provistos de sombra, bebederos y excluidores de alimento para que las madres no tuvieran acceso al mismo. Las madres permanecieron en corral con sus crías, excepto durante las horas de pastoreo (4 a 5 h) por las mañanas. Después del pastoreo, se les suministró 500 g/animal/día de un alimento comercial con 18% de PC. Previo al parto, las madres fueron vacunadas contra pasteurelisis neumónica y desparasitadas internamente contra parásitos gastrointestinales y de la nariz (*Oestrus ovis*). Las corderas fueron pesadas al nacimiento y al destete; posteriormente se pesaron cada 15 días durante la fase experimental, previo ayuno de 18 h, utilizando una báscula digital de plataforma marca CRT con capacidad de 150 kg y una precisión de 0.01 kg. Posterior al destete, todas las corderas estuvieron bajo pastoreo rotacional en praderas de Mombaza (*Megathyrus maximus*) durante 4 a 5 h al día, más 300 g/animal de alimento concentrado con 15% de PC y 2.67 Mcal EM/kg de MS. Se detectaron estros a las 07:00 y 17:00 h, todos los días, por lapsos de 1 h, con la ayuda de hembras androgenizadas, las cuales fueron tratadas de acuerdo a las recomendaciones de Quintal *et al.* (1988). Al momento del estro, se registró la edad y el peso vivo de cada animal. Posteriormente, a los siete días, se realizó una lectura ovárica para determinar tamaño y población folicular, mediante ultrasonografía, con la ayuda de un equipo Aloka SSD 500 con transductor transrectal lineal de 7.5 MHz, en períodos de siete días, hasta encontrar una estructura lútea en la superficie del ovario. Para la evaluación de eficiencia reproductiva y productiva de las ovejas, se implementó un diseño completamente al azar, donde el nivel de suplementación fue el efecto fijo.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa que el nivel de suplementación predestete no afectó ( $P>0.05$ ) peso al nacimiento, edad al destete, duración del primer estro y ganancia



diaria de peso del destete a la pubertad. Sin embargo, el peso al destete fue mayor ( $P<0.05$ ) en las corderas del grupo NSA que en las corderas del grupo NSB ( $15.9\pm 3.19$  vs  $11.9\pm 3.19$ , respectivamente), lo cual se ve reflejado en la edad promedio al primer estro, donde las corderas del grupo NSB manifestaron estro 58 días más tarde ( $P<0.05$ ) que las corderas del grupo NSA. Esta descrito que la pubertad se manifiesta cuando las hembras alcanzan entre un 60 y 65% de su peso adulto (Freetly *et al.*, 2011; Cuadro *et al.*, 2014) y las corderas del NSB requirieron más tiempo en alcanzar este porcentaje de peso. Las corderas suplementadas con el 10% de su peso vivo presentaron su primer estro a un peso menor ( $26.70\pm 4.58$  kg) en comparación con las corderas del grupo NSB ( $30.33\pm 4.58$  kg). La ganancia diaria de peso posdestete a la pubertad del grupo NSB fue 10 g más por día ( $P<0.05$ ) que la de las corderas destetadas en un nivel alto; el mismo efecto se observó en la ganancia total de peso, ya que las corderas del grupo de nivel bajo tuvieron que ganar 7.41 kg más para presentar su primer estro, en comparación con las corderas con peso al destete alto ( $P<0.05$ ). Esto concuerda con lo descrito por Gunn (1989), quien postula que el patrón de crecimiento de las primeras etapas de vida de las ovejas afecta su reproducción, siendo la nutrición el factor ambiental más limitante para explotar con éxito el potencial reproductivo de las corderas.

**Cuadro 1. Efecto del nivel de suplementación alimenticia durante la etapa predestete de corderas FI Pelibuey x Katahdin sobre la eficiencia productiva y reproductiva prepuberal.**

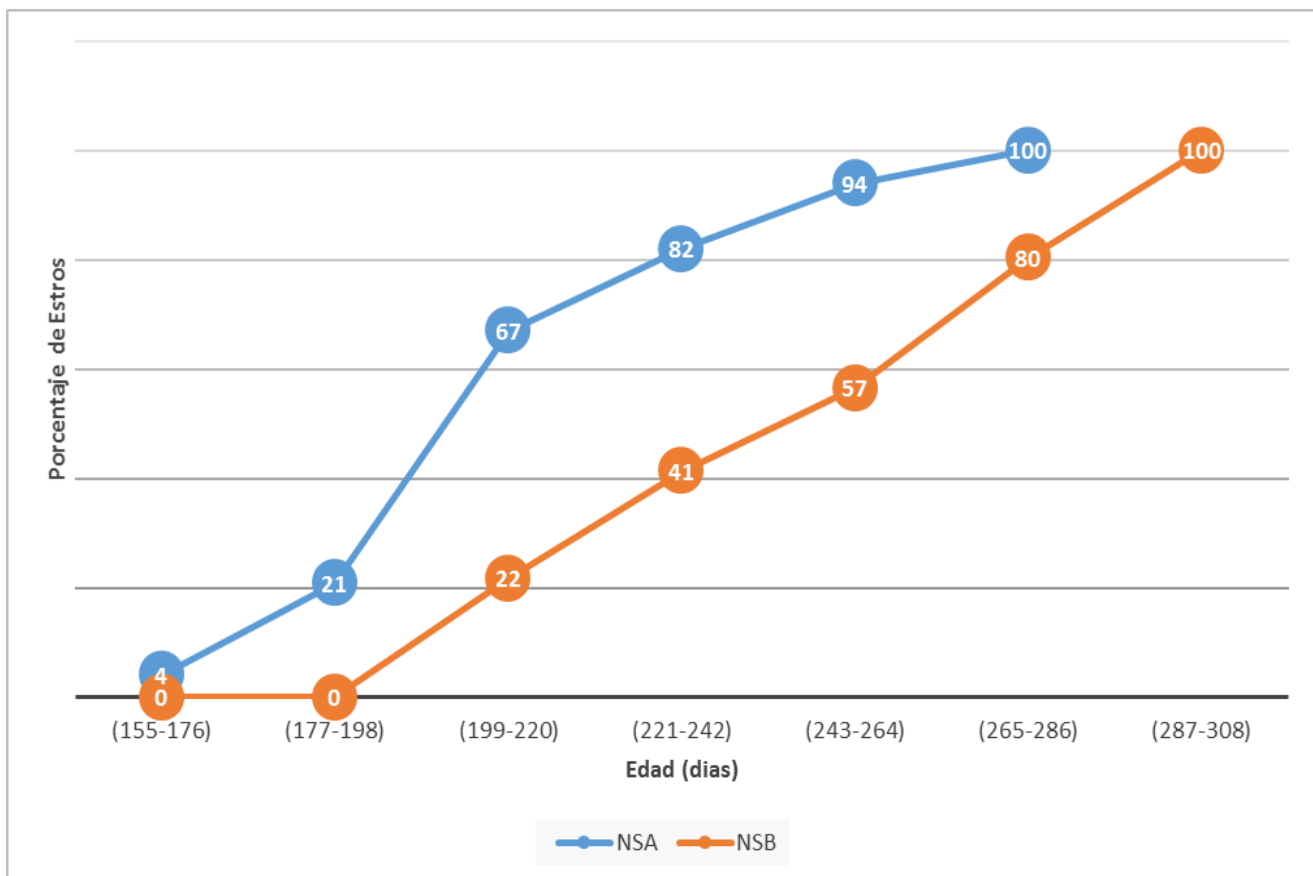
Variables	Nivel de suplementación		E.E.M
	BAJO	ALTO	
N	19	13	—
Tamaño de camada	1.41 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.23
Peso al nacimiento (kg)	3.15 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	0.88
Peso al destete (kg)	11.9 <sup>a</sup>	15.9 <sup>b</sup>	3.19
Edad al destete (d)	70.2 <sup>a</sup>	72.3 <sup>a</sup>	17.28
Edad al 1er estro (d)	258.5 <sup>a</sup>	200.08 <sup>b</sup>	28.68
Peso al 1er estro (kg)	30.33 <sup>a</sup>	26.70 <sup>b</sup>	4.58
Duración del 1er estro (h)	21.77 <sup>a</sup>	20.66 <sup>a</sup>	5.89
GDP del destete a pubertad (g)	96 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>	23
GTP a la Pubertad (kg)	18.34 <sup>a</sup>	10.93 <sup>b</sup>	4.88

GDP= ganancia diaria de peso; GTP= ganancia total de peso; E.E.M. = error estándar de la media.

<sup>a,b</sup>Medias con distinta literal en la misma fila son diferentes ( $P<0.05$ ).



En la Figura 1 se observa que una pequeña proporción de corderas (4%) comenzó a ovular y presentar estros de los 155 a los 176 días de edad; para el intervalo de los 199 a 220 días de edad, la mayoría de las corderas ya manifestaban estro (67%); de 265 a 286 días de edad el 100% de las corderas manifestó estro. Las corderas del grupo NSB comenzaron a presentar su primer estro al menos 43 días más tarde que las corderas del grupo NSA. Asimismo, el 100% de las corderas del grupo NSA ya manifestaban estros 21 días más temprano que las corderas del grupo NSB. Lo anterior indica que el factor alimenticio durante el desarrollo predestete afecta significativamente la edad al primer estro de las corderas (Roldán-Roldán *et al.*, 2016).



**Figura 1. Efecto del peso al destete de corderas F1 Katahdin x Pelibuey sobre el porcentaje acumulado de la edad al primer estro.**





Las corderas con menor peso al destete mostraron un desempeño bajo, al manifestar estro a una edad más tardía. Varios autores han mencionado que el estatus nutricional es un factor importante que puede afectar la reproducción ovina y que la restricción de alimento en etapas tempranas de la vida puede disminuir la presentación del estro (Dunn y Moss, 1992; Sepúlveda *et al.*, 2001; Alcaraz *et al.*, 2012). En el Cuadro 2 se presenta el diámetro (mm) y población folicular de las ovejas, así como la tasa ovulatoria promedio con base en el número de estructuras lúteas de las corderas en su primera ovulación, indicando que no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los niveles de suplementación predestete. Lo anterior se atribuye que en la etapa posdestete para este estudio recibieron una alimentación homogénea entre tratamientos, lo cual ocasiona un desarrollo folicular y tasa ovulatoria similar, pero en tiempos diferentes.

**Cuadro 2. Efecto del nivel de alimentación en la etapa predestete sobre el estatus ovárico a la primera ovulación de corderas F1 Katahdin x Pelibuey.**

Estatus ovárico	Tipo de suplementación predestete		Error estándar de la media
	Alto	Bajo	
Pequeño ( $\leq 2$ mm)	5.11	3.8	0.61
Mediano ( $> 2 \leq 4$ mm)	3.0	3.3	0.40
Grande ( $\geq 4.1$ mm)	1.1	1.3	0.28
Total de folículos	9.21	8.4	0.62
Tasa ovulatoria	1.36	1.23	0.17

El tamaño folicular fue considerado como el diámetro en milímetros.

## Conclusiones

1. Las corderas cruzadas F1 Pelibuey x Katahdin alimentadas con el 10% de su peso vivo durante la etapa predestete, presentaron su primer estro a una edad más temprana que las que recibieron un suplemento equivalente al 5% de su peso vivo.
2. El peso al destete es determinante para el desarrollo prepuberal y para el comportamiento de la eficiencia reproductiva de la pubertad de las corderas.



## Literatura citada

- Alcaraz, R., J. Quintal, S. T. Hernandez, E. Villagómez, J. Ramon, J. Baeza, R. Borez and J. Cantón. 2012. Ovarian activity in F1 prepubertal ewe lambs under tropical conditions. *Livest. Sci.* 143:24-28.
- Archer, Z. A., P. A. Findlay, S. M. Rhind, J. G. Mercer and C. L. Adam. 2002. Orexin gene expression and regulation by photoperiod in the sheep hypothalamus. *Regulatory Peptides* 104(1-3):41-45.
- Bentancor, M., A. Bistolfi and L. Zerbino. 2013. Efecto del creep feeding y el destete temporario sobre el desarrollo de los terneros y la eficiencia reproductiva de vacas primíparas.
- Berumen, A. A. y L. C. Osorio. 2002. Comercialización del ganado ovino en el estado de Tabasco. Problemática y experiencias. Simposium Internacional de ovinos del norte de México. Chihuahua, Chihuahua. Pp. 74-76.
- Cuadro, P., R. Cuadro, M. Jaurena, I. De Barbieri, G. Brito y F. Montossi. 2014. Efecto de la edad al destete y la alimentación preferencial sobre la pubertad en terneras Hereford. <https://www.researchgate.net/publication/273131917>.
- Dunn, T. G. and G. E. Moss. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70(5):1580-1593.
- Freetly, H. C., L. A. Kuehn and L. V. Cundiff. 2011. Growth curves of crossbred cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran, and Tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. *J. Anim. Sci.* 89:2373-2379.
- García, E. 1988. Modificaciones a la clasificación climática de Köppen. UNAM. México.
- Gunn, R. G. 1989. Influencia de la nutrición sobre el comportamiento reproductivo de las ovejas. En: W. Haresign (Ed). *Producción Ovina*. AGTS.A. México. Pp. 103-115.
- Hinojosa-Cuéllar, J. A., J. Oliva-Hernández, G. Torres-Hernández, J. C. Segura-Correa y R. González-Garduño. 2015. Productividad de ovejas F1 Pelibuey x Blackbelly y sus cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Arch. Med. Vet.* 47(2):167-174.



- Hinojosa-Cuéllar, J. A., F. D. M. Regalado-Arrazola y J. Oliva-Hernández. 2009. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Rev. Científ.* 19(5):522-532.
- Quintal, F. J. A., A. M. Heredia y R. O. L. Rodríguez. 1988. Detección del estro en un rebaño de ovejas Pelibuey con utilización de hembras androgenizadas. *Téc Pecu. Méx.* 26:1-7.
- Quintans, G. 2005. Control del amamantamiento. *Revista INIA* 5:9-11.
- Roldán-Roldán, A., E. García-Martínez, V. del Río-Araiza, J. M. Berruecos-Villalobos, L. A. Zarco-Quintero y J. Valencia. 2016. Edad a la pubertad en corderas Pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia* 50(4):441-448.
- Sepúlveda, N. G., J. Risopatrón, J. Oberg y A. Neumann. 2001. Suplementación pre y post parto en ovejas. Efecto sobre la pubertad y actividad reproductiva de sus hijas. *Arch. Med. Vet.* 33(1):89-96.
- SIAP. 2016. Información pecuaria. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceEdo.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp) [consultado el 24 de octubre de 2017].



## CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS F1 KATAHDIN x PELYBUEY ALIMENTADOS CON FORRAJE Y CONCENTRADO

Javier G. Cantón Castillo<sup>189\*</sup>, Yolanda Moguel Ordoñez<sup>189</sup>, Javier Castillo Huchim<sup>189</sup>, Alberto Alcaraz Romero<sup>189</sup>, Auri Pérez Chávez<sup>190</sup> y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas<sup>189</sup>

### Resumen

Se evaluó el efecto de la inclusión del forraje y concentrado en la dieta sobre las características físicas y químicas de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdin x Pelibuey. Treinta y seis corderos machos enteros fueron distribuidos mediante un diseño completamente al azar a cuatro tratamientos: 1) 100% alimento comercial con 15% de PC (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) (ACMA); 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*M. maximum*); y 4) 70% AC + 30% CT-115 (*P. purpureum*). Los corderos se alimentaron *ad libitum* y se sacrificaron cuando alcanzaron un peso de  $44.0 \pm 2.0$  kg. No se encontró efecto de la dieta sobre las características de la canal y propiedades físicas de la carne ( $P > 0.05$ ). Los valores promedio para pH y temperatura fueron  $5.58 \pm 0.12$  y  $6.38 \pm 0.56^\circ\text{C}$ , respectivamente. La poca pérdida de agua en la carne (0.1%) indica que ésta conservó sus propiedades físico-químicas adecuadas para su almacenamiento. Los corderos alimentados con dietas que incluyen forraje tienen características físicas y químicas de la carne similares a los que recibieron solo concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades utilizando dietas con forrajes de buena calidad.

**Palabras clave:** ovinos, rendimiento, canal, color, composición química

<sup>189</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [gcanton.javier@inifap.gob.mx](mailto:gcanton.javier@inifap.gob.mx)

<sup>190</sup> División de estudios de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico de Conkal.





## Introducción

La carne de borrego u ovino, en relación con las carnes procedentes de otras especies de animales explotadas por el hombre, tiene una amplia aceptación y preferencia en la población (SAGARPA, 2016); prueba de ello son su textura, sabor y valor nutricional, siendo una excelente fuente de proteína de alta calidad, debido a su composición de aminoácidos esenciales (García, 2006). La cría de ovinos en las regiones tropicales de México es una opción ganadera con potencial de desarrollo, originado por el aumento de su consumo per cápita. En México actualmente se registra un consumo per cápita de 700 g de carne ovina (SAGARPA, 2017).

Los atributos de calidad de la carne los perciben los consumidores según sus preferencias (Wood, 1990). Varios factores tienen influencia en la calidad de la carne, como la especie, el sexo, la raza, el genotipo, el tipo y el nivel de alimentación, y manejo antemortem y postmortem (Okudo y Moss, 2005).

La alimentación es uno de los principales factores que afectan las características y calidad de la carne (Bilatu *et al.*, 2012), por lo que es indispensable establecer estrategias de alimentación que permitan mejorar estos atributos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre los atributos de calidad de la carne de corderos cruzados F1 Katahdin x Pelibuey.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Mocochoá (INIFAP), ubicado en el municipio de Mocochoá, Yucatán, México (21 06' de latitud Norte y 89 27' de longitud Oeste), situado en la zona centro del estado de Yucatán. Se utilizaron 36 corderos machos enteros Katahdin x Pelibuey, con un peso promedio de  $15.1 \pm 2.2$  kg, los cuales se distribuyeron con base en su peso vivo, utilizando un diseño completamente al azar (Montgomery, 2004), a cuatro tratamientos que consistieron en la inclusión de diferentes fuentes de forraje en la dieta: 1) 100% alimento



comercial (AC): 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.); 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*M. maximum*); y 4) 70% AC + 30% de pasto CT-115 (*P. purpureum*). Las dietas aportaron entre 2.4 y 2.6 Mcal EM/kg de MS, para obtener una ganancia de peso de 200 a 250 g/animal/día, aproximadamente (Huerta, 2001). Los animales se alojaron de acuerdo a su tratamiento en grupos de tres, en corraletas provistas de sombra, bebedero y comedero. Cada repetición consistió de un animal; los animales recibieron una mezcla de minerales traza libremente y tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días. Los corderos se pesaron previo ayuno de 16 h, al inicio, cada 14 días y al final del período de mediciones, cuando alcanzaron un peso vivo promedio de  $44.0 \pm 2.0$  kg. Al finalizar la prueba, todos los animales se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana establecida para el sacrificio humanitario de los animales domésticos (NOM-033-SAG/ZOO, 2014). Se registró el peso de la canal caliente para determinar su rendimiento. La canal se mantuvo en refrigeración a 4°C; a las 24 h se realizó un corte acanalado entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla para medir en el músculo *longissimus dorsi* (LD) el pH con un potenciómetro multifuncional HANNA y la temperatura con un termómetro digital y antimicrobial Taylor. La canal se diseccionó y se tomaron 100 g de muestra fresca del músculo LD para determinar la pérdida de agua, pesando las muestras de carne antes y después de almacenarlas durante 24 y 48 h a 4°C, de acuerdo a la metodología recomendada por Honikel (1998). Se evaluó el color de la carne mediante el sistema de escalas L\*, a\* y b\*, recomendados por el CIE (1986). Adicionalmente, se tomaron 120 g de muestras de carne del músculo *Longissimus dorsi*, las cuales fueron guardadas al vacío en congelación, hasta realizar sus análisis químicos, de acuerdo al método de la AOAC (2016). Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyó el efecto de la dieta, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).



## Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados del efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre las características de la canal y propiedades físicas de la carne de los corderos, en donde no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas ( $P > 0.05$ ). Se ha reportado que el peso al sacrificio afecta la mayoría de las características de la canal, en donde los animales más pesados registran los mayores valores para la canal. En este trabajo, los corderos registraron similares pesos al sacrificio, lo cual explica las pocas variaciones halladas en el peso y rendimiento de la canal. Los valores promedio para pH y temperatura encontrados para todos los tiramientos fueron de  $5.58 \pm 0.12$  y  $6.38 \pm 0.56$  °C, respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos normales para la carne fresca, lo que indica que existió suficiente reserva de energía (glucógeno) en músculo para el proceso de maduración de la carne (Aberle *et al.*, 2001). En ese sentido, Sañudo (2006) indica que hay muchos factores que pueden afectar el pH de la carne en la especie ovina, pero principalmente se debe a tres momentos importantes durante el proceso del sacrificio que son: antemortem, premortem y postmortem.

**Cuadro 1. Efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre el rendimiento y propiedades físicas de la canal de corderos cruzados F1 Katahdin x Pelibuey.**

Variables	Tratamientos				Valor de P	EEM
	T1	T2	T3	T4		
Peso vivo al sacrificio (kg)	44.87	43.50	43.67	43.76	0.560	2.234
Peso de la canal caliente (kg)	21.82	21.08	21.11	21.24	0.693	1.478
Rendimiento canal caliente (%)	48.56	48.45	48.32	48.61	0.990	1.998
pH	5.58	5.62	5.57	5.55	0.758	0.137
Temperatura (°C)	5.98	6.68	6.73	6.13	0.854	2.320

EEM= Error estándar de la media.

No se detectó efecto significativo ( $P > 0.05$ ) atribuible a la dieta sobre el color de la carne de los corderos (Cuadro 2). Los componentes de la carne están directamente relacionados con el grado de madurez, en donde los animales de mayor edad registran una coloración más oscura de la carne (Salgueiro *et al.*, 2009; Jacques *et al.*, 2011.). Bonanno *et al.* (2012) reportaron que el nivel de forraje de la dieta tiene



efectos mínimos sobre características de la carne de corderos, lo cual concuerda con los hallazgos de Díaz *et al.* (2002) y los encontrados en este estudio. La poca pérdida de agua en la carne (0.1%) indica que independientemente de la dieta, conservó sus propiedades físico-químicas, adecuadas para su almacenamiento. No se observó efecto en el contenido de proteína y cenizas del músculo *Longgisimus dorsi* ( $P > 0.005$ ) en ninguno de los tratamientos. La humedad presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) siendo mayor en el T2 en comparación con el T1 (Cuadro 3). El total de grasa presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), con una mayor cantidad en el T1= 7.93%, sin embargo, T2, T3, y T4 fueron similares, con un promedio de 5.0%. La mayor cantidad de grasa en el T1, puede ser debido al mayor aporte de PC y energía del alimento comercial, lo que concuerda con los resultados reportados por Realini *et al.* (2004).

**Cuadro 2. Efecto del forraje y concentrado sobre las características de color y pérdida de agua por goteo en la carne de corderos cruzados F1 Katahdin x Pelibuey.**

Variables	Tratamientos				Valor de P	EEM
	T1	T2	T3	T4		
L*	37.72	35.66	36.82	37.09	0.272	2.341
a*	19.47	18.21	19.47	19.08	0.102	1.242
b*	3.90	3.54	4.20	3.98	0.426	0.867
PPG24	0.10	0.10	0.10	0.10	0.933	0.037
PPG48	0.12	0.14	0.12	0.12	0.242	0.038

PPG24= Pérdida por goteo a las 24 h; PPG48= Pérdida por goteo a las 48 h; EEM= Error estándar de la media.

**Cuadro 3. Efecto del forraje y concentrado sobre la composición química de la carne de corderos cruzados F1 Katahdin x Pelibuey.**

Variables	Tratamiento				Valor de P	EEM
	T1	T2	T3	T4		
Proteína	19.89	20.99	20.78	20.41	0.081	0.920
Humedad	70.31 <sup>a</sup>	71.99 <sup>ab</sup>	72.74 <sup>b</sup>	71.00 <sup>ab</sup>	0.025	1.717
Cenizas	0.99	1.03	1.03	1.01	0.441	0.055
Total de grasa	7.93 <sup>a</sup>	4.65 <sup>b</sup>	4.92 <sup>ab</sup>	5.58 <sup>ab</sup>	0.016	2.150

EEM= Error estándar de la media.

Literales distintas entre columna indica diferencia estadística ( $P < 0.05$ )





## Conclusiones

Los corderos alimentados con dietas que incluyeron 30% de forraje tuvieron características de la canal y la carne similar a los que recibieron solo alimento concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades, incluyendo en la dieta forrajes de buena calidad.

## Literatura citada

- Aberle, E. D., J. C. Forrest, D. E. Gerrad, E. W. Mills, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 2001. Principles of meat science. 4th Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa. USA. 354 p.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method.
- Bilatu, A. G., T. G. Zelealem and K. A. Anil. 2012. Effect of metabolic modifiers on meat quantity and quality. *Afr. J. Food Sci.* 6(11):294-301.
- Bonanno, A., G. Tornambè, A. Di Grigoli, V. Genna, V. Bellina, G. Di Miceli and D. Giambalvo. 2012. Effect of legume grains as a source of dietary protein on the quality of organic lamb meat. *J. Sci. Food Agric.* doi: 10.1002/jsfa.5616.
- CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). 1986. Colorimetry publication. 2nd ed. CIE Publ. No.15.2. Bureau Central de la CIE. Vienna, Austria.
- Díaz, M. T., S. Velasco, V. Cañeque, S. Lauzirica, F. Ruiz, C. Pérez, J. González and C. Manzanares. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small. Rumin. Res.* 43:257-268.
- García, T. P. 2006. Características de la carne del Cordero patagónico. Instituto de Tecnología de Alimentos. INTA Castelar. Pp. 176-179.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49:447-457.
- Huerta, B. M. 2001. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. p. 16. *In: Memoria del II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. XI Congreso Nacional de Producción Ovina.* Yucatán, México.



- Jacques, J., R. Berthiaume and D. Cinq-Mars. 2011: Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. *Small Rumin. Res.* 95:113-119.
- Montgomery, D. C. 2004. Diseños y análisis de experimentos. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO). 2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015) [consultado el 2 de enero 2019].
- Okudo, N. J. and B. W. Moss. 2005. Interrelationships among carcass and meat quality characteristics of sheep. *Meat Sci.* 69:1-8.
- Realini, C. E., S. K. Duckett, G. W. Brito, M. Dalla Rizza and D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66: 567-577.
- SAGARPA. 2016. Plan Rector Sistema Producción Ovina (2015-2014).
- SAGARPA. 2017. Producción en el sector ovino nacional con alta calidad genética. <https://www.gob.mx/sader/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461> [consultado el 3 de Mayo de 2019].
- Salgueiro, Z., M. D. Díaz y S. J. Carballo. 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Arch. Zoot.* 58:11-22.
- Sañudo, C. 2006. Calidad de la canal y carne en los ovinos: factores que la determinan. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26:155-167.
- SAS (Statistical Analysis System). 2003. SAS/STAT user's Guide. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Cary, NC. SAS Institute Inc. 943 p.
- Wood, J. D. 1990. Consequences for meat quality of reducing carcass fatness. In: Reducing fat in meat animals. J. D. Wood y A.V. Fisher (Eds). Elsevier Applied Science. London. Pp. 344-397.



## EFECTO DEL FORRAJE Y CONCENTRADO SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LA CANAL DE CORDEROS F1 KATAHDÍN x PELYBUEY

José Javier G. Cantón Castillo<sup>191\*</sup>, Rosendo Alberto Alcaraz Romero<sup>191</sup>, Javier Enrique Castillo Huchim<sup>191</sup>, Auri Pérez Chávez<sup>192</sup> y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas<sup>191</sup>

### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre la clasificación de la canal de corderos cruzados F1 Katahdín × Pelibuey. Se utilizaron 36 corderos machos enteros Katahdín × Pelibuey, con un peso vivo promedio  $\pm$  DE (kg) de  $15.1 \pm 2.2$ , se distribuyeron con base a su peso vivo, en un diseño totalmente al azar a cuatro tratamientos que consistió en la inclusión de diferentes fuentes de forraje en la dieta: 1) 100% Alimento comercial (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp); 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*M. maximus*); 4) 70% AC + 30% de pasto CT-115 (*P. purpureum*) más una mezcla de minerales traza libremente para todos los animales. Los corderos se alimentaron en forma *ad libitum* y se sacrificaron cuando alcanzaron un peso vivo promedio  $\pm$  desviación estándar (DE)  $44.0 \pm 2.0$  kg. No se encontró un efecto de tratamiento ( $P > 0.05$ ) atribuible a la dieta sobre el peso y rendimiento de la canal ( $P > 0.05$ ). Todos los animales tuvieron una excelente conformación de la canal, independientemente del tipo de dieta proporcionada ( $P > 0.05$ ). De acuerdo a NMX-FF-106-SCFI-2006, los corderos estuvieron dentro la categoría de animales pesados, con peso al sacrificio mayor a 38.0 kg y peso en canal mayor de 18.0 kg, obteniendo la máxima clasificación de canales de cordero (Mex Ext). No se observó efecto de dieta ( $P > 0.005$ ) en el grosor de la grasa dorsal y área del musculo LD, los valores promedio para todos los tratamientos fueron de 0.95 (mm) de la grasa dorsal y 15.85 (cm<sup>2</sup>) para el área del músculo LD. Los corderos alimentados con dietas a base concentrado y

<sup>191</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

\*Correspondencia: gcanton.javier@inifap.gob.mx

<sup>192</sup> Instituto Tecnológico de Conkal.



forraje presentaron una clasificación de la canal México Extra, similar a los que recibieron solo alimento concentrado, por lo tanto, es posible obtener canales de corderos con excelentes estándares, incluyendo en su dieta 30% de forraje de buena calidad.

**Palabras clave:** ovinos, carne, rendimiento

## Introducción

En la actualidad, son cada vez más las explotaciones y empresas en México que se interesan en el mercado de cortes de cordero, ya que tiene un gran potencial para desarrollarse. Las demandas de los consumidores de cortes de cordero, se centran más en los rasgos de calidad que en los detalles de cantidad, sin embargo, en el 90% de los casos, el cordero se comercializa en pie, siendo la edad y el peso vivo los factores más importantes para determinar el precio de venta. Cuando el cordero se distribuye sacrificado, se parte de que toda la canal se vende a un precio más bajo y no se paga una diferenciación de acuerdo a los estándares de calidad que deben reunir las canales para su comercialización, lo cual representaría un mayor ingreso para el productor.

Se ha reportado que el nivel de alimentación afecta la mayoría de las características de la canal, debido a que una alta concentración de energía en la dieta se refleja en una mayor deposición de tejido muscular y adiposo, así como de crecimiento de los diferentes órganos (McLeod y Baldwin, 2000; Cantón, 2014). Lo anterior implica la existencia de un límite biológico en el potencial fisiológico del animal para depositar proteína, almacenando el resto de la energía consumida como grasa.

El objetivo del trabajo fue determinar la clasificación de la canal de corderos cruzados F1 Katahdín × Pelibuey, alimentados con dietas a base de concentrado y diferentes fuentes de forraje.





## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Mocochoá-INIFAP, ubicado en el municipio de Mocochoá, Yucatán, México (21 06' de latitud Norte y 89 27' de longitud Oeste) situado en la zona centro del estado de Yucatán, México. Se utilizaron 36 corderos machos enteros Katahdín × Pelibuey, con un peso vivo promedio  $\pm$  DE (kg) de  $15.1 \pm 2.2$ , los cuales se distribuyeron con base a su peso vivo, utilizando un diseño totalmente al azar (Montgomery, 2004), a cuatro tratamientos que consistió en la inclusión de diferentes fuentes de forraje en la dieta: 1) 100% Alimento comercial (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*); 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*M. maximus*); 4) 70% AC + 30% de pasto CT-115 (*P. purpureum*). Los animales se alojaron de acuerdo a su tratamiento en grupos de tres en corraletas provisto de área de sombra, bebedero y comedero. Cada repetición consistió en un animal, los cuales recibieron una mezcla de minerales traza libremente y tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días. Los corderos se pesaron previo ayuno de 16 horas, al inicio, cada 14 días y al final del período de mediciones, cuando alcanzaron un peso vivo promedio  $\pm$  DE  $44.0 \pm 2.0$  kg. Al finalizar la prueba todos los animales se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la norma oficial mexicana establecida para el Sacrificio de animales domésticos (NOM-033-SAG/ZOO-2014). Se registró el peso de la canal caliente para determinar su rendimiento. La canal se mantuvo en refrigeración a 4 °C y a las 24 horas, se evaluaron de acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006, para determinar su clasificación. Posteriormente, se realizó un corte acanalado entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla para medir la cobertura de la grasa dorsal y se midió el área del músculo *Longissimus dorsi* (LD), usando una plantilla de plástico cuadrículada, de acuerdo a los procedimientos emitidos por The Ohio State University, (2011). Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto de la dieta, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).



## Resultados y discusión

No se encontró un efecto ( $P > 0.05$ ) atribuible a la dieta sobre el peso y rendimiento de la canal (Cuadro 1). Los valores promedio de peso vivo y rendimiento en canal caliente para todos los animales fueron de 43.95 kg y 48.5%, respectivamente. Se ha reportado que las características de canal están directamente influenciadas por el peso al sacrificio (Salgueiro *et al.*, 2009; Jacques *et al.*, 2011). Es importante señalar, que en este trabajo los corderos registraron un peso similar al sacrificio, lo cual explica la poca variación en los resultados hallados.

**Cuadro 1. Efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre el peso y el rendimiento de la canal de corderos cruzados FI Katahdin x Pelibuey.**

Variables	Tratamientos				Valor de P	EEM
	T1	T2	T3	T4		
Peso vivo al sacrificio (kg)	44.87	43.50	43.67	43.76	0.560	2.234
Peso canal caliente (kg)	21.82	21.08	21.11	21.24	0.693	1.478
Peso canal frio (kg)	21.93	20.74	20.86	20.72	0.396	1.726
Rendimiento canal caliente (%)	48.56	48.45	48.32	48.61	0.990	1.998
Rendimiento canal frio (%)	48.76	47.67	47.74	47.43	0.721	2.646

EEM= Error estándar de la media

Los corderos presentaron de acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006, una clasificación de la canal México extra, es decir, todos los animales tuvieron una excelente conformación de la canal, independientemente del tipo de dieta proporcionada (Cuadro 2). De acuerdo a las especificaciones establecidas en la norma, los corderos del presente trabajo estuvieron dentro la categoría de animales pesados, con un peso al sacrificio de más de 38.0 kg y un peso en canal mayor de 18.0 kg, obteniendo la máxima clasificación de canales de cordero (Mex Ext).

No se observó un efecto significativo ( $P > 0.005$ ) en el grosor de la grasa dorsal y área del músculo LD debido a los tratamientos (Cuadro 2). Los valores promedio para todos los tratamientos fueron de 0.95 (mm) de la grasa dorsal y 15.85 (cm<sup>2</sup>) para el área del músculo LD. Como se ha mencionado, los componentes de canal están directamente relacionados con el grado de madurez y el peso al sacrificio, en donde



los animales más pesados registran los mayores valores para la canal, siendo que los animales de este trabajo registraron similares pesos al sacrificio.

**Cuadro 2. Efecto del forraje y concentrado sobre las características de color y pérdida de agua por goteo en la carne de corderos cruzados F1 Katahdín × Pelibuey.**

Variables	Tratamientos				Valor de P	EEM
	T1	T2	T3	T4		
Grasa dorsal (mm)	1.11	1.10	0.80	0.80	0.591	0.046
Área del músculo LD (cm <sup>2</sup> )	14.65	14.37	15.52	14.98	0.702	2.143
Clasificación de la canal*	Mex Ext	Mex Ext	Mex Ext	Mex Ext		

EEM= Error estándar de la media; LD= *Longissimus dorsi*; \*Clasificación de acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006

## Conclusiones

Los corderos alimentados con dietas a base concentrado y forraje presentaron una clasificación de la canal México Extra, similar a los que recibieron solo alimento concentrado, por lo tanto, es posible obtener canales de corderos con excelentes estándares, incluyendo en su dieta 30% de forraje de buena calidad.

## Literatura citada

- Cantón, C. J., A. Alcaraz R., E. Domínguez A., J. Quintal A., O. Rojas R., B. A. Piña y J. Vinay V. 2014. Cortes selectos de la canal de corderos cruzados Katahdin con Pelibuey alimentados con dietas a base de forraje de alfalfa. p. 501-506. Memoria de la XXIV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en climas cálidos.
- Jacques, J., R. Berthiaumeb. and D. Cinq-Mars. 2011. Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. *Small Ruminant Research* 95:113-119.



- MacLeod, K. R. and L. Baldwin R. 2000. Effect of diet forage: concentrate ratio and metabolizable energy intake on visceral organ grown and invitro oxidative of gut tissues in sheep. *Journal of Animal Science* 78:760-770.
- NMX-FF-106-SCFI. 2006. Productos pecuarios - carne de ovino en canal - clasificación. Livestock products - sheep carcass - classification. Secretaría de Economía. Documento publicado en el diario oficial de la federación el 04 julio del 2006. México. DF.
- Norma oficial mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015) (Consultado el 2 de enero 2019).
- Salgueiro, Z., D. Díaz M. y J. Carballo S. 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia* 58: 11-22.
- The Ohio State University Extension. 2011. 194R Sheep Resource Handbook. Changes in the 2011 Edition. 17 p.





## FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A BRUCELOSIS POR CONSUMO DE QUESO FRESCO EN VERACRUZ, MÉXICO

Gabriela Romina Hernández Carbajal<sup>193</sup>, David Itzcoatl Martínez Herrera<sup>193\*</sup>, Violeta Trinidad Pardío Sedas<sup>193</sup>, Rodolfo Quintana Castro<sup>194</sup>, Karla María López Hernández<sup>193</sup>, Rosa María Oliart Ros<sup>195</sup>, José Francisco Morales Álvarez<sup>196</sup>, José Alfredo Villagómez Cortés<sup>193</sup> y Javier Cruz Huerta Peña<sup>193</sup>

### Resumen

La brucelosis es una de las zoonosis más importantes a nivel nacional debido a que se le relaciona con el consumo de leche y queso fresco sin pasteurizar contaminados con *Brucella* spp. El objetivo de esta investigación fue determinar los factores de riesgo asociados al consumo de queso fresco sin pasteurizar, para lo cual se realizaron encuestas a 110 consumidores en los municipios de Coatepec, Tlalixcoyan, Xalapa y Veracruz, México. La estimación del riesgo se realizó por  $\chi^2$ , donde se obtuvieron como factores de riesgo la edad 43-70 años (RM: 2.9; IC<sub>95%</sub>: 1.0-8.3), lugar de residencia suburbana (RM: 3.3; IC<sub>95%</sub>: 1.4-8.1), grado de estudios básico (RM: 5.4; IC<sub>95%</sub>: 1.3-22.1), ocupación hogar (RM: 6.8; IC<sub>95%</sub>: 1.7-26.8), consumo de queso fresco (RM: 4.0; IC<sub>95%</sub>: 1.8-8.9), de preferencia en crudo (RM: 2.8; IC<sub>95%</sub>: 1.2-6.4) y en cantidades mayores a 500 g (RM: 8.4; IC<sub>95%</sub>: 1.4-50.2). Estos resultados pueden ser referentes de que el consumo de productos lácteos no pasteurizados, como el queso fresco elaborado de forma artesanal, representa un riesgo para la población.

**Palabras clave:** estimación del riesgo, brucelosis, queso artesanal

<sup>193</sup> Universidad Veracruzana. Facultad d Medicina Veterinaria y Zootecnia. \*Correspondencia: dmartinez@uv.mx

<sup>194</sup> Universidad Veracruzana. Facultad de Bioanálisis.

<sup>195</sup> Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos.

<sup>196</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología.



## Introducción

El consumo de productos lácteos sin pasteurizar ha ido en aumento en la población, tan sólo en México el queso fresco artesanal es uno de los productos de mayor consumo, por lo que genera un riesgo para la población debido a la contaminación con patógenos que ocasionan enfermedades de transmisión alimentaria, como la brucelosis (Castro *et al.*, 2012; Villanueva *et al.*, 2010; Vasek *et al.*, 2004).

De acuerdo al boletín epidemiológico, durante 2019 a nivel nacional se han confirmado 1,028 casos de brucelosis humana, de los cuales 15 corresponden al estado de Veracruz, aunque dentro del reporte no se mencionan las fuentes de transmisión; aún más, los casos pueden incrementarse debido al mal diagnóstico y subnotificaciones (DGE, 2019; García *et al.*, 2014). Aunado a lo anterior, la Secretaría de Agricultura ha determinado una frecuencia nacional de brucelosis bovina de 0.22% y para el estado de Veracruz que se encuentra entre los principales productores de leche a nivel nacional, destacando el hecho de que la mayor cantidad de leche fluida se destina a la elaboración de quesos frescos artesanales de 0.02% (SAGARPA, 2018; Castro *et al.*, 2012). Los productores de este tipo de queso no cuentan con las disposiciones y lineamientos establecidos por la NOM-243-NOM-2010 en donde es considerada de manera primordial, la inocuidad en la producción, manufactura y distribución de alimentos inocuos, aparte del uso de la pasteurización como único método que garantice la eliminación de patógenos que impliquen un riesgo para el consumidor, con el objetivo de disminuir los casos de brucelosis humana.

El consumo de productos lácteos elaborados con leche sin pasteurizar es un problema de salud en el estado de Veracruz, debido a su disponibilidad y bajo precio; no obstante, se ha demostrado la presencia de *Brucella* spp., en quesos frescos por Villanueva *et al.*, (2011) en la zona centro de Veracruz que enfatiza sobre la situación sanitaria de los alimentos en diversos puntos de venta, que favorecen el crecimiento del agente patógeno. Cortés (2015), en la zona centro de Veracruz, identificó la presencia de *Brucella* spp., en 11.7%, donde encontró *B. abortus* en 3.5% y *B. melitensis* en 8.2% de quesos artesanales. El autor menciona que 60% de los



quesos positivos estaban elaborados con leche sin pasteurizar y el 27% de los mismos fueron almacenados en vitrina, y que esto representa un factor de riesgo entre los consumidores de la zona estudiada. Uno de los trabajos más recientes, es el realizado por Hernández *et al.*, (2018), quienes identificaron la presencia de la cepa S19 de *Brucella abortus* en queso fresco perteneciente al municipio de Veracruz, y que se usa en la vacunación contra brucelosis en los bovinos.

En un estudio realizado en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río se determinó una prevalencia de brucelosis humana de 5%, sin comprobar, cuál era la forma de diseminación de la enfermedad (Hernández, 2016). Álvarez-Ojeda *et al.*, (2015), mencionan que en zonas endémicas el riesgo de adquirir la infección se basa en la relación de los hábitos alimenticios e higiénicos, así también la movilización de productos lácteos hacia las zonas urbanas ha incrementado la diseminación de la enfermedad de manera directa de las zonas afectadas, por lo que su impacto no sólo se genera en la población expuesta, sino que además afecta a todas aquellas personas ajenas a la actividad pecuaria. Por lo que el objetivo de esta investigación, fue determinar los posibles factores de riesgo asociados al consumo de queso fresco artesanal sin pasteurizar en el estado de Veracruz, México.

## **Materiales y métodos**

Esta investigación se realizó en el periodo marzo-abril de 2019 en la zona centro del estado de Veracruz. Los municipios en donde se llevó a cabo el estudio corresponden Veracruz, Tlaxiaco, Xalapa y Coatepec. Se utilizó el programa Vassarstats® para la estimación del riesgo a consumidores por  $\chi^2$ , Razón de Momios con Win Episcopo® y Minitab 14® para realizar la regresión logística.

Se aplicaron encuestas a consumidores de queso fresco artesanal, en un estudio epidemiológico transversal, en donde se determinaron los factores de riesgo como edad, lugar de residencia, grado de estudios, ocupación, tipo de queso de mayor consumo, tipo y cantidad de consumo. El tamaño de muestra para un diseño de



encuesta en una muestra aleatoria simple, se calculó con la siguiente fórmula (FAO/WHO, 1992):

$$n = \frac{t^2 * p(1 - p)}{m^2}$$

Dónde:

n=Tamaño de la muestra

t= Nivel de confiabilidad de 95% (Valor estándar 1.96)

p= Prevalencia de 7.1% de *Brucella* spp., en quesos frescos (Colorado *et al.*, 2015)

m= Margen de error de 5% (valor estándar de 0.05)

El tamaño de muestra se aumentó en 5% para evitar sesgo en las preguntas debido a la ausencia de respuesta o errores de registro.

## Resultados y discusión

Se colectaron 110 encuestas encontrándose que 62.7% (69/110) consumían queso fresco sin pasteurizar; en México, la principal variedad de consumo es el queso fresco, que se da en todos los estratos económicos, que es uno de los alimentos primordiales en la dieta de la población mexicana (SIAP, 2016; Villegas y Cervantes, 2014). Sin embargo, estos productos lácteos son realizados de forma artesanal los cuales son considerados como identidad cultural de algunas regiones; sin embargo, estos quesos no consideran estándares oficiales de inocuidad, misma que dependerá de las condiciones que se registren desde el sitio de producción de la leche, la recepción de la leche cruda, así como la contaminación que se genera durante la elaboración del producto final, que ocasiona la transmisión de enfermedades como la brucelosis (Lusk *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2011). Los consumidores activos de quesos frescos no pasteurizados son los más afectados por las bacterias del género *Brucella* spp.; en Veracruz, diversas investigaciones han encontrado la presencia de la bacteria en quesos artesanales que van desde 6.6% hasta 11.8% en donde se enfatiza la inadecuada situación sanitaria de los quesos prevaleciente en diversos puntos de venta, que favorecen el incremento de la carga





bacteriana. Sin embargo, la falta de información que se pudiera generar en los centros de salud, evita que se puedan conocer las principales vías de transmisión de la enfermedad (Martínez *et al.* 2017; Hernández, 2016; Cortes, 2015; Villanueva *et al.*, 2010).

En la presente investigación se encontró que el 60.9% (n= 67) de los consumidores correspondió al género femenino y el rango de edad de 43 a 70 años con mayor proporción fue de 42.7% (n=47). El 54.5% (n=60) pertenece a una escolaridad superior, el 60.9% (n=67) residen en zonas urbanas, 43.6% (n=48) son empleados, 61.8% (n=68) consumen con mayor frecuencia queso fresco, 42.7% (n=47) prefieren consumirlo en comidas, 74.5% (n=82) consumen < 250 g, el 44.5% (n=49) compran el queso fresco en tiendas locales mientras que 59.1% (n=65) mencionó que sí tenían conocimiento del proceso de pasteurización. Se identificaron los factores de riesgo asociados al consumo de queso fresco como se muestra en el Cuadro 1, encontrándose que la edad de 43-70 años, el lugar de residencia suburbana, el grado de estudios básicos (primaria/secundaria), ocupación el hogar, mayor consumo de queso fresco, la preferencia de consumo crudo y cantidad de consumo >500 g. En el Cuadro 2 se muestran los resultados del modelo de regresión logística, en el cuál se puede observar con 95% de confianza, la significancia de las variables "lugar dónde reside (suburbano), ocupación (hogar) y preferencia de consumo (crudo) como factores asociados con el riesgo por consumo de queso fresco artesanal (Coeficientes  $\beta$ = 2.37, 3.21 y 2.82,  $p$ = 0.018, 0.001 y 0.005, respectivamente).



**Cuadro 1. Frecuencia y factores de riesgo a partir de las encuestas realizadas a los consumidores de queso fresco artesanal en los municipios de Coatepec, Medellín, Tlalixcoyan y Veracruz.**

Variables	Frecuencia (%)	IC <sub>95%</sub>	RM	IC <sub>95%</sub>	p
<b>Género</b>					
Femenino	67.1	54.4-77.8	1.61	0.73-3.56	0.22
Masculino	55.8	4.0-70.5	0.61	0.28-1.36	0.22
<b>Edad</b>					
18-30	51.1	36.2-65.7	0.41	0.18-0.91	0.02
31-42	65.7	48.5-79.8	1.22	0.53-2.78	0.62
43-70	80.0	58.7-92.3	2.93	1.03-8.35	0.04*
<b>Lugar de residencia</b>					
Urbana	52.2	39.7-64.4	0.28	0.12-0.68	0.00
Suburbana	79.4	63.1-90.1	3.36	1.38-8.16	0.01*
Rural	75.0	21.9-98.6	1.81	0.18-17.7	0.60
<b>Grado de estudios</b>					
Básico	88.2	62.2-97.4	5.41	1.32-22.1	0.01*
Medio Superior	63.6	45.1-79.0	1.05	0.45-2.47	0.89
Superior	90.0	78.8-95.8	1.86	0.78-4.41	0.15
<b>Ocupación</b>					
Estudiante	31.8	14.7-54.8	0.19	0.07-0.51	0.00
Empleado	62.5	47.3-75.6	0.98	0.44-2.14	0.96
Independiente	70.0	45.6-87.1	1.48	0.52-4.22	0.45
Hogar	90.0	66.8-98.2	6.88	1.76-26.8	0.01*
<b>Queso que más consume</b>					
Fresco	75.0	62.7-84.3	4.0	1.78-8.95	0.00*
Hebra	66.6	38.6-87.0	1.18	0.43-3.23	0.73
Panela	80.0	0.4-40.2	0.04	0.00-0.18	0.00
Ranchero	28.5	5.1-69.7	0.21	0.04-1.03	0.05
Botanero	66.6	24.1-94.0	1.2	0.20-6.89	0.83
<b>Preferencia de consumo</b>					
Crudo	76.1	60.9-86.9	2.8	1.22-6.42	0.01*
Asado	27.2	7.3-60.6	0.18	0.05-0.67	0.01
Comida	65.9	50.6-78.2	1.27	0.57-2.80	0.54
<b>Cantidad de consumo</b>					
< 250 g	57.3	45.9-68.0	0.36	0.13-0.98	0.04
251-500	66.6	38.6-87.0	1.22	0.38-3.87	0.73
> 500	92.3	62.1-99.6	8.42	1.41-50.24	0.01*



**Cuadro 2. Factores asociados al consumo de queso fresco analizados por regresión logística**

Variable	$\beta$	SE	RM	IC <sub>95%</sub>	p
Lugar dónde reside (Suburbano)	2.37	0.45	2.92	1.2-7.0	0.018
Ocupación (Hogar)	3.21	0.29	2.58	1.4-4.6	0.001
Queso de mayor consumo (Fresco)	-2.38	0.05	0.87	0.7-0.9	0.017
Preferencia de consumo (Crudo)	2.82	0.14	1.48	1.1-1.9	0.005

Los resultados indican como un factor de riesgo, el rango de edad de 23-47 años; esto puede deberse a que estos consumidores se encuentran en una etapa activa laboral, que toma en consideración que en México la participación económica se basa en hombres de 30 a 39 años, mientras que en las mujeres entre los 40 a 49 años (Páez, 2017). Hernández (2016), encontró como posible factor de riesgo la edad de 41 a 50 años lo que concuerda con lo referido por Serra y Godoy (2000) quienes mencionan las actividades laborales realizadas en esos rangos de edad, así como un mayor caso de brucelosis en hombres en rangos de 21 a 40 años y en mujeres de 21 a 60 años. López *et al.*, (1992) encontraron que la edad en donde más casos se presentaba la enfermedad era de 20 a 49 años, donde las mujeres eran las más afectadas por el problema. Barroso *et al.*, (2007) encontraron que el grupo más afectado era el que se encontraba entre 50 a 59 años y que la principal fuente de infección era el consumo de productos lácteos sin pasteurizar. En un estudio realizado en Tlaxcala, se identificó que las poblaciones más vulnerables eran amas de casa, empleados y campesinos, similar a lo reportado por López *et al.*, (2008) en Sinaloa quienes señalan que estudiantes y empleados son personas susceptibles a enfermar.

En México, la educación es pieza fundamental para generar un capital humano con la capacidad de poder generar su estilo de vida; García *et al.*, (2013) mencionan las desventajas que genera un estatus socioeconómico menor, porque la deserción escolar en zonas rurales es mayor debido al compromiso de los menores para apoyar en la economía familiar, que hace suponer un ingreso económico y oportunidades menores, así como una deficiente atención médica. En México, los casos de brucelosis aumentan al tener un nivel social y económico bajos, debido al nivel cultural que se tiene por las costumbres tan arraigadas, por ejemplo, al



consumo de leche cruda y una falta de higiene (Pacheco, 1999). Un aspecto relevante es que el mayor consumo de queso fresco, sea debido probablemente porque se encuentra a un precio accesible para la población, así como la comercialización a zonas urbanas de bajos recursos como suburbanas (Guzmán *et al.*, 2013).

Pardío *et al.*, (2016) en un estudio realizado en Veracruz, determinaron que las zonas suburbanas son susceptibles a tener una incidencia alta de la enfermedad, los autores mencionan que esto puede deberse al consumo de leche o productos no pasteurizados. Rocha (2016) en Culiacán, reportó 18 casos de brucelosis crónica de los cuales 15 personas pertenecían a zonas suburbanas que habían declarado haber consumido productos no pasteurizados. Cabrera *et al.*, (2014), García *et al.*, (2014) y Álvarez (2014) reportan casos de brucelosis debido al consumo de productos lácteos no pasteurizados como principal fuente de contagio provenientes de locales ambulantes. Asimismo, López *et al.*, (2008) al trabajar con un grupo de personas con serología positivos a brucelosis, identificó que el único factor asociado era el consumo de queso fresco, porque ninguno manifestó alguna actividad relacionada con la transmisión de la enfermedad. Como se observa en el modelo de regresión logística (Cuadro 2), se asocia tanto el lugar de residencia, la ocupación y la preferencia de consumo como factores predisponentes para enfermar debido a lo antes expuesto; sin embargo, se observa que el tipo de queso de mayor consumo constituye un factor protector ( $p=0.017$ ;  $RM= 0.87$ ). Este hallazgo, puede relacionarse con la posibilidad de consumir productos pasteurizados y que sean inocuos; no obstante, a pesar de las estrategias gubernamentales, los casos de brucelosis animal se siguen reportando y repercuten en la salud pública, y por ello es importante concientizar a los productores acerca de vender productos pasteurizados y a las personas a consumir productos que garanticen que hayan sido sometidos a este proceso (García *et al.*, 2016).





## Literatura citada

- Álvarez, O. M., C. Saldaña F., R. Ballesteros M., O. Martínez I., M. López A., L. Briones E. *et al.* 2015. Comparación de las pruebas: reacción en cadena de la polimerasa (PCR), serología y hemocultivo con respecto a sensibilidad y especificidad, para la detección de *Brucella* spp., en muestras humanas. *Gac Med Mex.*151:620-627
- Álvarez, Hernández E. 2014. Prevalencia de *Brucella* y otros marcadores serológicos reactivos en donadores del banco de sangre del hospital materno perinatal Mónica Pretelini Sáenz en el año 2013. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Barroso, P. M. A., Lucerna, M. Cortés M., J. Toranzo., F. Escabias y F. Molina. 2007. Brote de brucelosis interprovincial por ingesta de queso fresco sin higienizar. *Medicina de Familia.* 2:27-32
- Cabrera, D., F. Reyes y M. Maldonado. 2014. Vigilancia epidemiológica de la brucelosis humana en la Jurisdicción Sanitaria de Ecatepec. *Arch Inv Mat Inf.* 6(1): 38-45
- Castro, C. J., J. Cotera y A. Zavaleta J. 2012. Características de la Producción y Comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios.* 16(30): 816-824
- Colorado, Galán J., V. T. Pardío S., D. I. Martínez H., A. Flores P., K. M. López H., J. H. Cortés H., *et al.* 2015. Aislamiento e identificación de *Brucella* spp., en quesos artesanales de leche de vaca y cabra expendidos en la zona centro del estado de Veracruz. p. 15-22. *In: Memorias del congreso Inocuidad Alimentaria.* Universidad De Las Américas de Puebla. Puebla, México.
- Cortes, Hernández J. 2015. Detección molecular de *Brucella* spp., aislada a partir de quesos artesanales elaborados con leche de bovino y caprino. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, México
- DGE (Dirección General de Epidemiología). 2019. Boletín epidemiológico Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información. Dirección General de Epidemiología <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-epidemiologia-boletin-epidemiologico> [consultado en 12 de agosto de 2019].



- Domínguez, A., A. Villanueva, C. Arriaga y A. Espinoza. 2011. Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del centro de México. *Estudios Sociales*. 19 (38):165-193
- FAO/WHO. 1992. Realización de encuestas nutricionales en pequeña escala. Manual de Campo. Roma. (Nutrición y Agricultura 5). [Consultado el 12 de agosto de 2019] <http://books.google.com.mx/books>
- García, G., Ramírez E., M. Hernández., H. Orozco., L. Hernández y J. Jiménez. 2013. Brucelosis: condición socioeconómica familiar y calidad de vida en dos zonas contrastantes del estado de Tlaxcala, México. *Estud. Soc México*. 21:239-259,
- García, G., J. E. Ramírez, M. Hernández, L. M. Hernández, E. Díaz y H. Orozco. 2014. Análisis de riesgo de la brucelosis en el estado de Tlaxcala. *Salud Pública de México* 56(4): 355-362
- Guzmán-Hernández, R., A. Contreras-Rodríguez., E. Ávila-Calderón, y M. Morales-García. 2013. Brucelosis: zoonosis de importancia en México. *Rev. Chilena Infectol*. 33: 656-662
- Hernández, Carbajal G. R. 2016. Zoonosis (Brucelosis, Leptospirosis, Salmonelosis) asociadas a procesos febriles en humanos en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Hernández, C. G., D. M. Herrera., V. T. Pardío., R. Q. Castro., J. F. Morales., K. M. López. *et al.* 2018. Identificación de *Brucella abortus* a partir de queso fresco artesanal de vaca en Veracruz, México. *AGROCIENCIA*. 52:55-66
- López, A., R. Migranas, A. Pérez, C. Magos, B. Salvatierra, R. Tapia *et al.* 1992. Seroepidemiología de la brucelosis en México. *Salud Pública de México*. 34(2), 230-240
- López, H., Fonseca J., I. Osuna., C. Rendón J., J. Uribe M y C. Hernández. 2008. Detección de brucelosis humana en pacientes de Sinaloa, México, en 2006. *Salud Pública de México*. 50(4): 274-275
- Lusk, T. S., E. Strain y A. Kase J. 2013. Comparison of six commercial DNA extraction kits for detection of *Brucella neotomae* in Mexican and Central American-style cheese and other milk products. *Food Microbiol*. 34(1): 100-105



- Martínez, A., J. L. Ortega., M. Cervantes., N. Urtiz., S. I. Hernández y J. Alba J. 2017. Contaminación por *Brucella* sp. e incumplimiento en medidas de saneamiento básico en la producción de lácteos. ENF INF MICROBIOL. 37 (4): 128-132
- NOM-243- SSA1-2010. Secretaría de Salud y Asistencia SSA. 2012. Productos y servicios.
- Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2018. Indicadores de la Campaña Nacional contra la Brucelosis en los animales. Ciudad de México.
- <https://www.gob.mx/senasica/documentos/indicadores-de-la-campana-nacional-contrala-brucelosis-en-los-animales> [consultado el 13 de agosto de 2019]
- Serra, J. y Godoy P. 2000. Incidencia, etiología y epidemiología de la brucelosis en un área rural de la provincia de Lleida. Rev Esp Salud Pública. 74: 45-53
- SIAP SAGARPA. Boletín de leche. 2016. Ciudad de México. [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119412/B\\_de\\_Leche\\_abril-junio\\_2016\\_.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119412/B_de_Leche_abril-junio_2016_.pdf) [Consultado el 13 de agosto 2019]
- Pacheco, Hernández A. 1999. Identificación de factores de riesgo de brucelosis como zoonosis en la república mexicana. Tesis de maestría. Escuela Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos.
- Páez O. 2017. Determinantes de la distribución de la población en edad de trabajar: un estudio de cambios y continuidades en tres cohortes de mexicanas. International Journal Of Statistics And Geography. 8 (1): 9
- Pardío, S.V., G. R. Hernández., D. I. Martínez., H. Vivanco, A. López y J. C. Huerta. 2016. Brucellosis among Hospitalized Febrile Patients in Veracruz City, México: Food Safety Implications. p. 652 In: AFP's 5<sup>th</sup> Latin American Symposium in Food Safety 7<sup>th</sup> Food Science, Biotechnology and Safety Meeting. Cancún, Quintana Roo, México.
- Rocha, J. 2016. Brucelosis espinal. Acta Med. Grupo Ángeles. 14 (4):
- Vasek, O., R. Cabrera., J. Coronel G., S. Giori G. y J. Fusco A. 2004. Análisis de riesgos en la elaboración de queso artesanal de corrientes -(Argentina). FACENA. 20:13-22



- Villanueva, M., I. Martínez D., A. Peniche., A. López., J. Rosas T., A. Morales. *et al.* 2010. Uso de métodos bacteriológicos convencionales y PCR para identificar *Brucella* spp. en quesos frescos. p. 49. *In: XXIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y II del Trópico Mexicano.* Veracruz, México.
- Villanueva, M., D. I. Martínez H, A. Peniche C., A. López M., T.J. Rosas S., A. Morales E., *et al.* 2011. Presencia de *Brucella* ssp. en quesos frescos elaborados con leche sin pasteurizar en Veracruz, Méx. *In: VII Congreso Internacional De Epidemiología.* San Andrés Cholula, Puebla.
- Villegas A. y F Cervantes. 2011. La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. *Estudios Sociales.* 38:147-164





## SEROPREVALENCIA DE LEPTOSPIROSIS OVINA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Blanca Lilia Gabriel Véjar<sup>197</sup>, David Itzcoatl Martínez Herrera<sup>197\*</sup>, Dinora Vázquez Luna<sup>198</sup>,  
José Alfredo Villagómez Cortés<sup>197</sup>, Jorge Issac Torres Barranca<sup>199</sup>, Otto Leyva Ovalle<sup>200</sup> y  
Patricia Meléndez Valadez<sup>199</sup>

### Resumen

La leptospirosis es una zoonosis endémica en México causada por una bacteria del género *Leptospira*, la cual es multi hospedera porque afecta al humano, así como a animales silvestres y domésticos, entre ellos los ovinos, especie en la que disminuyen los índices productivos y reproductivos. Veracruz es el tercer estado con mayor inventario ovino, pero las condiciones en las que los borregos se crían carecen de medidas de bioseguridad adecuadas y se desconoce si existe leptospirosis y cuál es su importancia, por lo que se realizó el presente estudio para determinar la seroprevalencia de leptospirosis en ovinos de 13 municipios en tres regiones del estado de Veracruz, mediante la técnica de aglutinación microscópica (AM). El tamaño de muestra se calculó con el programa en línea Win Episcopé para una prevalencia estimada de 50%. Las unidades de producción (UP) y los ovinos por UP por municipio se calcularon por conglomerados de acuerdo con Cannon y Roe, obteniendo cinco y seis, respectivamente. Para calcular la seroprevalencia se utilizó el programa en línea Vassarstats. Se colectaron 405 sueros de ovinos. La prevalencia general fue de 53.83% (IC<sub>95%</sub>: 48.84-58.75), por municipio 100% (IC<sub>95%</sub>: 71.66-100) y por rebaño 92.73% (IC<sub>95%</sub>: 81.58-97.65). La seroprevalencia más alta por región fue 58.82% (IC<sub>95%</sub>: 50.57-66.62) para los Tuxtlas y por municipio 86.36% (IC<sub>95%</sub>: 71.95-94.33) para Ángel R. Cabada. La seroprevalencia de leptospirosis ovina se incrementó con la edad, de 51.95% (IC<sub>95%</sub>: 40.34-63.36) en el grupo de 4 - 12 meses a 60% (IC<sub>95%</sub>: 27.37-

<sup>197</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

<sup>198</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria.

<sup>199</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Laboratorio de *Leptospira* y leptospirosis.

<sup>200</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.



86.31) en el grupo mayor de 49 meses, si bien no se apreció diferencia estadística ( $p=0.937$ ). La seroprevalencia de leptospirosis ovina por sexo fue de 53.7% (IC<sub>95%</sub>: 48.11-59.21) en las hembras y de 54.32 (IC<sub>95%</sub>: 42.92-65.3) ( $p = 0.921$ ) en los machos. La seroprevalencia de leptospirosis ovina por estado productivo fluctuó entre 40.74% (IC<sub>95%</sub>: 23.01-60.99) para lactantes y 57.14 % (IC<sub>95%</sub>: 20.24-88.19) para destetados, sin diferencia estadística entre los grupos ( $p=0.847$ ). Se concluye que la leptospirosis ovina se encuentra presente en el estado de Veracruz con una prevalencia más alta a la esperada.

**Palabras clave:** *Leptospira*, aglutinación microscópica, unidad de producción, zoonosis

## Introducción

En México, la ovinocultura produce 8´792,663 cabezas y Veracruz es el tercer estado con mayor producción con 670,954 de ovinos (SIAP, 2016). A pesar de esto, las condiciones en las cuales se practica la ovinocultura no son las ideales y ello determina que las ovejas sean susceptibles a diferentes enfermedades infecciosas. Se ha reconocido seropositividad de los borregos a la leptospirosis en diferentes países, si bien se considera que esta especie es muy resistente a esta infección, la cual pueden adquirir a través de orina de roedores u otros animales, o por contacto con cuerpos de agua contaminada con *Leptospira* spp. (Carvalho *et al.*, 2014). También se menciona la transmisión venérea debido al hecho de que se ha identificado ADN de *Leptospira* spp. en semen y fluidos vaginales de ovinos, que desde el punto de vista epidemiológico la hace una enfermedad endémica de las unidades de producción donde se presenta (Figueiredo *et al.*, 2018). El periodo de incubación varía entre 5 y 14 días, con un máximo de 21. Con respecto al ambiente, los factores que aseguran la supervivencia de esta bacteria en el medio son la neutralidad del pH del suelo, las lluvias, y temperaturas templadas; en aguas estancadas, puede llegar a sobrevivir de 5 a 7 semanas (Odriozola, 2001). Por otra



parte, los signos clínicos que se pueden presentar son: abortos, mortinatos, nacimiento de animales débiles y muerte perinatal en estados crónicos. En estados agudos se aprecia anorexia, depresión, fiebre, polipnea, diarrea, constipación, enfermedad hemolítica, hemoglobinuria, anemia, ictericia, claudicación o solo baja súbita de la producción de leche que conduce a la muerte de corderos (Pedroza, 2010), y esto se traduce en pérdidas económicas. Por ello se han realizado estudios que demuestran la presencia de este agente etiológico en diferentes áreas de producción de ovinos a nivel nacional en las que se han determinado prevalencias en estados como Tamaulipas (Cruz y González, 2009) y Guanajuato (Luna *et al.* 2008); sin embargo, en el estado de Veracruz no se conoce un estudio sobre esta condición en los ovinos, por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la seroprevalencia de leptospirosis ovina de 13 municipios en tres regiones del estado de Veracruz, mediante la técnica de aglutinación microscópica.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

Las muestras sanguíneas para la obtención de suero de ovinos se recolectaron de diferentes UP en 13 municipios de tres áreas con vocación para la producción de ovinos del estado de Veracruz y que corresponden a la Región del Totonacapan, ubicada en la zona norte del estado y que comprende los municipios de Papantla, Coatzintla, Tihuatlán y Gutiérrez Zamora, los cuales tienen una altitud que varía entre los 20 y 180 msnm., clima cálido regular y temperaturas promedio que oscilan entre 20.8 y 25.5 °C; en la Región de Capital que se ubica en la zona centro de la entidad veracruzana y que integra los municipios de Emiliano Zapata, Altotonga, Ayahualulco, Jalacingo y Perote, hay una altitud que varía entre 180 y 2,060 msnm., clima que va desde cálido-regular hasta frío-seco-regular, y temperaturas promedio que oscilan entre 10 y 25.2 °C; la Región de Los Tuxtlas se ubica en la zona sur del estado que corresponde a los municipios de Catemaco, Ángel R. Cabada, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla con altitudes que varían de 10 hasta 340 msnm., con



clima cálido-húmedo-regular y temperaturas promedio que oscilan entre 23 y 25.3 °C.

### **Tamaño de muestra y muestreo**

El tipo de estudio fue transversal polietápico y estratificado. El tamaño de muestra se calculó con el programa en línea Win Episcopo (Thrusfield, 2005), bajo la modalidad de “estimar porcentajes” para una prevalencia estimada de 50%, error de 5% y 95% de confianza, obteniendo un tamaño de muestra mínimo de 385 animales. El número de UP a ser muestreadas, se estimó por conglomerados de acuerdo con la tabla de valores propuesta por Cannon y Roe (1982), que proporciona la cantidad de UP necesarias para conocer la presencia de la enfermedad y el número de animales que deben de muestrearse en cada una a partir de una muestra general, obteniéndose un total de cinco UP por municipio y seis ovinos por UP, para un total de 405 muestras séricas colectadas.

La obtención de las muestras sanguíneas se realizó por punción de la vena yugular con tubos al vacío sin anticoagulante que se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, donde se centrifugaron por 15 minutos a 1,000 g x minuto para extraer el suero. Una vez separados, se almacenaron en tubos cónicos tipo Eppendorf® en congelación a -20°C.

### **Técnica diagnóstica**

El diagnóstico se realizó en el Laboratorio de Leptospira y Leptospirosis de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, mediante la técnica de aglutinación microscópica (AM), según lo recomendado por las normas internacionales (World Health Organization, 2003). Se realizaron diluciones dobles seriadas de cada suero que iniciaron con 1:50, se consideraron positivos aquellos que en una dilución 1:50 presentaron al menos 50% de aglutinación. Para la confrontación de los sueros se utilizaron como antígenos, tres aislamientos nacionales, cepas caracterizadas en el Departamento de Agricultura de EE UU, en Ames Iowa: Hardjopratiño cepa H-89, Portland vere cepa Sinaloa e





Icterohaemorrhagiae cepa Palo Alto y nueve serovariedades internacionales: *L. interrogans* Icterohaemorrhagiae, *L. interrogans* Pyrogenes, *L. interrogans* Grippotyphosa, *L. interrogans* Canicola, *L. interrogans* Pomona, *L. interrogans* Hardjo, *L. interrogans* Wolffi, *L. interrogans* Tarassovi y *L. interrogans* Bratislava, provenientes de la Unidad de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica de WHO/FAO/OIE-Collaborating Center for Reference and Research on Leptospirosis, Australia and Western Pacific Region, Queensland, Australia.

### Análisis y presentación de resultados

El cálculo de las seroprevalencias (general, por municipio, por UP, edad y estado productivo) se realizaron de acuerdo con lo establecido por Thrusfield (2005) con el software en línea Vassarstats, en donde además se obtuvieron los intervalos de confianza al 95% (IC<sub>95%</sub>) bajo corrección de la continuidad en el menú de cálculo de proporciones. Las variables municipio, región, sexo, edad y estado productivo fueron analizadas mediante prueba de chi-cuadrada.

### Resultados y discusión

De los 405 sueros de ovinos recolectados se obtuvo una prevalencia general de 53.83% (IC<sub>95%</sub>, 48.84-58.75), por municipio 100% (IC<sub>95%</sub>, 71.66-100) y de rebaño 92.73% (IC<sub>95%</sub>, 81.58-97.65) como se aprecia en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Seroprevalencia general de leptospirosis ovina, por municipio y por rebaño en el estado de Veracruz.**

Variable	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
General	218	405	53.83	48.84-58.75
Municipio	13	13	100	71.66-100
Rebaño	51	55	92.73	81.58-97.65

En Soto la Marina, Tamps. se realizó un estudio de leptospirosis en ovinos donde se encontró una frecuencia de 6%, porque seis sueros de 100 analizados resultaron positivos en la prueba de AM (Cruz y González, 2009). También Luna *et al.* (2008)



encontraron una seroprevalencia de leptospirosis de 56% en ovinos del municipio de Irapuato, Guanajuato con la misma prueba, similar a la general que se obtuvo para este trabajo en las tres regiones del estado de Veracruz. También en el estado de Piauí, Brasil, se realizó un estudio para determinar la seroprevalencia de leptospirosis en ovinos y se observó que 50.5% de 336 ovejas analizadas resultaron positivas (Campos *et al.*, 2017), tasa que coincide con la encontrada en la presente investigación al considerar el IC<sub>95%</sub>. Por otra parte, Carvalho *et al.* (2014) mencionan que la infección por leptospirosis tiene una amplia distribución en el municipio de Maranhão, Brasil donde se encontró seropositividad en 30 de 37 rebaños que corresponde a una seroprevalencia de rebaño de 81% (IC<sub>95%</sub>, 64.3 – 91.4), y que es similar al presente estudio, porque la presencia de leptospirosis se encuentra en 51 de 55 rebaños analizados (92.73%; IC<sub>95%</sub>: 81.58-97.65).

La seroprevalencia por región resultó más alta en la región de los Tuxtlas con 58.82% (IC<sub>95%</sub>:50.57-66.62) que en las otras dos regiones (Cuadro 2), aunque sin encontrar diferencia estadística ( $p = 0.175$ ).

### **Cuadro 2. Seroprevalencia (%) de leptospirosis ovina por región en el estado de Veracruz.**

Región	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia	IC <sub>95%</sub>
Totonacapan	29	68	42.65	30.93-55.2
Tuxtlas	90	153	58.82	50.57-66.2
Capital	99	184	53.8	46.32-61.12
Total	218	405	53.83	48.84-58.75

Chi-Sq = 4.957, DF = 3,  $p = 0.175$

Arteaga *et al.*, (2015), en una región montañosa de México, obtuvieron una seroprevalencia de leptospirosis ovina de 54.5% (IC<sub>95%</sub>:48.3-60.7), dato que resulta muy similar a la seroprevalencia general encontrada para las tres regiones de este trabajo, y que se asemeja también a la seroprevalencia de las regiones Tuxtlas y Capital

Los 13 municipios fueron seropositivos a leptospirosis. Ángel R. Cabada fue el municipio con la seroprevalencia más alta, 86.36% (IC<sub>95%</sub>:71.95-94.33) y Papantla el de



la prevalencia más baja con 28.13% (IC<sub>95%</sub>: 14.4-46.98), encontrándose diferencia estadística entre los municipios ( $p = 0.001$ ).

**Cuadro 3. Seroprevalencia de leptospirosis ovina por municipio en el estado de Veracruz.**

Municipio	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
Papantla	9	32	28.13	14.4-46.98
Tihuatlan	9	16	56.25	30.55-79.25
Coatzintla	5	7	71.43	30.26-95.84
Gtz. Zamora	6	13	46.16	20.4-73.88
Catemaco	21	37	56.76	39.65-72.50
Ángel R. Cabada	38	44	86.36	71.95-94.33
San Andrés Tuxtla	18	32	56.25	37.88-73.16
Santiago Tuxtla	13	40	32.5	19.07-49.24
Perote	14	38	36.84	22.29-54.0
Altotonga	18	37	48.65	32.24-65.34
Ayahualulco	33	41	80.49	64.64-90.32
Jalacingo	19	36	52.78	35.74-69.24
Emiliano Zapata	15	32	46.88	29.51-64.97
Total	218	405	53.83	48.84-58.75

Chi-Sq = 53.163, DF = 12,  $p = 0.0001$

Un estudio similar al presente, demostró que la seroprevalencia de leptospirosis caprina por municipio en el estado de Veracruz fue de 100%, porque los 14 municipios analizados tuvieron al menos un animal positivo a leptospirosis (Peña, 2011), de la misma manera que lo observado para este trabajo, puesto que en los 13 municipios seleccionados se encontraron ovejas que reaccionaron a la prueba de Aglutinación Microscópica.

La seroprevalencia por sexo en los ovinos muestreados fue 54.32% (IC<sub>95%</sub>:42.92-65.3) en los machos y que aparenta ser más alta que en las hembras (Cuadro 4) pero sin diferencia estadística ( $p = 0.921.175$ ); sin embargo, la proporción de animales muestreados no es igual entre sexos en las UP y aunque las seroprevalencias se expresan en tasas, posiblemente se encuentren pequeñas diferencias que el IC<sub>95%</sub> discrimina con facilidad.



**Cuadro 4. Seroprevalencia de leptospirosis ovina por sexo en unidades de producción del estado de Veracruz.**

Sexo	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia	IC <sub>95%</sub>
Hembras	174	324	53.7	48.11-59.21
Machos	44	81	54.32	42.92-65.3
Total	218	405	53.83	48.84-58.75

Chi-Sq = 0.010, DF = 1, P-Value = 0.921

Los resultados demuestran que los grupos de edades mayores no son más vulnerables a presentar la enfermedad (Cuadro 5), si bien en el grupo de mayores de 49 meses de edad se observó la seroprevalencia mas alta (60%), también es verdad que ese grupo de animales tiene un mayor riesgo a exponerse a los agentes infecciosos tan solo por su permanencia más prolongada dentro de las UP como lo menciona Freire (2004), así como otras enfermedades infecciosas de tipo bacteriano como la brucelosis considerada también como una enfermedad de animales adultos en pequeños rumiantes (Crespo, 1994). Levett (2001) menciona que la infección por lo general se adquiere a una edad temprana y la prevalencia de excreción crónica de leptospiras en la orina aumenta con la edad del animal.

**Cuadro 5. Seroprevalencia de leptospirosis ovina por edad en unidades de producción del estado de Veracruz.**

Edad (meses)	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia	IC <sub>95%</sub>
4 - 12	40	77	51.95	40.34-63.36
13 - 24	50	98	51.02	40.78-61.18
25 - 36	58	105	55.24	45.24-64.85
37 - 48	64	115	55.65	46.1-64.81
>49	6	10	60	27.37-86.31
Total	218	405	53.83	48.84-58.75

Chi-Sq = 0.812, DF = 4, P-Value = 0.937

Al hacer el análisis de acuerdo con la etapa productiva, se encontró una seroprevalencia más alta en el grupo de los destetados, 57.14% (IC<sub>95%</sub>:20.24-88.19), seguida por el grupo de las primas 55.00% (IC<sub>95%</sub>:32.05-76.17) (Cuadro 6). Estas etapas en la vida de las ovejas suelen considerarse las más susceptibles a las enfermedades, por lo que son más propensas a enfermar de leptospirosis, entre otras (Tizard, 2000).





**Cuadro 6. Seroprevalencia de leptospirosis ovina por estado productivo en unidades de producción del estado de Veracruz.**

Estado productivo	Positivos	Muestreados	Seroprevalencia	IC <sub>95%</sub>
Primalas	11	20	55.00	32.05-76.17
Gestantes	74	135	54.81	46.03-63.31
Lactantes	11	27	40.74	23.01-60.99
Sementales	44	81	54.32	42.92-65.3
Destetados	4	7	57.14	20.24-88.19
Vacías	74	135	54.81	46.03-63.31
Total	218	405	53.83	48.84-58.75

Chi-Sq = 2.016, DF = 5, P-Value = 0.847

## Conclusiones

1. Se encontró una seroprevalencia de leptospirosis ovina de 53.83% en las tres regiones estudiadas: Totonacapan, Tuxtlas y capital del estado de Veracruz.

## Agradecimientos

Al MVZ Luis Pedro Moles y al personal del Laboratorio de Leptospira y leptospirosis de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco por permitir realizar el diagnóstico de Aglutinación Microscópica en los sueros.

## Literatura citada

Arteaga, T. G., J. M. Jiménez E., R. Montes de Oca J., M López H., M. Luna A., L. Hernández A. *et al.* 2015. Seroprevalence and risk factors associated with within-flock transmission of *Leptospira interrogans* in transhumant farming systems in Mexico. *Epidemiology & Infection*. 143(13): 2894-2902. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268814003549>



- Campos, A. P., D. F. H. Miranda, H. W. S. Rodrigues, M. da Silva C. L., G. H. Chaves M., A. L. B. Mineiro, *et al.*, 2017. Seroprevalence and risk factors for leptospirosis in cattle, sheep, and goats at consorted rearing from the State of Piauí, northeastern Brazil. *Tropical Animal Health Production*. 49(5):899-907.
- Cannon, R. M and R. Roe T. 1982. *Livestock disease surveys. A field manual for veterinarians*. Bureau of Resource Science, Department of Primary Industry. Aust. Gov. Publ. Serv. Canberra.
- Carvalho, S. M., A. L. Mineiro, V. Castro, M. E. Genovez, S. Santos A., F. Costa. 2014. Leptospirosis seroprevalence and risk factors for sheep in Maranhão state, Brazil. *Tropical Animal Health Production*. 46:491-494.
- Crespo, L. F. 1994. *Brucelosis ovina y caprina*. Organisation International des Epizooties. Paris, Francia. 451 pp.
- Cruz, R. Z. y E. González C. 2009. Anticuerpos antileptospira en ovinos en una región endémica de leptospirosis bovina. Tesis de licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México. D. F. p. 19.
- Figueiredo, da C. D., C. Rodrigues S., G. Martins, A. F. Medeiros D., M. Almeida M., S. Santos A., *et al.* 2018. Susceptibility among breeds of sheep experimentally infected with *Leptospira interrogans* Pomona serogroup. *Microbial Pathogenesis* 122:79-83.
- Freire, M. M. 2004. Levantamento serológico para leptospirose em caprinos de municípios de Estado de Sao Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 43 p.
- Levett, P. N. 2001. Leptospirosis. *Clin Microbiol Rev*. 14(2): 296-326. DOI: [10.1128/CMR.14.2.296-326.2001](https://doi.org/10.1128/CMR.14.2.296-326.2001)
- Luna, A. M. A., E. Santos M., G. Socci E., E. Herrera L., V. M. Banda R., I. Hernández O. *et al.* 2008. Primeras observaciones realizadas con una vacuna experimental para el control de la leptospirosis ovina en Irapuato, Guanajuato. p. 192. *In: Memoria del XXXII Congreso Nacional de Buiatría, AMVVEB*. Veracruz, México.
- Odriozola, E. 2001. Leptospirosis. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. INTA. Recuperado de: [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/enfermedades\\_reproduccion/62-leptospirosis.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/62-leptospirosis.pdf)



- Pedroza, P. D. 2010. Leptospirosis en ovinos. Desplegable Técnico No. 24. SAGARPA. INIFAP. CIRN Campo Experimental Costa. Hermosillo. Sonora. México. Recuperado de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1581/Leptospirosis%20en%20ovinos.pdf?sequence=1>
- Peña, R. J. A., D. I. Martínez H., D. Romero S., V. T. Pardío S., J. A. Villagómez C., J. V. Ornelas C., et al. 2011. Seroepidemiología de la leptospirosis caprina en la zona centro del estado de Veracruz. 497. I: Memoria del XXIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y III del Trópico Mexicano 2011. Veracruz, México.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. Ovino población ganadera 2007-2016 Cabezas. México.
- Thrusfield, M. 2005. Veterinary epidemiology. Blackwell Science, Oxford, England. 600 p.
- Tizard, I. 2000. Veterinary Immunology. An Introduction. WB Saunders Company. Philadelphia, USA. pp. 112-214.
- World Health Organization. 2003. Human leptospirosis: Guidance for diagnosis, surveillance and control. Malta: World Health Organization. 122 p.



## SEROPREVALENCIA DE PARATUBERCULOSIS OVINA EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL ESTADO DE VERACRUZ

Rebeca Isabel Vergara Reyes<sup>201</sup>, David Itzcoatl Martínez Herrera<sup>201\*</sup>, Mauricio Luna Rodríguez<sup>201</sup>, Argel Flores Primo<sup>201</sup>, Guillermo Mendoza Cervantes<sup>201</sup>, Wendy Sangabriel Conde<sup>201</sup> y José Alfredo Villagómez Cortés<sup>201</sup>

### Resumen

La paratuberculosis (PTB) ovina o enfermedad de Johne es una enteritis crónica y granulomatosa que produce importantes pérdidas económicas a nivel mundial. Se caracteriza por emaciación progresiva de los animales afectados, la mayoría de los cuales no presenta signos clínicos, pero porta el agente causal, *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* (MAP). Las cepas de MAP infectan rumiantes y animales silvestres que mantienen y diseminan al patógeno entre los rebaños. Aunque en la actualidad la enfermedad de Johne no se considera una zoonosis, se ha vinculado a MAP con la enfermedad de Crohn en humanos. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia serológica de PTB en 13 municipios de las tres regiones con mayor vocación para la ovinocultura en el estado de Veracruz. La región del Totonacapan en el norte, incluye los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Tihuatlán y Coatzintla; la región de Capital, en el centro comprende los municipios de Altotonga, Jalacingo, Perote, Ayahualulco y Emiliano Zapata; la región de Los Tuxtlas, en la zona sur abarca los municipios de Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla, Catemaco y Ángel R. Cabada. El tamaño mínimo de muestra se calculó con el programa en línea Win Episcopy para una prevalencia de 50%. Los criterios de inclusión fueron hembras mayores a 3 meses de edad y los machos utilizados como sementales. Los animales fueron seleccionados al azar para la obtención de las muestras por punción de la vena yugular con tubos sin anticoagulante al vacío, se transportaron a la Posta Zootécnica Torreón del Molino

---

<sup>201</sup> Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Veracruzana \*[dmartinez@uv.mx](mailto:dmartinez@uv.mx)





para la separación del suero y su posterior análisis en serie por medio de kits comerciales de ELISA indirecta. Se muestrearon 414 animales distribuidos en 55 unidades de producción (UP). Las seroprevalencias general, de municipio y de rebaño fueron 0.9, 23.07 y 5.45%, respectivamente. Se concluye que, aunque estas seroprevalencias son menores que las observadas en otras entidades de México y otros países donde se practica la ovinocultura, las características y el impacto de la enfermedad en el ganado ovino requieren profundizar en la situación epidemiológica de esta patología en la entidad Veracruzana.

**Palabras clave:** ovinocultura, enteritis granulomatosa, ELISA

## Introducción

Se estima que alrededor de 33 millones de personas en Latinoamérica se dedican al sector agropecuario, y por ello también es importante investigar enfermedades que además de tener impacto negativo en la economía al disminuir la producción, pueden afectar la salud pública (Espeschit *et al.*, 2017). La paratuberculosis (PTB) o enfermedad de Johne es una enteritis granulomatosa y contagiosa de distribución mundial, que ocasiona importantes pérdidas económicas como consecuencia de emaciación progresiva en ganado bovino, ovino y caprino (Kawaji *et al.*, 2011; Marquetoux *et al.*, 2018). Esta enfermedad es causada por la bacteria *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* (MAP), que se ha especulado desarrolla la enfermedad de Crohn en el humano (Rathnaiah *et al.*, 2017) pese a que en la actualidad no se ha establecido una asociación definitiva entre el agente y esa patología (Chiodini *et al.*, 2012; Richi *et al.*, 2016; Garvey, 2018; Hamid *et al.*, 2018).

Las pérdidas económicas por enfermedad de Johne en Estados Unidos se estimaron en 1.5 billones de dólares para el año 2010 (Everman *et al.*, 2015). La prevalencia de PTB en unidades de producción se ha estimado en 66.8% para Canadá (Bauman *et al.*, 2017), y entre 5-15% para Australia (Gillan *et al.*, 2010). En este último país se han implementado inclusive programas de vigilancia epidemiológica



que permiten a los productores comercializar ovejas libres de PTB, así como reemplazar animales infectados en UP que se encuentran en fase de erradicación (Sergeant *et al.*, 2002). Para aceptar la comercialización de animales y sus derivados, muchos países requieren de una certificación libre de PTB (Kalis *et al.*, 2004); sin embargo, la falta de conocimiento de la enfermedad y de la aplicación de medidas zoonosanitarias adecuadas imposibilita la exportación de productos pecuarios provenientes de naciones que carecen del control de PTB, como es el caso de los países latinoamericanos, entre los que se encuentra México, en donde no existe registro de las pérdidas económicas ocasionadas por ésta, ni de las cepas de MAP más frecuentes (Espescht *et al.*, 2017).

*Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* fue identificado por primera vez en células de una vaca con gastroenteritis crónica (Garvey, 2018) y desde entonces, se ha comprobado que no solo afecta a rumiantes domésticos (ganado bovino, ovejas y cabras), sino también a diversas especies silvestres como conejos, zorros y venados (Stevenson, 2015). En la actualidad, las cepas de MAP se clasifican de acuerdo con sus características de crecimiento, hospedador y patogenicidad: las Tipo I/III o S (del inglés sheep-oveja) y las Tipo II o C (del inglés cattle-ganado bovino) (Bauman *et al.*, 2017). El aislamiento de las cepas Tipo I/III sugiere afinidad por ovejas y cabras (pueden presentarse en otras especies); por otro lado, las cepas Tipo II se han sido identificado en ganado bovino, aunque también afectan ovejas y cabras (Fernández *et al.*, 2014). La mayoría de los antibióticos tienen escaso o nulo efecto sobre MAP, por lo que no existe un tratamiento efectivo para hacerle frente (McNees *et al.*, 2015; Garvey, 2018). La vía de contagio más común de PTB es la fecal-oral, donde el bacilo se excreta en las heces de los animales enfermos y se transmite a otros animales al ingerir agua, alimentos y pastura contaminadas (Jaimes *et al.*, 2008), También puede transmitirse por el calostro y la leche (Rathnaiah *et al.*, 2017). El diagnóstico temprano de la enfermedad de Johne es fundamental para prevenir su diseminación y, a pesar de que existen diferentes herramientas como el ensayo inmunoenzimático (ELISA por sus siglas en inglés), en la actualidad el aislamiento bacteriológico a partir de heces continúa aún como la “prueba de oro” para identificar al patógeno, pero tiene la desventaja de que el tiempo de incubación



recomendado para el cultivo es demasiado prolongado, porque toma hasta 8 meses (Bauman *et al.*, 2017; Rathnaiah *et al.*, 2017). En el presente, existen pocos estudios acerca de PTB en México: MAP se ha identificado en unidades de producción ovina en Guanajuato, Jalisco y México (Jaimes *et al.*, 2008) y la seroprevalencia de PTB en San Luis Potosí se ha estimado en 9.48% (Morón, *et al.*, 2013); no obstante, no hay información publicada acerca de las condiciones de la enfermedad en el estado de Veracruz. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de PTB a través de serología en 3 zonas principales que agrupan a 13 municipios de la entidad veracruzana donde se practica la ovinocultura.

## **Materiales y métodos**

### **Sitio de estudio**

El muestreo se realizó en 13 municipios de cuatro Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de la Delegación estatal de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en Veracruz distribuidos en tres regiones de la entidad veracruzana, por considerarse los de mayor vocación en la producción de ovinos. La Región Totonaca se ubica en los DDR 02 Tuxpan y DDR 03 Martínez de la Torre, en el norte del estado de Veracruz, se integra por los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Tihuatlán y Coatzintla y cuenta con 6.1% de la población ovina estatal, un rango de altitud de 20 a 180 msnm y temperatura promedio que oscila entre 20.8 y 25.5 °C.

La Región Capital corresponde al DDR 04 Coatepec en el centro del estado e incluye los municipios de Altotonga, Jalacingo, Perote, Ayahualulco y Emiliano Zapata, contiene 15.1% del inventario ovino en Veracruz; cuenta con un rango de temperatura promedio de 10.0 a 25.2 °C y altitud que varía entre 180 y 2,060 msnm. La Región, Los Tuxtlas se encuentra en el área de influencia del DDR 09 San Andrés Tuxtla, en la zona sur del estado y comprende los municipios de Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla, Catemaco y Ángel R. Cabada, con 2.1% del inventario ovino estatal y una altitud que varía de 10 hasta 340 msnm y temperatura de 23 a 25.3 °C. En



conjunto, las tres áreas de estudio representan 23% del total de los rebaños en Veracruz (SIPROVER, 2014).

### **Diseño de estudio y tamaño de muestra**

El tipo de estudio fue transversal polietápico y estratificado. Las UP fueron seleccionadas al azar por conglomerados con el uso de las tablas de Cannon y Roe (1982), y como resultado se obtuvo un mínimo de 55 UP a muestrear. El tamaño de muestra se estimó con el programa en línea Win Episcopo (Thrusfield *et al.*, 2018) bajo la modalidad de "estimar porcentajes", a partir de 50% de seroprevalencia, 95% de confianza y 5% de error, se obtuvo un tamaño mínimo de muestra de 385 animales.

### **Muestreo y recolección de datos**

El muestreo se llevó a cabo entre agosto de 2018 y mayo de 2019. Los animales incluidos fueron ovejas de más de tres meses de edad, carneros y prospectos a sementales. Las muestras se obtuvieron por punción de vena yugular con tubos al vacío sin anticoagulante y se transportaron al Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Veracruzana, donde se centrifugaron a 1,000 g durante 15 minutos para separar el suero que se almacenó a -20 °C hasta su análisis serológico.

### **Análisis serológico**

Las muestras de suero sanguíneo se probaron en serie con kits comerciales de ELISA indirecto que puede usarse para suero, plasma y leche ("Institut Pourquier, POURQUIER® ELISA Paratuberculosis Antibody Screening and Antibody Verification", Francia). Esta modalidad de pruebas en serie tiene una sensibilidad absoluta entre 40.8 y 66% y una especificidad absoluta entre 99 y 99.8%, porque se basa en el principio de proveer el antígeno de *M. avium paratuberculosis* revestido a pocillos de microplacas de poliestireno y eliminar las reacciones cruzadas de las





muestras a probar diluyéndolas e incubándolas en una solución búfer que contiene un extracto de *M. phlei*.

Se realizó la adsorción de las muestras por *M. phlei*, mismas que fueron diluidas hasta una concentración de 1:20 para controles y sueros; se incubaron a 21 °C durante una hora. Después, se transfirieron a las microplacas de poliestireno de 96 pocillos revestidos del antígeno del *M. avium paratuberculosis*, a razón de 100 µL de controles y sueros. Se incubaron durante 45 minutos a 21 °C, para después lavarlas tres veces con solución búfer. Transcurridos 10 minutos, la reacción se detuvo con 100 µL de solución de frenado. De acuerdo con la metodología del ensayo, la lectura de absorbancia fue a 450 nm por medio de un lector de placas (ELx800 BioTek®) y la interpretación de los resultados se realizó con el programa XChék®.

### **Análisis estadístico**

Las seroprevalencias general, por municipio y de UP se calcularon con la fórmula propuesta por Thrusfield *et al.* (2018), en la cual se divide el número de sujetos reactivos confirmados por la prueba de ELISA entre el número total de sujetos muestreados con el programa en línea Vassarstats bajo la modalidad de proporciones, para obtener también los IC<sub>95%</sub>.

### **Resultados y discusión**

Se muestrearon 414 ovinos que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio, en las regiones Totonacapan, Capital y Tuxtlas del estado de Veracruz (Cuadro 1). La seroprevalencia general observada fue de 0.9% (IC<sub>95%</sub>: 0.03–2.82), que es menor a la identificada en San Luis Potosí por Morón *et al.*, (2013) de 9.48%; sin embargo, es importante resaltar que la prueba serológica utilizada en este último estudio fue Inmunodifusión en Gel de Agar (IDGA), que si bien es cierto que podría tener una sensibilidad mayor, adolece también de la capacidad para discriminar reacciones cruzadas contra otras micobacterias, como es el caso de la prueba de ELISA, que posee mucho mayor especificidad y más si se usa en serie (OIE, 2018).



**Cuadro 1. Seroprevalencia general de paratuberculosis ovina, por municipio y por rebaño en las principales cuencas de producción de Veracruz.**

Seroprevalencia	Muestreados	Animales positivos	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
General	414	4	0.9	(0.31–2.62)
Municipio	13	3	23.07	(6.16–54)
Rebaño	55	3	5.45	(1.41–16)

Asimismo, la seroprevalencia general observada en este estudio es menor al 15.1%  $\pm$ 7.3% determinada en las regiones productoras de ovinos en Italia (Attili *et al.*, 2011). Esta variación podría estar influida por el diseño de ese estudio en el que se incluyeron muestreos sistemáticos en las diferentes estaciones del año, y a que en esta infección existe un efecto “tempano”; es decir, solo algunos animales se pueden identificar a través de pruebas diagnósticas, pero el hacerlo es indicativo de que podrían existir muchos que actúan como eliminadores de MAP (OIE, 2018). Aunado a esto, Nielsen y Toft (2009) sugieren que la prueba ELISA no identifica animales que tengan menos de dos años infectados, debido a que no desarrollan anticuerpos contra MAP antes de ese lapso, y ello explicaría también porqué se observó una seroprevalencia baja en los municipios de las tres regiones del estado de Veracruz. Lo anterior apunta a que la paratuberculosis ovina podría representar una amenaza potencial, no solo para la producción, sino también para la diseminación del agente debido a la forma de presentación de la enfermedad, así como por las dificultades que entraña su rápida identificación, además de la posible implicación de riesgo de MAP en la salud pública. Aunque de manera restringida, se identificaron animales seropositivos en las tres regiones consideradas en el estudio: la seroprevalencia fue de 1.27% para los Tuxtlas, 1.47% para Totonacapan y 0.52% en Capital (Cuadro 2). Estas variaciones se pueden relacionar con diferencias climáticas y geográficas, entre estas, el rango entre la temperatura mínima (que en algunas zonas es de 10 °C), en contraste con la temperatura máxima (que es de 25.4 °C en algunas). Estas diferencias son similares a las observadas por Kumthekar *et al.* (2013) en distintas UP de ovinos en Granada (isla localizada en el mar Caribe) en las cuales se encontraron seroprevalencias de 0, 1.3 y 3.2%; sin embargo, ese estudio no describe las características de las regiones evaluadas.



**Cuadro 2. Seroprevalencia de paratuberculosis ovina en las regiones Tuxtlas, Totonacapan y Capital del estado de Veracruz.**

Región	Animales Muestreados	Animales positivos	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
Tuxtlas	157	2	1.27	(0.22-5)
Totonacapan	68	1	1.47	(0.07-9)
Capital	189	1	0.52	(0.02-3.36)

Se encontraron ovinos seropositivos solo en tres de los 13 municipios analizados: 5.71% en San Andrés Tuxtla, 6.25% en Tihuatlán y 2.77% en Jalacingo (Cuadro 3). Esta información es relevante, porque es la evidencia de la exposición al agente en los rebaños y esto se hace imprescindible para determinar si es conveniente aplicar medidas de control y erradicación (Barkema *et al.*, 2010). Por otro lado, el periodo de incubación de la enfermedad de Johne puede ser hasta de dos años, en los que los animales no presentan signos clínicos (Coelho *et al.*, 2007), pero eliminan al agente con las heces de manera intermitente y, así, contagian otros animales que consumen agua o pastura contaminada (Dukkipati *et al.*, 2016); estas condiciones refuerzan el efecto “iceberg o témpano”, porque cuando un animal presenta signos o resulta seropositivo a MAP, lo más probable es que la mayoría del rebaño esté contagiado y curse la fase subclínica de la enfermedad (OIE, 2018).

**Cuadro 3. Seroprevalencia (%) de paratuberculosis ovina en 13 municipios del estado de Veracruz.**

Municipio	Animales muestreados	Animales seropositivos	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
San Andrés Tuxtla	35	2	5.71	(0.99-20.52)
Tihuatlán	16	1	6.25	(0.32-32.28)
Jalacingo	36	1	2.77	(1.45-16.20)
Ángel R. Cabada	44	0	-	-
Ayahualulco	41	0	-	-
Santiago Tuxtla	40	0	-	-
Perote	38	0	-	-
Catemaco	38	0	-	-
Altotonga	37	0	-	-
Emiliano Zapata	37	0	-	-
Papantla	32	0	-	-
Gutiérrez Zamora	13	0	-	-
Coatzintla	7	0	-	-
Total	414	4	0.9	(0.31-2.62)



La seroprevalencia en sistemas de producción estabulados y de pastoreo fue de 5 y 0.83%, respectivamente (Cuadro 4), esta última es menor a 1.23% encontrado por Gianitti *et al.* (2018) en pastoreo extensivo en Colonia, Uruguay, en donde se identificaron animales con signos clínicos compatibles con enfermedad de Johne (emaciación, edema submandibular y diarreas intermitentes). La seroprevalencia encontrada también es menor al 48.6% identificado en sistemas de pastoreo de Apulia, Italia (Iarussi *et al.*, 2019); sin embargo, cabe resaltar que esta región es considerada la segunda mayor productora ovina de ese país y que el tamaño de muestra fue de 16,903 ovinos distribuidos en 419 unidades de producción.

**Cuadro 4. Seroprevalencia de paratuberculosis ovina por sistema de producción del estado de Veracruz.**

Sistema de producción	Animales muestreados	Animales positivos	Seroprevalencia (%)	IC <sub>95%</sub>
Estabulado	40	2	5	(0.87-1.82)
Semiestabulado	134	0	-	-
Pastoreo	240	2	0.83	(0.14-3.30)

## Conclusiones

1. La seroprevalencia general de PTB en ovinos del estado de Veracruz es 0.9% y se encontró presente en las tres regiones en estudio; 2. Si bien la distribución aparenta ser baja entre municipios y rebaños, podría ser indicativa de que en ellos existen muchos animales portadores de MAP, lo cual implica realizar mayor investigación.

## Literatura citada

Attili, A. R, A., V. Ngu Ngwa, S. Preziuso, L. Pacifici, A Domesi and V. Cuteri. 2011. Ovine Paratuberculosis: A seroprevalence study in dairy flocks reared in the Marche Region, Italy. *Veterinary Medicine International* 2011: 782-785. doi: [10.4061/2011/782875](https://doi.org/10.4061/2011/782875)





- Barkema, H.W., W. Hesselink J., L. McKenna S., G. Benedictus and H. Groenendaal. 2010. Global prevalence and economics of infection with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in ruminants. In: Behr, M.A., Collins, D.M. (eds.). Paratuberculosis: organism, disease, control. CAB International, Oxfordshire, pp. 10-17.
- Bauman, C. A., A. Jones B., C. Ahlstrom, L. Mutharia, J. De Buck, J. Jansen *et al.* 2017. Identification of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* strains isolated from dairy goats and dairy sheep in Ontario, Canada. Canadian Journal of Veterinary Research 81(4): 304-307.
- Cannon, R.M. and T. Roe R. 1982. Livestock disease survey: a field manual for veterinarians. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Chiodini, R. J., M. Chamberlin W., J. Sarosiek and W. McCallum R. 2012. Crohn's disease and the mycobacterioses: a quarter century later. Causation or simple association? Critical Reviews in Microbiology 38(1): 52-93.
- Coelho, A. C., L. Pinto M., S. Silva, M. Coelho A., J. Rodrigues, A. Juste R. 2007. Seroprevalence of ovine paratuberculosis infection in the Northeast of Portugal. Small Ruminant Research 71: 298-303.
- Dukkipati, V. S., L. Ridler A., G. Thompson K., M. Buddle B., A. Hedgespeth B., M. Price C., *et al.* 2016. Experimental infection of New Zealand Merino sheep with a suspension of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (Map) strain Telford: kinetics of the immune response, histopathology and Map culture. Veterinary Microbiology 195: 136-143.
- Espescht, I. F., G. G. Schwarz D., C. S. Faria A., C. C. Souza M., A. Paolicchi F., A. Juste R., *et al.* 2017. Paratuberculosis in Latin America: a systematic review. Tropical Animal Health and Production 49(8): 1557-1576.
- Everman, J. L., M. Eckstein T., J. Roussey J., P. Coussens, P. Bannantine J. and E. Bermudez L. 2015. Characterization of the inflammatory phenotype of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* using a novel cell culture passage model. Microbiology 161(7): 1420-1434.
- Fernández, S. J. A., N. M. Correa V. y F. Ramírez N. 2014. Systematic review of the prevalence of paratuberculosis in cattle, sheep, and goats in Latin America and the Caribbean. Tropical Animal Health and Production 46(8): 1321-1340.



- Garvey, M. 2018. *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*: A possible causative agent in human morbidity and risk to public health safety. *Open Veterinary Journal* 8(2): 172-181.
- Giannitti, F., M. Fraga, D. Caffarena R., O. Schild C., G. Banchemo, G. Armién A. *et al.* 2018. *Mycobacterium paratuberculosis* sheep type strain in Uruguay: Evidence for a wider geographic distribution in South America. *Journal of Infection in Developing Countries* 12(03): 190-195.
- Gillan, S., R. O'Brien, D. Hughes A. and F. T. Griffin J. 2010. Identification of immune parameters to differentiate disease states among sheep infected with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Clinical and Vaccine Immunology* 17(1): 108-117.
- Hamid, M. A., E. E. Mohammed G., O. Bakhiet A. and M. Saeed E. 2018. Histopathological and RT-PCR detection of *Mycobacterium paratuberculosis* in tissues of clinically suspected small ruminants. *International Journal of Life Sciences Scientific Research* 4(5):2012-2018. DOI: 10.21276/ijlssr.2018.4.5.8
- Iarussi, F., P. Paradies, R. Sardaro, G. Rubino, D. Scaltrito, E. Pieragostini *et al.* 2019. Epidemiology and risk factors of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in semi-extensive dairy sheep and goat farms of Apulia, southern Italy. *Small Ruminant Research* 177:89-96. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.06.016>
- Jaimés, N. G., A. S. Flores M., A. H. Cruz O., C. López D., C. G. Ruiz C., B. Arellano R. *et al.* 2008. Detection of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* by nested-PCR of ovine fecal samples. *Veterinaria México* 39(4): 377-386.
- Kalis, C. H. J., T. Collins M., W. Barkema H. and W. Hesselink J. 2004. Certification of herds as free of *Mycobacterium paratuberculosis* infection: actual pooled faecal results versus certification model predictions. *Preventive Veterinary Medicine* 65(3-4): 189-204.
- Kawaji, S., J. Begg D., M. Plain K. and J. Whittington R. 2011. A longitudinal study to evaluate the diagnostic potential of a direct faecal quantitative PCR test for Johne's disease in sheep. *Veterinary Microbiology* 148(1): 35-44.



- Kumthekar, S., J. Manning E., P. Ghosh, K. Tiwari, N. Sharma R. and H. Hariharan. 2013. *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* confirmed following serological surveillance of small ruminants in Grenada, West Indies. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 25(4): 527-530.
- Marquetoux, N., R. Mitchell, A. Ridler, C. Heuer, and P. Wilson. 2018. A synthesis of the patho-physiology of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* infection in sheep to inform mathematical modelling of ovine paratuberculosis. *Veterinary Research* 49(1): 27.
- McNees, A. L., D. Markesich, R. Zayyani N. and Y. Graham D. 2015. *Mycobacterium paratuberculosis* as a cause of Crohn's disease. *Expert Review of Gastroenterology and Hepatology* 9(12): 1523-1534.
- Morón, C. F. J., C. Cortez R., J. Gallegos S., B. Figueroa S., G. Aquino P. y A. Amante O. 2013. Prevalencia de la infección por *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* en rebaños de ovinos de dos municipios de San Luis Potosí, México. *Revista Científica* 23(4): 293-299.
- Nielsen, S. S. and N. Toft. 2009. A review of prevalences of paratuberculosis in farmed animals in Europe. *Preventive Veterinary Medicine* 88: 1-14.
- OIE. 2018. Paratuberculosis (Johne's Disease) Chapter 3.1.15. *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. Organisation International des Epizooties. Paris. Recuperado de: <https://www.oie.int/es/normas/manual-terrestre/acceso-en-linea/>
- Rathnaiah, G., K. Zinniel D., P. Bannantine J., R. Stabel J., T. Gröhn Y., T. Collins M. et al. 2017. Pathogenesis, molecular genetics, and genomics of *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis*, the etiologic agent of Johne's disease. *Frontiers in Veterinary Science* 4: 187. doi: [10.3389/fvets.2017.00187](https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00187)
- Ricchi, M., R. Savi, L. Bolzoni, S. Pongolini, R. Grant I., C. De Cicco et al. 2016. Estimation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* load in raw bulk tank milk in Emilia-Romagna Region (Italy) by qPCR. *Microbiologyopen* 5(4): 551-559. doi: [10.1002/mbo3.350](https://doi.org/10.1002/mbo3.350).
- Sergeant, E. S. G., J. Whittington R. and J. More S. 2002. Sensitivity and specificity of pooled faecal culture and serology as flock-screening tests for detection of ovine paratuberculosis in Australia. *Preventive Veterinary Medicine* 52(3-4): 199-211.



SIPROVER. 2014. Sistema Producto Especie Ovinos Veracruzano, A.C.  
<http://www.siprover.com.mx/informacion.html>

Stevenson, K. 2015. Genetic diversity of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis and the influence of strain type on infection and pathogenesis: a review. *Veterinary Research* 46(1): 64. doi: 10.1186/s13567-015-0203-2.

Thrusfield, M., R. Christley, H. Brown, J. Diggle P., N. French, K. Howe *et al.* 2018. *Veterinary Epidemiology* (4th edition). John Wiley & Sons. Hoboken, NJ.



# Forestal





## MODELO ALTURA-DIÁMETRO PARA CULMOS MADUROS DE *Guadua aculeata* E. Fourn. EN RODALES NATURALES DE PUEBLA MÉXICO

Casimiro Ordóñez Prado<sup>202\*</sup>, Juan Carlos Tamarit Urias<sup>202</sup>, Pedro Hernández Zaragoza<sup>203</sup> y  
Melchor Rodríguez Acosta<sup>204</sup>

### Resumen

En este trabajo se ajustaron modelos matemáticos altura total-diámetro normal para rodales naturales del bambú (*Guadua aculeata* E. Fourn.) de la Sierra Nororiental del estado de Puebla, México. Una muestra selectiva de 40 culmos maduros con pares de observaciones de altura total y diámetro normal fue utilizada en el estudio. Diez modelos utilizados comúnmente para la estimación de altura en árboles maderables fueron ajustados en bambú empleando el procedimiento PROC MODEL, del programa estadístico SAS® 9.3. El modelo propuesto por Wykoff fue el que mejor estimó las alturas de los culmos de bambú en función del diámetro normal, presentando un coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros ( $R^2$ ) de 0.75 y la raíz del cuadrado medio del error fue de 3.08 m, los parámetros fueron estadísticamente diferentes de cero, con un nivel de significancia de  $p < 0.0001$ . Los modelos matemáticos de relación altura-diámetro ayudarán en la estimación de la altura de culmos de *Guadua aculeata* E. Fourn.

**Palabras clave:** bambú, coeficiente de determinación, relación altura-diámetro

---

<sup>202</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. Km 56.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. San Martinito Tlahuapan, Puebla, México. C.P 7410. \*ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

<sup>203</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco. Km 4.5 Carr. Martínez de la Torre – Tlapacoyan. Cong. Javier Rojo Gómez. Tlapacoyan, Veracruz.

<sup>204</sup> Técnico Independiente. Km 9 Carr. Estatal Hueytamalco-Ayotoxco, Las Margaritas, Hueytamalco Puebla, México. C.P. 73588



## Introducción

De acuerdo con la *International Tropical Timber Organization (ITTO, 2019)*, el aprovechamiento del bambú ha tenido un crecimiento en la última década, pues la diversificación de usos de este pasto gigante ha generado que la demanda de los tallos y culmos cada vez sea mayor. Por lo que, para realizar un aprovechamiento sustentable es necesario realizar una estimación precisa de las existencias sobre la densidad de individuos, volumen y biomasa que permita la planificación del aprovechamiento sustentable de los rodales naturales y plantaciones comerciales de bambú. La Sierra Nororiental del estado de Puebla alberga una superficie muy importante de bosques naturales de bambú y plantaciones comerciales. Los rodales naturales son de la especie *Guadua aculeata* (tarro, caña brava), un bambú gigante utilizado en la construcción de viviendas, elaboración de muebles, como tutores para cultivos agrícolas, entre otros usos (Hernández, 2018).

En la actualidad es necesario generar herramientas que fortalezcan el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, ya se sean maderables o no maderables, los inventarios forestales es una actividad primordial en el manejo forestal (Corral *et al.*, 2019). Una de las variables con mayor importancia para realizar inventarios forestales de bambú es la altura, ésta al igual tiene un papel importante en la modelación del crecimiento y la producción maderable de rodales. Habitualmente, el diámetro normal es medido en todos los culmos, sin embargo, se suele medir solo una muestra de alturas, al ser una medición cara y difícil de realizar (Lopez *et al.*, 2003). En rodales de bambú, medir la variable altura es aún más difícil que en los bosques, pues en sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup> se pueden encontrar hasta 100 ejemplares; es decir, en promedio una densidad de un culmo por metro cuadrado. Por ello, es necesario recurrir a la estimación de esta variable mediante el uso de ecuaciones de altura total-diámetro (Larsen y Hann, 1987).

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el ajuste de modelos matemáticos y seleccionar el de mejor calidad de ajuste para estimar la altura total en función del diámetro normal de culmos maduros del bambú *Guadua aculeata* de bosques naturales.



## Materiales y métodos

El estudio se realizó en rodales naturales de bambú nativo (*Guadua cualeata*), ubicados en el Sitio Experimental “Las Margaritas” municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Se encuentra entre las coordenadas 20° 01' 40" N y 97° 18' 11" W, está conformado por lomeríos y laderas con pendientes que varían del 5 a 60% y se encuentra entre los 360 y 680 m de altitud (INEGI, 2010). El clima de la región es un (A)C (fm), semicálido húmedo del grupo de los templados, con temperatura media anual superior a los 18°C, las lluvias se presentan entre verano e invierno alcanzando 2950 mm de precipitación en el año, siendo uno de los lugares más húmedos de México (García, 2004).

Se ubicaron rodales maduros de bambú mediante la utilización imágenes de satélite landsat y recorridos de campo. En estos rodales se seleccionó una muestra de 40 culmos maduros a los cuales se les midió el diámetro normal (Dn) a 1.3 m de altura, posteriormente fueron derribados y se les midió la altura total (H). La muestra se distribuyó entre los diámetros 3.5 y 13.8 cm, las alturas se presentaron entre los 7.8 y 30.12 m (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de la muestra diámetros y alturas utilizada para el ajuste modelos**

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	DE	CV	Varianza
Dn	40	3.5	13.8	10.58	2.94	33.90	8.69
H	40	7.8	30.12	20.67	4.02	24.61	16.15

Se ajustaron diez modelos para evaluar la relación altura-diámetro (Cuadro 2). Para cada una de las ecuaciones se obtuvieron los estimadores y los estadísticos de prueba mediante el procedimiento PROC MODEL del software SAS ® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011). La selección del mejor modelo consideró la raíz del cuadrado medio del error, el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustada, así como la significancia de los parámetros.




**Cuadro 2. Modelos matemáticos para determinar H en función del Dn.**

Ecuación	Fórmula	Referencia
1	$H = 1.3 + B_0 * Dn^{B_1}$	Schreuder <i>et al.</i> , (1979)
2	$H = 1.3 + e^{B_0 + (\frac{B_1}{Dn} + 1)}$	Wykoff <i>et al.</i> , (1982)
3	$H = 1.3 + \frac{Dn^2}{(B_0 + B_1 * Dn)^2}$	Loetsch <i>et al.</i> , (1973)
4	$H = 1.3 + B_0 * e^{\frac{B_1}{Dn}}$	Burkhart y Strub (1974)
5	$H = 1.3 + 10^{B_0} * Dn^{B_1}$	Larson (1986)
6	$H = 1.3 + B_0 * \text{Log}(Dn) + B_1$	Prodan A (1968)
7	$H = 1.3 + B_0 * (1 - e^{-B_1 * Dn})^{B_2}$	Richards (1959)
8	$H = 1.3 + B_0 * e^{(-B_1 * e^{-B_2 * Dn})}$	Winsor (1932)
9	$H = B_0 + B_1 * \text{Log}_{10}(Dn)$	Prodan B (1944)
10	$H = 10^{B_0 + \frac{B_1}{Dn}}$	Prodan C (1944)

## Resultados y discusión

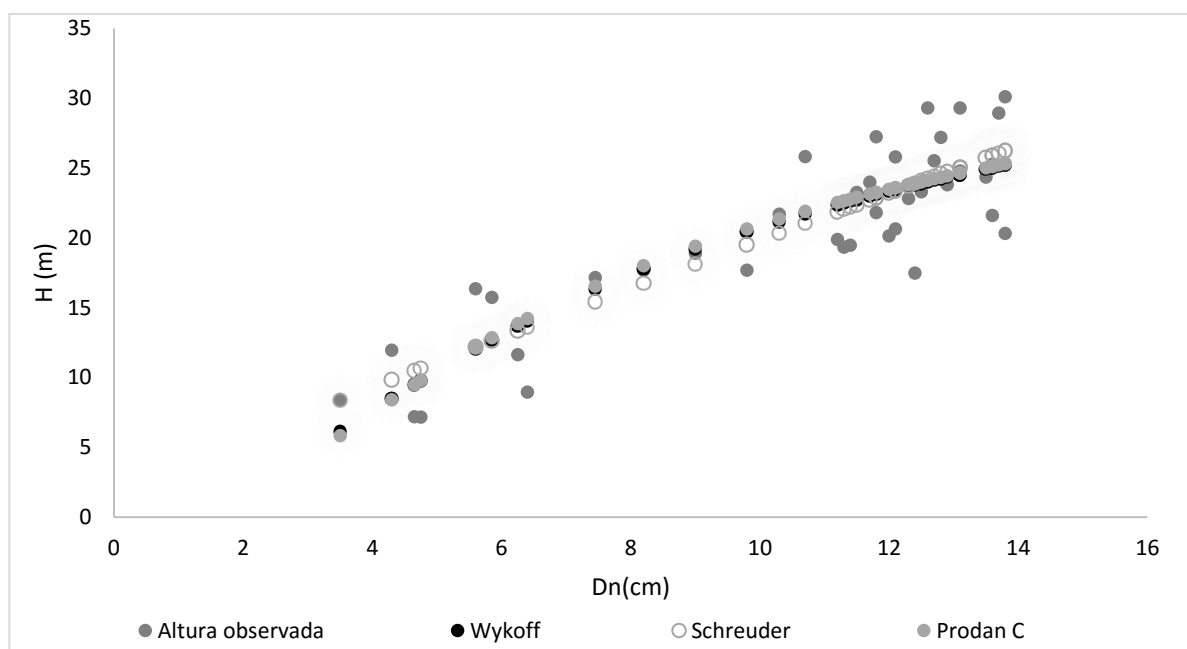
Los diez modelos evaluados presentaron estadísticos similares pues los coeficientes de determinación fueron de 0.75 y 0.76, la RCME se mantuvo entre 3.03 m y 3.09 m, los parámetros estimados presentan en su mayoría valores significativamente diferentes de cero a un nivel de 5%, solo el modelo propuesto por Winsor (1932) presentó en su parámetro  $B_1$  significativamente igual a cero, los parámetros estimados para cada uno de los modelos se presentan en la Cuadro 3.

Si bien es cierto, las ecuaciones anteriores han sido utilizadas para estimar la altura de los árboles en función del Dn; el presente trabajo muestra que también pueden ser utilizadas para estimar la altura de culmos de bambú (*Guadua aculeata*). Los modelos propuestos por Schreuder *et al.*, (1979), Loetsch *et al.*, (1973) y Larson (1986) fueron mejores en términos de precisión, el comportamiento gráfico sugiere que el modelo Wykoff *et al.*, (1982) fue superior ya que se apega de mejor manera a la trayectoria de las alturas observadas (Figura 1).



**Cuadro 3. Estadísticos de ajuste de los modelos matemáticos para la relación H-Dn del Bambú (*Guadua aculeata*).**

Ecuación	R <sup>2</sup> ajustada	RCME	Parámetros estimados					
			B0	Pr > f	B1	Pr > f	B2	Pr > f
1	0.76	3.04	2.23	0.0001	0.92	<0.0001		
2	0.75	3.08	2.72	<0.0001	-7.56	<0.0001		
3	0.76	3.03	0.97	<0.0001	0.13	<0.0001		
4	0.75	3.08	41.43	<0.0001	-7.56	<0.0001		
5	0.76	3.04	0.35	0.0100	0.92	<0.0001		
6	0.75	3.09	14.17	<0.0001	-13.22	0.0001		
7	0.75	3.08	29.52	<0.0001	7.72	0.0100	0.261	0.0100
8	0.75	3.07	34.24	0.0100	2.74	<0.0001	0.152	0.0800
9	0.75	3.09	-11.92	0.0001	14.17	<0.0001		
10	0.75	3.09	1.62	<0.0001	-2.99	<0.0001		



**Figura 1. Comportamiento gráfico de los modelos Wykoff, Schreuder y Prodan C para estimar la altura total en función del diámetro normal.**

De acuerdo a los estadísticos de ajuste, el modelo que mejor representa la relación que existe entre la H y Dn de los culmos de bambú es el propuesto por Wykoff *et al.*, (1982), el cual presenta un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustada de 0.75 y la RCME de 3.08 m ambos parámetros son significativos con un  $p < 0.0001$ .



## Conclusiones

Se seleccionó el modelo de Wykoff para estimar la altura total en función del Dn de culmos maduros de *Guadua aculeata*. Se demuestra que los modelos matemáticos de relación H-Dn generalmente utilizados para la estimar la altura de árboles, también pueden ser utilizadas en la estimación de alturas de culmos de bambú (*Guadua aculeata*) en rodales naturales. Se recomienda para mejorar el ajuste de los modelos incrementar el tamaño de muestra con una mejor distribución en las categorías de diámetro.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa Volkswagen de México S.A. de C. V. por el apoyo económico para el desarrollo de esta investigación.

## Literatura citada

- Burkhart H., E., Strub M., R., 1974. A model for simulation of planted loblolly pine stands. In Growth models for tree and stand simulation. Ed. J. Fries, Stockholm, SE, Royal College of Forestry. 128-135.
- Corral-Rivas, S., Silva-Antuna, A, M., Quiñonez-Barraza, G. 2019. Modelo generalizado no-lineal altura-diámetro con efectos mixtos para siete especies de *Pinus* en Durango, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 10 (53), 86-117.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 98 p.
- Hernández, S., A. 2018. Potencial estructural del bambú *Guadua aculeata* y su integración a un sistema constructivo para la vivienda unifamiliar. Caso de estudio: Estado de Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México. 261 p.



- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 21076. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F., México.
- International Tropical Timber Organization (ITTO)*. 2019. Promoción de la rehabilitación, manejo y uso sostenible de los bosques tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú: Inventario de Bosques de Bambú En El Ámbito Del Proyecto Pd428. Ministerio de Agricultura de Perú. [Consultado el 1 de julio de 2019] en [http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT\\_REPORTS/INVENTARIO%20DE%20BOSQUES%20DE%20BAMBU%20PD428-1.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INVENTARIO%20DE%20BOSQUES%20DE%20BAMBU%20PD428-1.pdf)
- Larsen, DR., Hann, DW. 1987. Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Oregon State University. Forest Research Laboratory. Res. Paper 49. 16 p.
- Larson B., C. 1986. Development and growth of even-aged stands of Douglas-fir and grand fir. *Canadian Journal of Forest Research*. (6), 367-372.
- Loetsch, F., Zoehrer, F., Haller K., E. 1973. Forest inventory. Munich, DE, Editorial BLV. Vol. 2. 2469 p.
- López S., C. A., J. G. Varela., F. Castedo D., A. R. Alboreca, R. Rodríguez S., J. G. Álvarez G. and F. S. Rodríguez. 2003. A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Annals of Forest Science* 60: 237-245. doi: 10.1051/forest:2003015
- Prodan, M. 1944. Studies on the height curves of spruce beds. *Allgemeine Forst- und Jag Zeitung*. (120), 48-53.
- Prodan, M. 1968. Point samples for forest management htung. *Forst –u Holzwirt*. 255-226
- Richards F., J. 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*. (10) 290-300.
- Statistical Analysis System Institute Inc (SAS). 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schreuder H., T., Hafley W., L., Bennett F., A. 1979. Yield prediction for unthinned natural slash pine stands. *Forest Science*. (25), 25-30.





- Winsor C., P. 1932. A comparison of certain symmetrical growth curves. Journal of the Washington Academy of Sciences. (22), 73-84.
- Wykoff W., R., Crookston C., L., Stage A., R. 1982. User´s guide to the stand prognosis model. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. INT-133, Ogden, US, Int. Northwest For. And Range Exp. Sta, 122 p.



## AUTO-ACLAREO Y GUÍA DE DENSIDAD BASADA EN YODA PARA RODALES NATURALES DE *Pinus montezumae* Lamb.

Juan Carlos Tamarit Urias<sup>205\*</sup>, Casimiro Ordóñez Prado<sup>205</sup>, Melchor Rodríguez Acosta<sup>206</sup> y  
Gerónimo Quiñonez Barraza<sup>207</sup>

### Resumen

La determinación de líneas de auto-aclareo derivadas de relaciones funcionales tamaño-densidad junto con las respectivas guías para manejar la densidad, son los principales insumos para que el silvicultor pueda gestionar con certidumbre la densidad de rodales; sin embargo, los estudios para México en esta temática son incipientes. El objetivo fue determinar la línea de auto-aclareo a partir de la evaluación de la calidad de ajuste del modelo tamaño-densidad de Yoda por las técnicas de mínimos cuadrados ordinarios lineales y regresión frontera estocástica para generar una guía de manejo de la densidad en rodales naturales coetáneos de *P. montezumae* en la Unidad de Manejo Forestal 2103 de Puebla, México. Se trabajó una base de datos conformada por 90 sitios de muestreo de forma circular y de 1/10 de hectárea, fueron levantados en condición de alta densidad, cubrieron todas las condiciones de crecimiento y rango de edad; para cada sitio se determinó el número de árboles y el volumen promedio, tales variables fueron extrapoladas a hectárea. Se ajustó la función de Yoda evaluando las técnicas de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y la de regresión frontera estocástica (RFE) en las modalidades de Modelo Semi-Normal (MSN), Modelo Normal Truncado (MNT) y Modelo Normal Exponencial (MNE). Se determinó que RFE-MSN presentó la mejor calidad de ajuste y comportamiento gráfico, ya que la línea de auto-aclareo que

<sup>205</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIR-GOC). Campo Experimental San Martinito. \*[tamarit.juan@inifap.gob.mx](mailto:tamarit.juan@inifap.gob.mx)

<sup>206</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIR-GOC). Campo Experimental Ixtacuaco.

<sup>207</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIR-NOC). Campo Experimental Valle del Guadiana.



produjo se ubicó de mejor manera en la frontera superior de las observaciones. El índice de densidad de Yoda fue de 9.2 metros cúbicos para una densidad de referencia de 100 árboles por hectárea. Con base en la línea de auto-aclareo se delimitaron las cuatro zonas de crecimiento de Langsaeter que dieron lugar a la guía para manejar la densidad, de utilidad para generar regímenes de aclareos y así gestionar la densidad aplicando en la práctica aclareos como tratamientos silvícolas intermedios en términos del número de árboles por hectárea a remover, así como el respectivo volumen promedio y volumen por hectárea.

**Palabras clave:** cortas intermedias, modelo tamaño-densidad, tratamiento silvícola, volumen promedio

## Introducción

Las guías o diagramas para manejar la densidad de rodales mediante la prescripción y aplicación de regímenes de aclareos, se construyen con base en relaciones funcionales entre las que sobresalen las propuestas por Hart (1928), Reineke (1933) y Yoda *et al.*, (1963). Las guías son el insumo y marco principal de trabajo para gestionar la densidad de rodales naturales o de plantaciones forestales comerciales (Chauchard *et al.*, 1999); de esta manera, las decisiones que toma el responsable del manejo silvícola sobre intervenir o no y en qué medida a determinados rodales, podrán ser informadas y fundamentadas, por lo que en esa medida serán más acertadas, lo que contribuirá a mejorar el manejo técnico de los bosques en el contexto del manejo forestal sustentable y de rendimiento sostenido. Entre los principales beneficios por realizar aclareos como prácticas de manejo silvícola destacan: a) favorecen el incremento en diámetro y el crecimiento en volumen de los fustes residuales, b) incrementan la producción útil neta al rescatarse la madera que se perdería por mortalidad debido a alta competencia, c) reducen la edad de rotación obteniendo fustes de mayor diámetro, d) promueven la salud y vigor de los rodales, e) controlan la composición del rodal en términos de especies, f) incrementan los rendimientos económicos al aumentar el valor de



madera por árbol (Daniel *et al.*, 1979; Smith *et al.*, 1997; Cameron, 2002). Sin embargo, tales beneficios solo se presentan si los aclareos son realizados oportunamente, ya que, si se ejecutan demasiado pronto o demasiado tarde, pueden no tener ningún o muy poco efecto en el crecimiento del arbolado residual. De ahí la importancia de que el administrador forestal disponga de herramientas silvícolas cuantitativas como los DMD que permitan determinar regímenes de aclareos óptimos para el control de la densidad y así pueda diseñar e implementar estrategias que optimicen la productividad y el volumen de corta.

La ley de auto-aclareo también denominada ley de los  $-3/2$  fue propuesta por Yoda *et al.* (1963), tiene fundamento biológico, ecológico y matemático, analiza la mortalidad debida a la competencia extrema por espacio, nutrimentos, agua y luz solar en poblaciones regulares (Pretzsch, 2009; Weiskittel *et al.*, 2011). La relación matemática está dada por el peso medio de la población y su respectivo número máximo de individuos vivos; es decir, se define por el volumen medio de la planta (o biomasa) relacionado con la cantidad de individuos por unidad de área (Burkhart y Tomé, 2012). La teoría establece que para un determinado rodal existe una relación de tamaño-densidad máxima, la cual es independiente de la edad y la calidad del sitio; cuando el logaritmo del peso medio (volumen o biomasa) de los individuos se grafica contra el logaritmo del número de árboles, se forma una línea recta cuyo valor de la pendiente se ha asumido que toma un valor universal constante de  $-1.5$ ; además, se asume que tal valor es independiente de la especie. La principal utilidad de la pendiente es determinar la línea de auto-aclareo como respuesta a la alta mortalidad inducida por competencia extrema. El concepto de auto-aclareo ha sido aplicado principalmente en bosques coetáneos uniespecíficos, aunque también se ha utilizado en masas incoetáneas y en rodales mixtos.

En el contexto de ecología de poblaciones, es ampliamente aceptado que el principio más importante que subyace en la gestión de la densidad de rodales es el de auto-aclareo (Drew y Flewelling, 1977; Zeide, 1987; Weller, 1987). Para la función de Yoda, es claro que la línea de auto-aclareo indica la densidad máxima posible por unidad de superficie para una determinada especie bajo un volumen promedio predeterminado. Sin embargo, actualmente hay un extenso debate científico en el





sentido de si la pendiente de la función es constante o no, con independencia de factores como la especie, calidad de sitio, edad, origen de la masa, localización geográfica u otro. En ese sentido, en diferentes trabajos de investigación se ha cuestionado reiteradamente la validez del valor de una pendiente constante, al grado de que se ha documentado que la pendiente es significativamente diferente en términos de especies, calidades del sitio e historial de manejo (Weller, 1987; Zeide, 1987; Lonsdale, 1990; Osawa y Allen, 1993; Morris, 2002; Solomon y Zhang, 2002; Fu *et al.*, 2008; Ge *et al.*, 2017), situación que ha llevado a aceptar que para cada especie y eco-región se debe de determinar una alometría específica, lo que llevará a que las guías de densidad de esta se derivan, sean precisos para contribuir a lograr los objetivos de manejo de la masa forestal.

Para determinar los valores de los parámetros de alguna función de auto-aclareo (intercepto y pendiente) se tienen diferentes métodos y técnicas de ajuste de los modelos tamaño-densidad, todos orientadas a mejorar la definición de la línea de auto-aclareo (Solomon y Zhang, 2002; Zhang *et al.*, 2005; Santiago-García *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2015; Lopes *et al.*, 2016). Entre las principales destacan: mínimos cuadrados ordinarios lineales (MCO-L), mínimos cuadrados ordinarios ponderados lineales (MCOP-L), eje mayor reducido (EMR), regresión cuantílica (RQ), análisis de componentes principales (ACP), modelo de efectos mixtos (MEM), modelo bayesiano jerárquico (MBJ) y regresión frontera estocástica (RFE); el primero y el último han sido los más utilizados en estudios orientados a determinar la línea de auto-aclareo para construir de guías de densidad.

*Pinus montezumae* Lamb. es una conífera que se distribuye ampliamente en el Eje Neovolcánico transversal de México, por su abundancia es de alta importancia para su aprovechamiento comercial maderable en la industria del aserrío. Los usos que tiene la madera de esta especie son para la construcción, chapa, muebles, duelas, celulosa, papel, durmientes, postes y extracción de resina; esta especie también se ha establecido como plantaciones para propósitos de reforestación y restauración. Los árboles alcanzan alturas de 25 a 30 m, su crecimiento va de rápido a moderado en un promedio altitudinal de 2,500 m y 800 mm anuales de precipitación (Perry, 1991; CONAFOR, 2019). Aún con la importancia referida, son pocos los estudios de



esta especie que se han realizado para generar herramientas silvícolas cuantitativas, que permitan gestionar adecuadamente la densidad mediante la generación de regímenes de aclareos óptimos como tratamientos intermedios al aplicar algún método de manejo para bosques regulares.

Bajo los argumentos expuestos, el objetivo del estudio fue determinar la línea de auto-aclareo a partir de la evaluación de la calidad de ajuste del modelo tamaño-densidad de Yoda por las técnicas de mínimos cuadrados ordinarios lineales y regresión frontera estocástica para generar una guía de manejo de la densidad que permita prescribir regímenes de aclareos en rodales naturales coetáneos de *P. montezumae* en la Unidad de Manejo Forestal 2103 (“Teziutlán”) de Puebla, México.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en predios forestales de la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) 2103 región “Teziutlán” en el estado de Puebla, México. La UMAFOR se localiza en la parte nororiental del estado de Puebla, México. La altitud promedio es de 2,220 m, la temperatura media anual fluctúa de 12 a 22 °C y presenta suelos de tipo Luvisol. Se utilizó información dasométrica de 90 sitios de muestreo levantados en rodales naturales de *P. montezumae* en estado de alta densidad y competencia; se cubrieron todas las condiciones de crecimiento y rango de edad. Cada sitio fue de 1,000 m<sup>2</sup>, de forma circular. Las variables dasométricas obtenidas por sitio fueron la densidad expresada como el número de árboles (N) y el volumen promedio (Vp). El volumen de los árboles individuales para las especies presentes en los sitios de muestreo se estimó utilizando los modelos de volumen rollo total árbol generados por Monárrez (2013); posteriormente ambas variables se extrapolaron a nivel de hectárea. La base de datos fue auditada mediante inspección gráfica, corroborando que las variables de interés presentaran un comportamiento gráfico lógico en forma de jota inversa, de esta manera quedó preparada para ajustar por regresión la relación funcional densidad-tamaño de Yoda. Los estadísticos básicos de las variables procesadas se presentan en el Cuadro 1.



**Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de las variables dasométricas analizadas para *P. montezumae*.**

Variable	Mínimo	Máximo	Media	D.E.	C.V.
N (árboles ha <sup>-1</sup> )	190	3390	910	740.3901	81.3616
Vp (volumen promedio ha <sup>-1</sup> )	0.0802	2.8855	0.8649	0.7908	91.4311

D.E. =Desviación estándar, C.V.= Coeficiente de variación.

La función densidad-tamaño de Yoda *et al.*, (1963) expresada en forma lineal se ajustó por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) lineales y tuvo la siguiente estructura matemática:

$$\text{Ln}(Vp) = \alpha - \beta \text{Ln}(N) + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:  $\text{Ln}$  es a la función logaritmo natural,  $\varepsilon$  es el término del error ( $\varepsilon = \text{idd } N(0, \sigma^2)$ ). Cuando la función se ajustó utilizando la técnica econométrica de regresión frontera estocástica (RFE), la estructura del modelo tomó la forma:

$$\text{Ln}(Vp) = \alpha - \beta \text{Ln}(N) - u + v \quad (2)$$

Para la RFE el componente de error se divide en: 1) un componente de error que da cuenta de la ineficiencia técnica en los datos ( $u_i$ ) y, 2) un componente de error asociado con la medición de las observaciones individuales ( $v_i$ ).  $u_i$  es un término asimétrico que recoge la ineficiencia técnica de las observaciones y se asume que se distribuye independientemente de  $v_i$  y de los regresores.  $v_i$  se asume como una perturbación simétrica distribuida independientemente de  $u_i$ , recoge las variaciones aleatorias en la producción debido a factores como errores aleatorios, errores en la observación y de medición de los datos, se asume que se distribuye en la forma  $v = \text{idd } N(0, \sigma_v^2)$ .

Con esos supuestos, se seleccionan distribuciones estadísticas para  $u_i$  que tiendan para un solo lado, como es el caso de la modalidad de RFE semi-normal y de la exponencial. Si el valor de la ineficiencia técnica  $u_i$  se asume como cero, lo cual es menos probable con valores crecientes de  $u_i$ , entonces el modelo  $\text{idd } N^+(0, \sigma_u^2)$  se refiere al modelo semi-normal. Si los  $u_i$  ( $i=1, \dots, N$ ) son variables aleatorias no negativas  $\text{idd } N^+(0, \sigma_u^2)$ , entonces el modelo se conoce como el modelo normal-truncado (en cero) (Bi, 2004; Zhang *et al.*, 2005; Pretzsch y Biber, 2005). Para el ajuste con RFE, se



probaron las modalidades de Modelo Semi-Normal (MSN), Modelo Normal Truncado (MNT) y Modelo Normal Exponencial (MNE).

En el ajuste por MCO se utilizó el procedimiento Model del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011) versión 9.3. Cuando se usó RFE, la función se ajustó mediante el procedimiento QLIM del mismo paquete estadístico y versión; en el que se usa la técnica de máxima verosimilitud para estimar la frontera y el parámetro de la ineficiencia técnica de las observaciones ( $u_i$ ). La calidad del ajuste por MCO se comparó con los ajustes obtenidos al utilizar RFE; para las modalidades de ésta última, los estadísticos de bondad de ajuste utilizados fueron el valor del logaritmo de verosimilitud ( $\log\text{Lik}$ ), el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de Schwarz (SchC), a mayor valor del  $\log\text{Lik}$  y menores en AIC y SchC el modelo es más apropiado. También se consideró la significancia de los parámetros, las varianzas de los componentes del error, la razón de varianzas de los componentes del error ( $\lambda$ ) y la varianza total ( $\sigma$ ) (Weiskittel *et al.*, 2009; Comeau *et al.*, 2010; Quiñonez *et al.*, 2018). Adicionalmente, se realizó una comparación gráfica de las líneas de auto-aclareo que generó cada una de las técnicas y modalidades de ajuste, se inspeccionó visualmente la ubicación de la trayectoria de las líneas de auto-aclareo frente a las observaciones.

Con los valores de los parámetros del mejor ajuste seleccionado, se delimitó la línea de auto-aclareo sobre un gráfico en escala logarítmica, esta línea corresponde al volumen promedio máximo que una hectárea sin auto-aclareo puede soportar y equivale al 100% del índice de densidad de Yoda (IDY). Con base en la línea de máxima densidad, para definir el IDY se asumió una densidad de referencia ( $N_r$ ) de 100 árboles/ ha; de esta manera, de acuerdo con Smith *et al.*, (1997) y Gilmore *et al.*, (2005), se estimaron y definieron las cuatro zonas de crecimiento de Langsaeter, que conforman fajas de densidades relativas. Estas zonas se determinaron como un porcentaje del IDR máximo; la zona 1 que es de subutilización del sitio corresponde al 25%, la zona 2 que es de transición queda definida entre el 25-35%, la zona 3 que corresponde al máximo crecimiento por hectárea se localiza entre el 35-65% y, la zona 4 que es la de auto-aclareo o mortalidad eminente se ubica del 65 al 100%.





## Resultados y discusión

El ajuste estadístico de la función de Yoda por mínimos cuadrados lineales (MCO) y utilizando regresión frontera estocástica (RFE) en las tres modalidades evaluadas se presenta en el Cuadro 2.

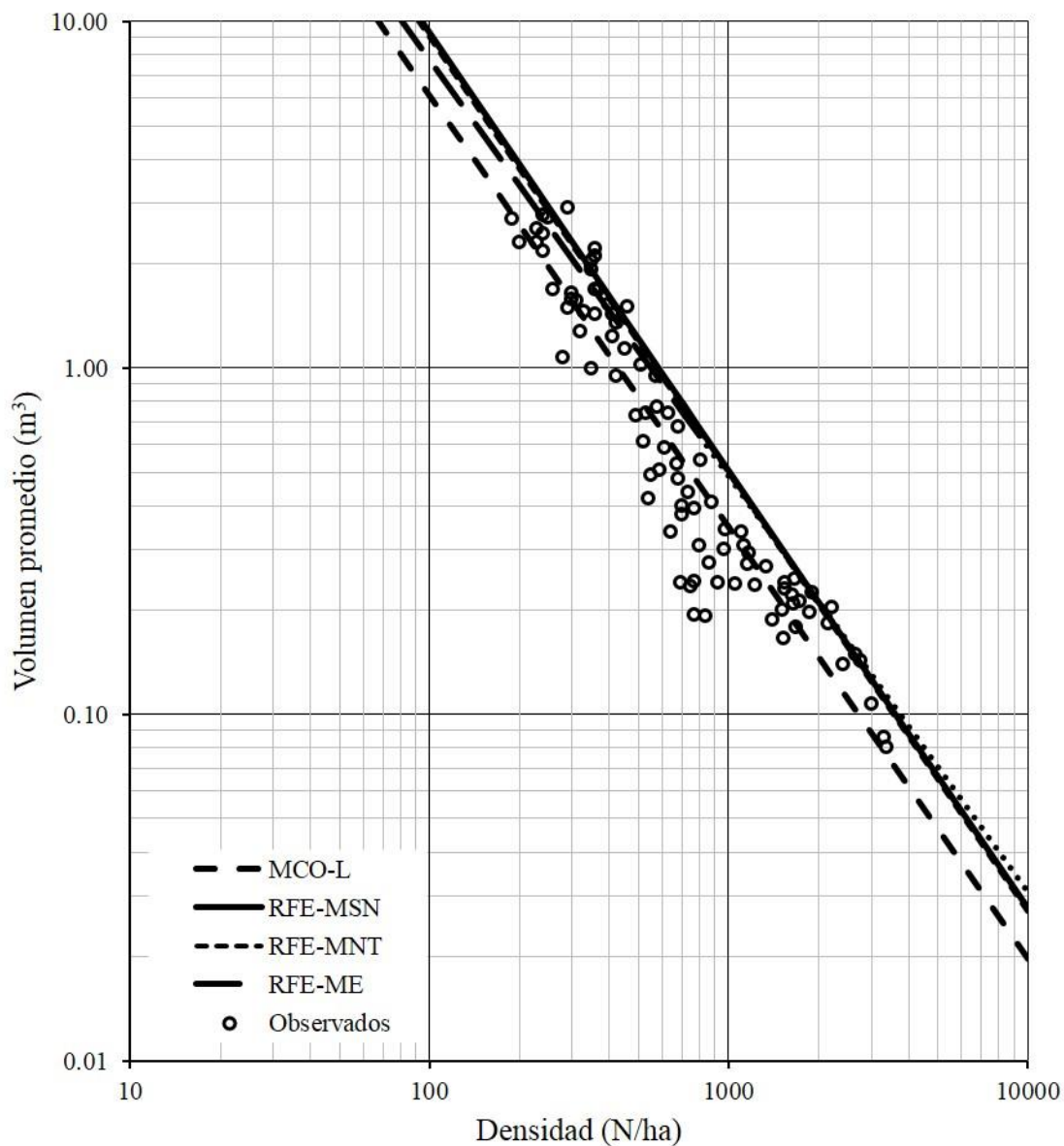
**Cuadro 2. Valores de los parámetros y estadísticos de ajuste obtenidos para el modelo de Yoda.**

Modelo	Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor de t	Significancia
MCO-L	$\alpha$	7.555390	0.307560	24.57	<0.0001
	$\beta$	-1.246920	0.046780	-26.66	<0.0001
	$\sigma^2$	0.106950			
RFE-MSN	$\alpha$	8.051316	0.258740	31.12	<0.0001
	$\beta$	-1.264345	0.036818	-34.34	<0.0001
	$\sigma_v^2$	0.142798	0.041478	3.44	0.0006
	$\sigma_u^2$	0.479931	0.064110	7.49	<0.0001
	logLik	-21.437740			
	AIC	50.875490			
	SchC	60.874730			
	$\sigma^2$	0.500720			
RFE-MNT	$\lambda$	3.360900			
	$\alpha$	8.004173	0.315643	25.36	<0.0001
	$\beta$	-1.261065	0.038616	-32.66	<0.0001
	$\sigma_v^2$	0.153761	0.058794	2.62	0.0089
	$\sigma_u^2$	0.533216	0.278571	1.91	0.0556
	$\mu$	-0.214045	1.105842	-0.19	0.8465
	logLik	-21.409150			
	AIC	52.818290			
	SchC	65.317340			
	$\sigma^2$	0.554940			
RFE-MNE	$\lambda$	8.004173	0.315643	25.36	<0.0001
	$\alpha$	7.580781	0.398343	19.03	<0.0001
	$\beta$	-1.201906	0.060889	-19.74	<0.0001
	$\sigma_v^2$	0.358133	0.089226	4.01	<0.0001
	$\sigma_u^2$	0.245084	0.072550	3.38	0.0007
	logLik	-33.257530			
	AIC	74.515060			
	SchC	84.514300			
	$\sigma^2$	0.433960			
	$\lambda$	0.684340			

E.E.: error estándar; logLik: logaritmo de verosimilitud; AIC: criterio de información de Akaike; SchC: criterio de Schwarz;  $\sigma^2$ : varianza del error estimado como  $(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{0.5}$ ;  $\lambda$ : estadístico de ajuste Lambda estimado como la razón de varianzas  $\sigma_u/\sigma_v$ .



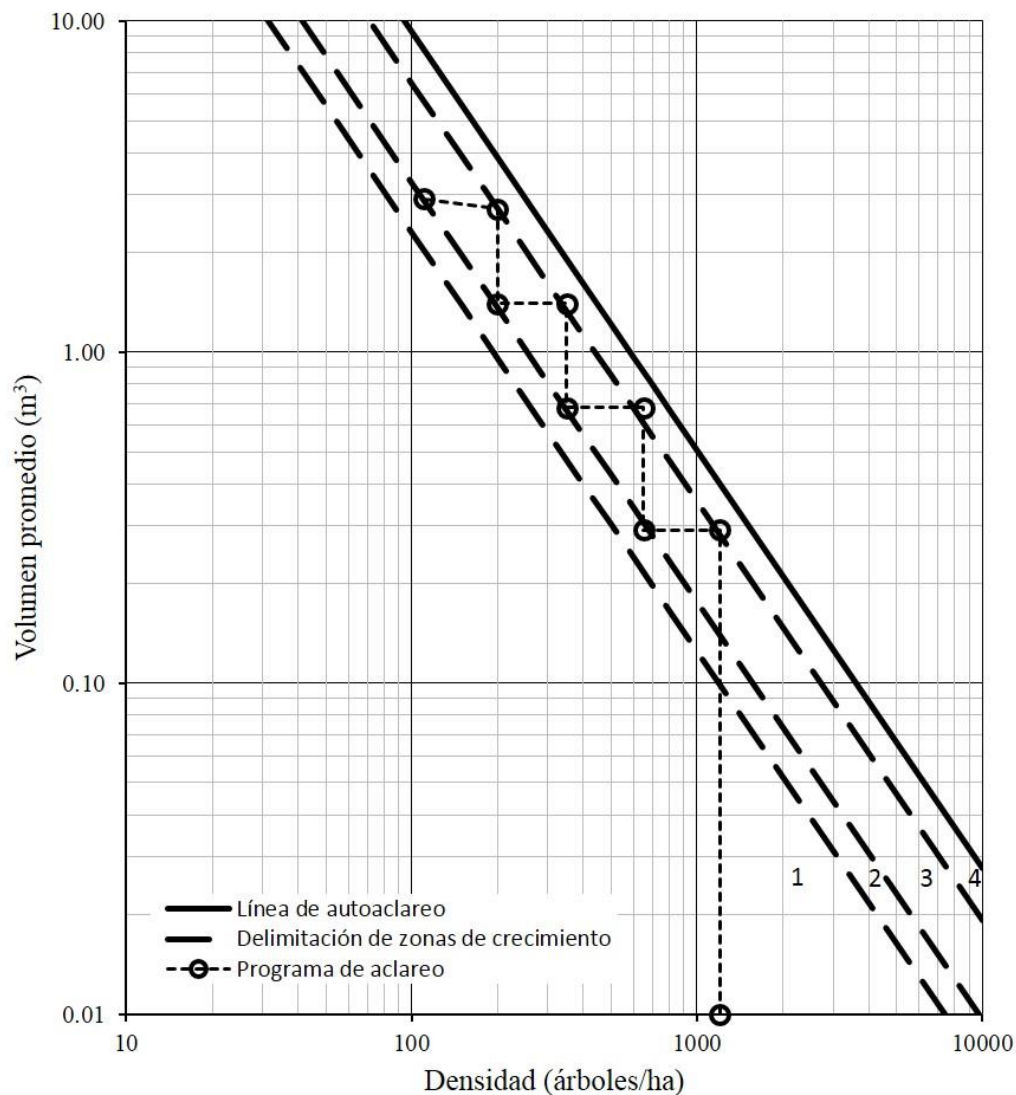
Al hacer un comparativo entre los estadísticos de bondad de ajuste se determinó que son similares. Sin embargo, una comparación gráfica de la línea de auto-aclareo (Figura 1) sugiere que el ajuste de RFE en su modalidad Semi-Normal tiene un mejor patrón, ya que la línea se ajusta mejor al límite superior de la frontera de los datos observados. Con base en este resultado se determinó que la línea de auto-aclareo queda definida por el ajuste de RFE-MSN.



**Figura 1. Comportamiento gráfico de la línea de auto-aclareo generada a partir de la función tamaño-densidad de Yoda por las técnicas de ajuste evaluadas.**



Utilizando la línea de auto-aclareo con la técnica de ajuste seleccionada, se construyó en escala logarítmica la respectiva guía para el manejo de la densidad, se utilizó como base el índice de densidad de Yoda (IDY) (Figura 2), en el que se definen y delimitan las cuatro zonas de crecimiento de langsaeter. En la definición del IDY se utilizó una densidad de referencia (Nr) de 100 árboles/ ha. De esta manera, se determinó que el IDY de la línea de crecimiento libre (25%) fue de 2.3 m<sup>3</sup>, el IDY para la línea de crecimiento constante (35%) fue de 3.2 m<sup>3</sup>, para la línea de mortalidad inminente (70%), el IDR fue de 6.5 m<sup>3</sup> y para la línea de auto-aclareo (100%) de 9.2 m<sup>3</sup>.



**Figura 2. Diagrama para manejar la densidad basado en la función de Yoda ajustada por RFE-MSN y ejemplo de prescripción de un programa de aclareos para *P. montezumae*.**



En la misma Figura 2 se ejemplifica el uso práctico y operativo del DMD mediante la generación de un programa de aclareos, se parte de una densidad inicial de 1,200 árboles/ha. En el Cuadro 2 se presenta los valores de densidad, del volumen promedio y volumen por hectárea a remover, así como la intensidad de cada intervención de aclareo.

En el Cuadro 3 se presenta los valores de volumen promedio densidad y su equivalente en área basal a remover y residual en cada aclareo, además de la intensidad de cada aclareo.

**Cuadro 3. Programa de aclareos en términos de densidad y volumen con base en el IDY.**

N	Vp (m <sup>3</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	V ha <sup>-1</sup> removido (m <sup>3</sup> )	Intensidad (%)
1200	0.01	12		
1200	0.29	348		
650	0.29	189	160	54
650	0.68	442		
350	0.68	238	204	54
350	1.40	490		
200	1.40	280	210	57
200	2.70	540		
110	2.90	319		55

N: densidad/ha; Vp: Volumen promedio; V: volumen.

Mientras que el valor del coeficiente del intercepto ( $\alpha$ ) varía con las especies dentro de límites estrechos (Solomon y Zhang, 2002), el valor del coeficiente de la pendiente ( $\beta$ ) en lugar de ser una constante, se ha encontrado que varía para diferentes especies. En ese sentido, el valor de la pendiente del modelo tamaño-densidad de Yoda estimado para *P. montezumae* mediante RFE-MSN es diferente del valor teórico constante propuesto por Yoda *et al.* (1963) de -1.5. Este resultado coincide con lo reportado por Santiago-García *et al.*, (2013) quienes para rodales de *P. patula* en Zacualtipán, Hidalgo y bajo la misma técnica y modalidad de ajuste, determinaron un valor para la pendiente de -1.1999. Estos valores también son diferentes a los determinados en otros estudios para diferentes especies forestales de distintas eco-regiones de México y del mundo (Cuadro 4), en los que





principalmente se han encontrado que los coeficientes de la pendiente son significativamente menores al valor teórico.

En este contexto, se reafirma el argumento de que el valor de la pendiente ( $\beta$ ) no siempre está cerca del valor teórico y que puede diferir significativamente entre especies (Comeau *et al.*, 2010; Santiago-García *et al.*, 2013), lo cual se debe en parte a que distintas poblaciones presentan diferentes tasas de mortalidad en función de su densidad, hábitos de crecimiento, tolerancia o no a la sombra, factores de la productividad del sitio e incluso la edad de la masa (Weller, 1987; Bi *et al.*, 2000; Weiskittel *et al.*, 2009). Otros factores que pueden influir para que el valor de la pendiente difiera de  $-3/2$  son la especie, el tamaño y forma de seleccionar la muestra, las ecuaciones de volumen usadas, la técnica y el algoritmo de regresión implementado y si el conjunto de datos procesados provienen de rodales que representen realmente la combinación máxima de tamaño - densidad como para que se manifieste el fenómeno de auto-aclareo (Drew y Flewelling, 1977; Puntieri, 1993; Bi *et al.*, 2000; McCarthy y Weetman, 2007). Lo anterior, reafirma el postulado de que se debe de desarrollar una alometría específica para cada especie de interés y con ello evitar que se presenten errores al estimar y controlar la densidad (Osawa y Allen, 1993; Pretzsch y Biber, 2005).

**Cuadro 4. Comparativo del valor del parámetro de la pendiente ( $\beta$ ) del modelo de Yoda para *P. montezumae* con respecto a otras especies reportados en otros estudios.**

Especie	Localidad/país	Valor de $\beta$	Referencia documental
<i>P. montezumae</i>	Teziutlán, Pue., México	-1.264345	Presente estudio
<i>P. patula</i>	Zacualtipán, Hgo., México	-1.199907	Santiago-García <i>et al.</i> (2013)
<i>C.* lanceolata</i>	Fujian, China	-1.470000	Zhang <i>et al.</i> (2015)
<i>Abies balsamea</i>	New Brunswick, Canadá	-1.339954	Penner <i>et al.</i> (2006)
<i>A. balsamea</i>	Newfoundland, Canadá	-1.282000	McCarthy y Weetman (2007)
<i>Picea mariana</i>	Newfoundland, Canadá	-1.618000	Newton y Weetman (1993)
<i>Larix decidua</i>	Maine, EUA	-1.774000	Gilmore y Briggs (2003)
<i>Kandelia obovata</i>	Okinawa, Japón	-1.585000	Kamara <i>et al.</i> (2012)

\*C.: género *Cunninghamia*.



## Conclusiones

1. La técnica de regresión frontera estocástica (RFE) en la modalidad de modelo semi-normal (MSN) aplicada a la función tamaño-densidad de Yoda, comparativamente presentó la mejor calidad de ajuste y comportamiento gráfico, por lo que se utilizó para determinar de manera eficiente la línea de auto-aclareo para rodales coetáneos de *P. montezumae* de la UMAFOR 2103 de Puebla, México.
2. La respectiva guía generada para manejar la densidad usando el índice de densidad de Yoda, es una herramienta analítica de silvicultura cuantitativa de fácil aplicación operativa, le permite al administrador forestal realizar y comparar escenarios sobre regímenes de aclareos para tomar decisiones informadas, tales regímenes pueden ser aplicados a rodales de esta especie como cortas o tratamientos intermedios para gestionar estratégicamente la densidad.

## Agradecimientos

Esta contribución científica fue posible gracias al financiamiento con recursos fiscales del INIFAP al proyecto “Desarrollo de una aplicación informática para realizar aclareos como tratamientos intermedios al utilizar el método de desarrollo silvícola en el manejo técnico de bosques de coníferas”, con No. de registro SIGI: 7352934499, bajo la responsabilidad técnica del primer autor. Se agradece la colaboración de ejidos forestales y de predios particulares de la UMAFOR 2103 “Teziutlán”, de Puebla, México quienes mostraron interés y permitieron el acceso a sus bosques para coleccionar la información dasométrica necesaria para ejecutar el presente trabajo de investigación.



## Literatura citada

- Bi, H., G. Wan and N. D. Turvey. 2000. Estimating the self-thinning boundary line as a density-dependent stochastic biomass frontier. *Ecology* 81: 1477-1483.
- Bi, H. 2004. Stochastic frontier analysis of a classic self-thinning experiment. *Austral Ecology* 29(4): 408-417.
- Cameron, A. D. 2002. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry* 75 (1): 25-35.
- Chauchard, L., R. Sbrancia, M. Gonzalez, L. Maresca y A. Rabino. 1999. Aplicación de leyes fundamentales de la densidad a bosques de *Nothofagus*: I. Regla de los  $-3/2$  o ley del autorraleo. *Bosque* 20(2): 79-94.
- Comeau, P. G., M. White, G. Kerr and S. E. Hale. 2010. Maximum density-size relationships for Sitka spruce and coastal Douglas-fir in Britain and Canada. *Forestry* 83(1): 461-468.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2019. *Pinus montezumae* Lamb. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/971Pinus%20montezumae.pdf> [Consultado el 24 de junio de 2019]
- Daniel, T. W., J. A. Helms and F. S. Baker. 1979. Principles of silviculture. 2nd Edition. McGraw-Hill. New York, NY, USA. 500 p.
- Drew, T. J., and J. W. Flewelling. 1977. Some recent japanese theories of yield density relationships and their application to monterey pine plantations. *Forest Science* 23(4): 517-534.
- Fu, L. H., J. G. Zhang, A. G. Duan and H. G. Sun. 2008. Review of studies on maximum size-density rules. *Journal of Plant Ecology* 32: 501-511.
- Ge, F., W. Zeng, W. Ma and J. Meng. 2017. Does the slope of the self-thinning line remain a constant value across different site qualities? an implication for plantation density management. *Forests* 8, 355.
- Gilmore, D. W., T. C. O'Brien and H. M. Hoganson. 2005. Thinning red pine plantations and the Langsaeter hypothesis: a northern Minnesota case study. *Northern Journal of Applied Forestry* 22(1): 19-26.
- Gilmore, D. W. and R. D. Briggs. 2003. A stocking guide for European larch in eastern North America. *Northern Journal of Applied Forestry* 20(1): 34-38



- Hart, H. M. J. 1928. Stem density and thinning: pilot experiment to determine the best spacing and thinning method of teak. Proefsta. Boschwesen, Batavia, Meded. 21.
- Kamara, M., R. Deshar, S. Sharma, M. Kamruzzaman and A. Hagihara. 2012. The self-thinning exponent in overcrowded stands of the mangrove, *Kandelia obovata*, on Okinawa Island, Japan. *Journal of Oceanography* 68: 851-856.
- Lonsdale, W. M. 1990. The self-thinning rule: Dead or alive? *Ecology* 71: 550-579.
- Lopes, P. E., N. Calegario, G. N. Saraiva, E. M. de Almeida and J. A. de Almeida 2016. Estimate of stand density index for *Eucalyptus urophylla* using different fit methods. *Revista Árvore* 40(5): 921-929.
- McCarthy, J. W. and G. Weetman. 2007. Self-thinning dynamics in a balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) insect-mediated boreal forest chronosequence. *Forest Ecology and Management* 241: 295-309.
- Monárrez, G. J. C. 2013. Ecuaciones de volumen fustal, volumen total árbol y de ahusamiento para las especies maderables de la UMAFOR 2103 "Teziutlan", del Estado de Puebla, Méx. Informe Técnico. Gerencia Puebla de la Comisión Nacional Forestal. Puebla, México. 39 p.
- Morris, E. C. 2002. Self-thinning lines differ with fertility level. *Ecological Research* 17: 17-28.
- Newton, P. F., and G. F. Weetman. 1993. Stand density management diagrams and their development and utility in black spruce management. *The Forestry Chronicle* 69(4): 421-430.
- Osawa, A., and R. B. Allen. 1993. Allometric theory explains self-thinning relationships of mountain beech and red pine. *Ecology* 74(4): 1020-1032.
- Penner, M., D. E. Swift, R. Gagnon and J. Brissette. 2006. A stand density management diagram for balsam fir in New Brunswick. *The Forestry Chronicle* 82(5): 700-711.
- Perry, J. P. Jr. 1991. *The pines of Mexico and central America*. Ed. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 231 p.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model*. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, Germany. 664 p.
- Pretzsch, H. and P. Biber. 2005. A re-evaluation of Reineke's rule and stand density index. *Forest Science* 51(4): 304-320.





- Puntieri, J. G. 1993. The self-thinning rule: bibliography revision. *Preslia Praha*, 65: 243-267.
- Quiñonez, B. G., J. C. Tamarit U., M. Martínez S., X. García C., H. M. de los Santos P. and W. Santiago G. W. 2018. Maximum density and density management diagram for mixed-species forests in Durango, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(1): 73-90.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research* 46: 627-638.
- Santiago-García W., H. M. De los Santos-Posadas, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdez-Lazalde, D. H. Del Valle-Paniagua y J. J. Corral-Rivas. 2013. Auto-aclareo y guías de densidad para *Pinus patula* mediante el enfoque de regresión de frontera estocástica. *Agrociencia* 47: 75-89.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Solomon, D. S. and L. Zhang. 2002. Maximum size-density relationships for mixed softwoods in the northeastern USA. *Forest Ecology and Management* 155: 163-170.
- Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty and P. M. S. Ashton. 1997. *The practice of silviculture: Applied forest ecology*. Ninth Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA. 537 p.
- Weiskittel, A., P. Gould and H. Temesgen. 2009. Sources of variation in the self-thinning boundary line for three species with varying levels of shade tolerance. *Forest Science* 55(1): 84-93.
- Weiskittel, A. R., D. W. Hann, J. A. Kershaw Jr. and J. K. Vanclay. 2011. *Forest growth and yield modeling*. John Wiley & Sons. 1st edition. Chichester, UK. 415 p.
- Weller, D. E. 1987. A reevaluation of the  $-3/2$  power rule of plant self-thinning. *Ecological Monograph* 57(1): 23-43.
- Yoda, K., T. Kira, H. Ogawa and K. Hozumi. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions (Intraspecific competition among higher plants XI). *Journal of Biology* 14: 107-129.
- Zeide, B. 1987. Analysis of the  $3/2$  power law of self-thinning. *Forest Science*, 33: 517-537.



- Zhang, L., H. Bi, J. H. Gove and L. S. Heath. 2005. A comparison of alternative methods for estimating the self-thinning boundary line. *Canadian Journal of Forest Research* 35(6): 1507-1514.
- Zhang, X., J. Zhang and A. Duan. 2015. A hierarchical bayesian model to predict self-thinning line for chinese fir in southern China. *Plos One*, 10(10): e0139788.



## RIQUEZA DE MAMÍFEROS MEDIANOS DE LOS BOSQUES TROPICALES DE HUEYTAMALCO, PUEBLA, MÉXICO

Guillermo Ortega Vázquez<sup>208</sup>, Casimiro Ordóñez Prado<sup>208\*</sup>, Maribel Álvarez Muñoz<sup>208</sup> y Ana Gabriela Colodner Chamudis<sup>209</sup>

### Resumen

Los inventarios faunísticos permiten conocer y documentar la diversidad biológica, son un punto de referencia para estudiar la pérdida o cambio de especies en una región determinada. El objetivo fue evaluar y determinar la riqueza de mamíferos medianos en bosques tropicales naturales y de acahuales del sitio experimental “Las Margaritas” propiedad del INIFAP en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México, la cual es una de las áreas mejores conservadas de la Sierra Nororiental en esta entidad. Para el registro de mamíferos se usó foto-trampeo, trampas Tomahawk, redes de niebla, avistamientos oportunistas, estaciones olfativas y captura de rastros en recorridos. Se realizaron muestreos diurnos y nocturnos en cuatro tipos de vegetación: plantación de bambú, selva mediana subperennifolia, bosque mesófilo de montaña y acahual. Después de 380 días de monitoreo se registraron 30 especies, pertenecientes a 17 familias de ocho órdenes, principalmente mamíferos medianos y grandes, destacando por su riqueza la familia Carnívora. La curva de acumulación llegó a su forma asintótica, por lo que se estima que se registró el 95% de la riqueza de especies de mamíferos. El fototrampeo fue el método mejor evaluado teniendo un registro de 16 especies. Los resultados muestran que los bosques tropicales del sitio experimental “Las Margaritas” posee un alto grado de conservación, el cual desempeña la función de refugio para los mamíferos de áreas aledañas con mayor perturbación, por lo que se reconoce la importancia del sitio para la conservación de la mastofauna Estatal y Nacional.

<sup>208</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. Puebla, México. \* ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

<sup>209</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Puebla, México.



**Palabras clave:** mastofauna, inventario, foto-trampeo, riqueza, selva perennifolia.

## Introducción

El monitoreo de fauna silvestre es de gran ayuda para detectar y comprender cambios naturales y antropogénicos a mediano y largo plazo, permite entender la organización de las especies de un ecosistema determinado (Voss y Emmons, 1996). También ayuda a comprender la diversidad y abundancia de las especies que integran una comunidad y así entender los efectos de la deforestación, fragmentación, pérdida de especies clave, cambio climático y otros fenómenos naturales o provocados por el hombre (Eisenberg, 2003).

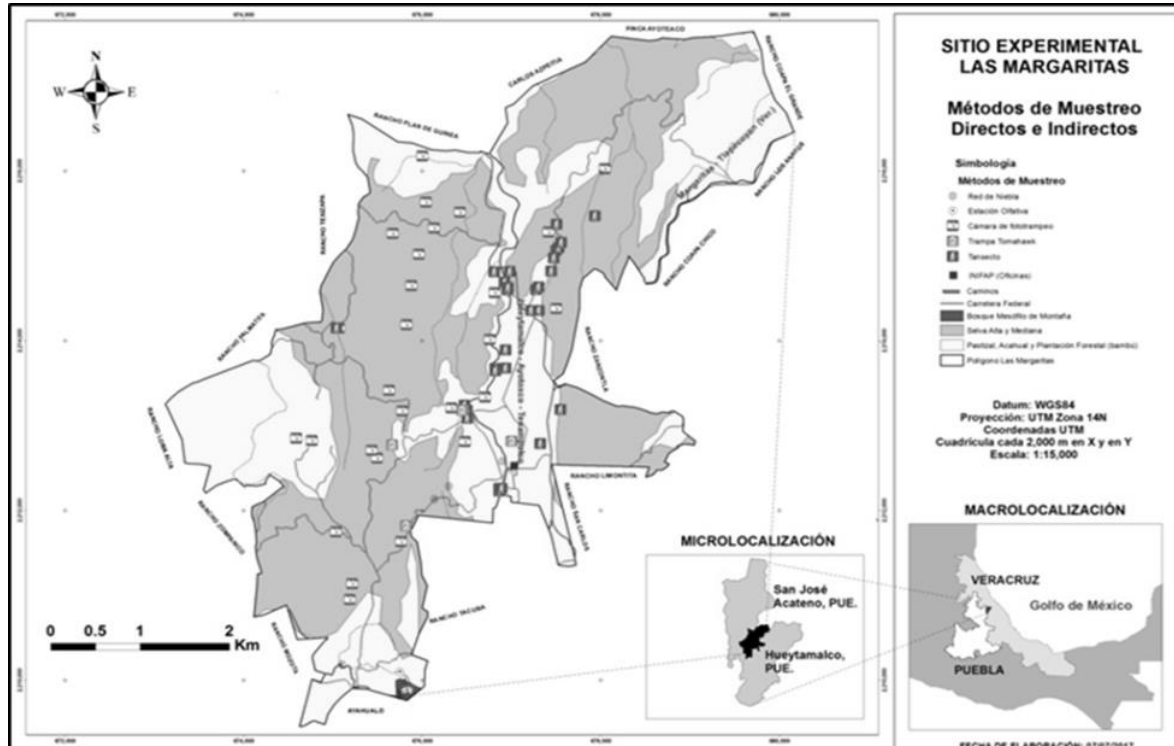
Si bien, para México existen bastos estudios sobre fauna, estos se han enfocado en superficies macros y en estados con una gran riqueza como Chiapas (Cruz-Lara *et al.*, 2004, Espinoza *et al.*, 2004 y Moguel y Cruz, 2004), Oaxaca (Briones-Salas *et al.*, 2001, Botello-López 2004), Veracruz y Tabasco (Sánchez-Hernández *et al.*, 2001). Una de las regiones menos estudiadas y que puede ser el hábitat para una gran variedad de mamíferos es la Sierra Madre Oriental, ya que cuenta con varios tipos de vegetación (Luna *et al.*, 2004). Dentro de esta sierra se encuentra el Sitio Experimental “Las Margaritas” (SEMAR), uno de los campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Hueytamalco, Puebla, con una superficie de 2,523 hectáreas, donde la vegetación predominante es la selva media perennifolia y los acahuales. Es una de las zonas boscosas más conservadas de la región, pues a su alrededor predominan los cultivos de café, plátano, naranja, limón, mandarina, así como la ganadería extensiva de bovinos. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la riqueza de mamíferos medianos en bosques naturales y de acahuales del sitio experimental “Las Margaritas”, utilizando métodos de monitoreo directos e indirectos.



## Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en el sitio experimental Las Margaritas (SEMAR) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se localiza en la coordenada  $20^{\circ} 01' 40''$  de latitud Norte y  $97^{\circ} 18' 11''$  de longitud Oeste, dentro de los municipios de Hueytamalco y San José Acateno, municipios de la sierra nororiental de Puebla. Cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 2,523 hectáreas (INEGI, 2010).

Se realizó un muestreo aleatorio utilizando métodos directos e indirectos de monitoreo de fauna, durante el periodo agosto de 2016 a marzo de 2017. Los métodos indirectos se basan principalmente en la interpretación de los rastros que los mamíferos dejan por su presencia o durante su actividad (Aranda, 2000). Se colocaron estaciones olfativas en dos transectos en el bosque mesófilo de montaña, cada uno de cuatro estaciones de forma circular, en los acahuales y selvas se colocaron 16 estaciones operables (Figura 1).



**Figura 5. Localización de métodos directos e indirectos de muestreo usados para mamíferos.**



La búsqueda de rastros se realizó en la zona norte del predio y a las orillas del río, en promedio se recorrían unos 1.5 kilómetros con el objetivo de recabar huellas. Los rastros se identificaron en campo y se verificaron en gabinete con ayuda de las fotografías, con las medidas y los moldes, mediante el uso de manuales y guías de rastros (Aranda, 2000).

De los métodos directos se usó foto-trampeo, la colocación de redes de niebla, trampas *Tomahawk* y recorridos oportunistas donde el propósito central fue observar al animal en su hábitat natural y tener un registro fotográfico y video (Figura 2).

**Foto-trampeo:** se colocaron seis cámaras HCO Scoutguard® modelo 565f, de ocho mega píxeles, en senderos y en lugares donde era evidente la presencia de animales por sus huellas u otros rastros asociados. Las trampas se activaron por periodos de un mes y se revisaron cada 15 días para verificar el buen funcionamiento del equipo. Sólo el equipo que no registraba actividad alguna se movía a otro punto y el resto permanecía en el mismo sitio. Las cámaras se ubicaron estratégicamente en 26 puntos de muestreo con el fin de abarcar la mayor parte territorial de la zona de estudio. Fueron programadas para que funcionaran las 24 horas del día y para que tomaran secuencias de seis fotos cada minuto si detectaban movimiento, los equipos usados disponen de un sensor de movimiento de alta sensibilidad que activa la secuencia de disparo (cámaras activas). Al ser instaladas en cada una se ajustó la fecha y hora para registrar en cada fotografía esta información.

**Redes de niebla:** se colocaron redes de 12 m de largo en puntos estratégicos como corrales de ganado vacuno, plantación forestal, acahuales y potreros. Los ejemplares se identificaron a nivel especie con ayuda de guías de campo (Medellín *et al.*, 2007).

**Trampas tomahawk:** Se emplearon ocho trampas de este tipo en cuatro noches de muestreo. Se colocaron en diferentes condiciones de vegetación, separadas a una distancia mínima de 100 metros una de otra, fueron colocadas a las 19:00 horas y se revisaban a la mañana siguiente en un horario de 6:00 a 7:00 a.m. Se utilizó



camuflaje con vegetación del lugar y se cebaron con sardina, atún y en algunos casos, con frutas como naranja, guayaba y manzana. Cuando algún ejemplar era capturado se procedía a identificarlo a nivel de especie, determinar su sexo y posteriormente se le tomaban fotografías, posteriormente el ejemplar se liberaba en el mismo sitio.

**Avistamientos:** Se basó en recorridos diurnos en sitios de presencia probable de mamíferos según los rastros hallados previamente, o con base en el conocimiento de guías y trabajadores del CEMAR, con la intención de observar al organismo en su ambiente natural. Se realizaron en diferentes condiciones que presentaba el terreno ya sea en senderos establecidos, así como a la orilla de arroyos. Cuando una especie era avistada de manera ocasional, se registró su presencia, se registró las coordenadas del sitio de avistamiento con un GPS y cuando fue posible se tomó fotografías o video con la ayuda de una cámara digital *Canon modelo Powershot sx410 ISb*®. Además se tomaron datos de la fecha, hora y tipo de vegetación.

Los mamíferos se identificaron con base en Ticul *et al.* (2015), Ceballos y Oliva (2005), Medellín *et al.* (2007) y Aranda (2000).



**Figura 6. Métodos directos para el monitoreo de fauna, A. redes de niebla, B. trampas Tomahawk, C. foto-trampas.**

**Determinación de la riqueza:** Se utilizó un método no paramétrico para estimar la riqueza de especies ya que en las muestras solo se contó con información de datos sobre presencia-ausencia. Con el resultado del estimador se elaboró una curva de





rarefacción de especies, utilizando como unidad de muestreo los días que se dejaron encendidas las diferentes cámaras. Para calcular los valores de los estimadores de diversidad Chao2 se utilizaron los algoritmos del programa Stimates 10.1 (Colwell, 2001).

## Resultados y discusión

Se registraron 22 especies de mamíferos medianos y ocho de murciélagos, entre las que destacan el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el tigrillo (*Leopardus wiedii*), el yaguarundí (*Puma yagouarondi*), la nutria de río (*Lontra longicaudis*), el zorrillo de espalda blanca (*Conepatus leuconotus*) y cuatro especies nuevas de murciélagos: murciélago crepuscular americano (*Nycticeius humeralis*), miotis elegante (*Myotis elegans*), murciélago guanero (*Tadarida brasiliensis*) y murciélago mastín negro (*Molossus rufus*), el total de especies registradas presentan en el Cuadro 1.

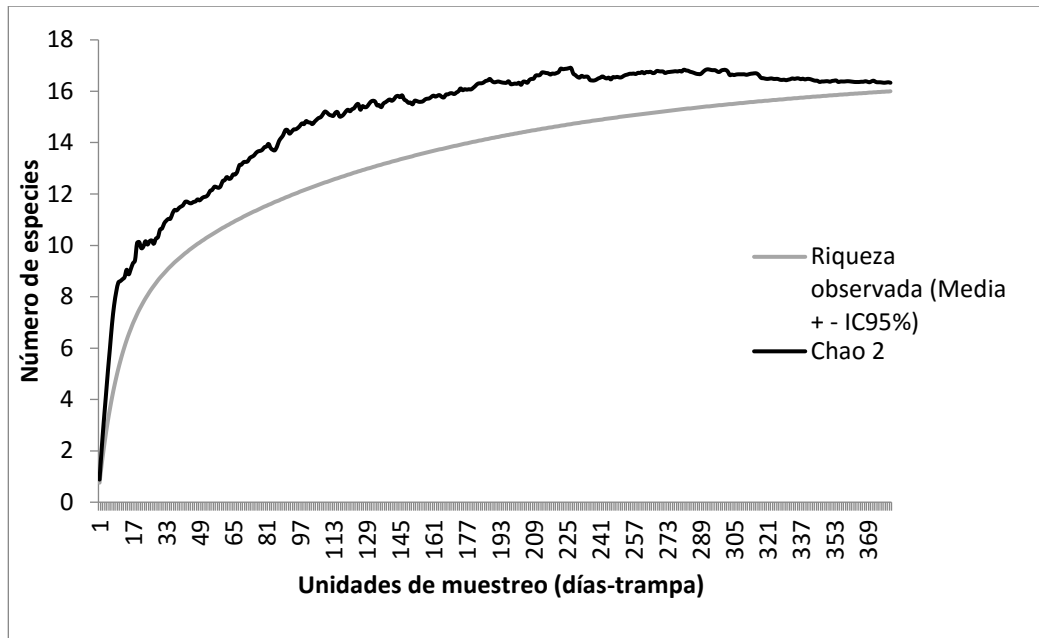
Después de un esfuerzo de 380 días de monitoreo, la curva de acumulación de especies presentó una forma asintótica, por lo que se deduce que se registró el 95% de las especies de mamíferos medianos que existen en los bosques tropicales de Hueytamalco, Puebla (Figura 3). Probablemente existan más especies aún no registradas, por lo que para verificar esta hipótesis sería necesario realizar muestreos adicionales. En una curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo, cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Con base en Chao2, aproximadamente restan hallar dos especies más para la zona de sitio.





**Cuadro 1. Registro de mamíferos silvestres en el SEMAR (2016-2017).**

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	
Didelphimorphia	Didelphidea	<i>Philander opossum</i>	Tlacuache cuatro ojos gris	
		<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache sureño	
		<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache común	
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus</i> sp.	Conejo	
	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris	
		<i>Sciurus deppei</i>	Ardilla negra	
Rodentia	Cricetidae	<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata algodónera	
	Geomyidae	<i>Orthogeomys hispidus</i>	Tuza	
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	
	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>		Zorra gris		
Carnívora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Xaltigrillo u ocelote	
		<i>Puma yagouarondi</i>	Yaguarundi	
		<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo	
	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria o perro de agua	
	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	
		<i>Nasua narica</i>	Tejón o coatí	
		<i>Potos flavus</i>	Martucha	
	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago de cola corta sedosa
			<i>Sturnira ludovici</i>	Murciélago de charreteras mayor
<i>Dermanura tolteca</i>			Murciélago frugívoro tolteca	
		<i>Desmodus rotundus</i>	Murciélago vampiro	
Vespertilionidae		<i>Nycticeius humeralis</i>	Murciélago crepuscular americano	
		<i>Myotis elegans</i>	Miotis elegante	
Molossidae		<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago guanero	
	<i>Molossus rufus</i>	Murciélago mastín negro		
Artyodactila	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus veraecrucis</i>	Venado cola blanca de Veracruz	



**Figura 7. Curva de rarefacción de especies con un esfuerzo de muestreo de 380 días trampa de los mamíferos medianos del CESMAR.**

Este resultado es superior con respecto a estudios realizados en entidades vecinas como el estado de Hidalgo, en donde en una superficie de 1,000 hectáreas sólo se registraron diez especies (Coronel, 2004). De manera similar, supera a la riqueza reportada por (Botello-López, 2004), quien registró diez especies de mamíferos en el estado Oaxaca en un área de 889 ha. En otro estudio realizado en Veracruz en 6,334 ha, es decir, más del doble de la superficie del presente estudio, se registraron 34 especies (Lara, 2012).

## Conclusiones

1. Se registró el 95% de las especies de mamíferos presentes en los bosques tropicales de Hueytamalco, Puebla, donde se observaron 30 especies de mamíferos, de los cuales 22 fueron de mamíferos medianos y ocho de murciélagos.



2. De acuerdo al modelo matemático Chao2, hay probabilidad de encontrar y registrar dos especies más, para lo cual es necesario realizar muestreos adicionales.
3. Los bosques de la zona de estudio son importantes para la fauna local, regional y estatal, pues funciona como un refugio dentro de zonas perturbadas del paisaje regional.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa Volkswagen de México S.A. de C. V. por el apoyo económico para el desarrollo de esta investigación.

## Literatura citada

- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 212 p.
- Botello-López, F. J. 2004. Comparación de cuatro metodologías para determinar diversidad carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México. 48 p.
- Briones-Salas, M. A., Sánchez-Cordero V. y Quintero A. G. 2001. Lista actualizada de mamíferos terrestres del norte de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología (Seri Zoológica) 72: 125-161.
- Ceballos, G. y Oliva G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Fondo de Cultura Económica. México D.F. 987 p.
- Colwell, R. K. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 10. URL [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)



- Coronel, H. A. 2004. Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad del Estado de Hidalgo. 97 p.
- Cruz-Lara, L. E., Lorenzo, C., Soto L., Naranjo E. y Ramírez-Marcial N. 2004. Diversidad de Mamíferos en Cafetales y Selva Mediana de las Cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 63-81.
- Eisenberg, P. L. 2003. Un análisis preliminar de los mamíferos neotropicales. *Biotropica* 2: 150-161.
- Espinoza, E., Cruz E., Lira I. y Sánchez I. 2004. Mamíferos de la Reserva de la Biosfera "La Sepultura", Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 52 (1): 249-259.
- Jiménez-Valverde A. y Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev. Ibér. Aracnol.* 8: 151-161.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 21076. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F., México.
- Lara, F. A. H. 2012. Catálogo mastofaunístico del municipio de Xoxocotla, Veracruz, una herramienta para la conservación. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 90 p.
- Luna, I., Morrone J. y Espinosa D. 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. UNAM-CONABIO. México. 527 p.
- Medellín, R. A., Arita H. T. y Sánchez O. H. 2007. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo. Segunda edición. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 79 p.
- Moguel, J. A. y Cruz E. 2004. Riqueza y abundancia relativa de los carnívoros en la Reserva de la Biosfera "El Triunfo" (Polígono I) Chiapas, México. *Memorias del VII Congreso Nacional de Mastozoología*. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 111 p.
- Sánchez-Hernández, C., Romero-Almaráz M. L., Colín-Martínez H. y García-Estrada C. 2001. Mamíferos de cuatro áreas con diferente grado de alteración en el Sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 84: 35-48.





- Ticul, A. S., Castañeda, T. A. y González N. R. 2015. Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio. Guadalajara, Jalisco, México. 528 p.
- Voss, R. S. y Emmons L. H. 1996. Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 230:1-115.



## ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA FORESTAL GENERADA EN EL TORMENTO ESCÁRCEGA, CAMPECHE

Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez<sup>\*210</sup>, Aixchel Maya Martínez<sup>210</sup>, Yameli Aguilar Duarte<sup>210</sup> y  
Ligia Esparza Olguín<sup>211</sup>

### Resumen

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo de tipo bibliométrico para evaluar y analizar los flujos de la producción científica del Campo Experimental El Tormento de 1961-2007 a través de indicadores. Se analizó un total de 127 publicaciones, las cuales se clasificaron por tema y tipo de publicación, entre las que destacan publicaciones técnicas presentadas en congresos sobre temas de manejo y plantaciones forestales. Se identificaron dos períodos de mayor productividad 1980-1989 y 1990-1999 coincidente con la apertura del programa de fortalecimiento del Campo Experimental, la aprobación de varios proyectos y generación de tecnología forestal. El índice de asociatividad fue de 1.2, lo que sugiere una mayor tendencia a la colaboración que al trabajo individual y en el período de 1970-1979 fue donde se registró el mayor número de autores transitorios o que solo aparecieron una sola vez en los índices de fuentes bibliográficas consultadas.

**Palabras clave:** indicadores bibliométricos, plantaciones forestales, El Tormento

### Introducción

Las publicaciones permiten difundir los resultados de la investigación hacia la comunidad científica y la sociedad (Castro-Rodríguez y Granados-Pomarinos, 2016).

---

<sup>210\*</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [uzcanga.nelda@inifap.gob.mx](mailto:uzcanga.nelda@inifap.gob.mx)

<sup>211</sup> Colegio de la Frontera Sur-Campeche.



Además, proporcionan una visión de los campos del conocimiento en el que se aplican y son una herramienta para conocer la historia de la investigación, porque lo investigado por un grupo de científicos suele ser utilizado por otros, para analizar, ampliar o mejorar (Fong-Reynoso *et al.*, 2017).

Los estudios bibliométricos permiten evaluar y expresar los flujos de información en ciencia y tecnología y establecer sus relaciones (Castro-Rodríguez y Granados-Pomarinos, 2016). Estos se han utilizado en todos los campos del conocimiento para evaluar la productividad y realizar comparaciones entre áreas e inclusive para el financiamiento de investigaciones, promoción de los investigadores, asignación de becas, recompensa de las actividades de investigación entre otras. (Salgado y Páez, 2007).

Existen diferentes tipos de evaluaciones, entre ellas están las que miden la calidad y el impacto de las publicaciones científicas (indicadores de publicación) y aquellas que miden el impacto y las vinculaciones o relaciones entre las publicaciones científicas (indicadores de citación) (Peña *et al.*, 2011).

En la actualidad existe la preocupación por identificar sistemas de evaluación de la actividad investigadora que sean justos tanto para los propios implicados en la investigación como para los evaluadores. Por ejemplo, en España las entidades del Ministerio de Educación y Ciencia encargadas de realizar las evoluciones se basan en dos criterios básicos, la cantidad (número de artículos publicados en revistas indexadas en *Institute for Scientific Information (Thomson-ISI)* y la calidad de lo producido (índice de impacto de la revista) (Salgado y Páez, 2007).

En el caso de las revistas y de la producción científica de América Latina y El Caribe se basan principalmente en dos criterios: calidad y visibilidad, ya que la visibilidad despierta el interés de los autores por publicar en dicha revista y a mayor cantidad de trabajos recibidos, la selección de los artículos eleva la calidad de los contenidos (Miguel, 2011). La idea de que solo se evalúa lo que se puede mejorar, implica que la evaluación de la producción científica no solo tiene que ser objetiva, sino que debe servir para reorientar resultados e identificar aciertos (Peña *et al.*, 2011).

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar y analizar los flujos de la productividad científica forestal generada en el Centro de Investigación y



Transferencia de Tecnología Forestal antes conocido como Campo Experimental (C. E.) El Tormento, que, desde su creación en 1961, ha desarrollado investigación en plantaciones forestales, uso múltiple del suelo, industria de la madera y manejo forestal.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo del periodo 1961-2007 sobre la producción científica forestal generada en C. E. El Tormento. Para el análisis se compilaron 127 publicaciones que fueron sistematizadas en una base de datos para su clasificación por tema y tipo de publicación según los Lineamientos de Publicación del INIFAP. También se calcularon indicadores bibliométricos utilizados para evaluar la productividad científica tales como indican Machado y Hernández (2015).

Índice de productividad (IP) se calculó a través del logaritmo natural del total de documentos originales expresada como:  $IP = \log (Td)$

Dónde:

IP = Índice de Productividad.

Td = Total de documentos originales incluidos en la muestra.

El Índice de Asociatividad (IA) se calculó para medir el promedio de autores por documento dentro del conjunto de documentos objeto de la investigación.

Índice de Transitoriedad expresado en porcentaje se calculó para identificar a los autores transitorios (AT) dentro de la muestra analizada, definidos como aquellos cuyos nombres aparecen solo una vez en los índices de fuentes bibliográficas.

$IT = (AT/Ta) * 100\%$

Dónde:

IT = Índice de transitoriedad.

AT = Autor transitorio.

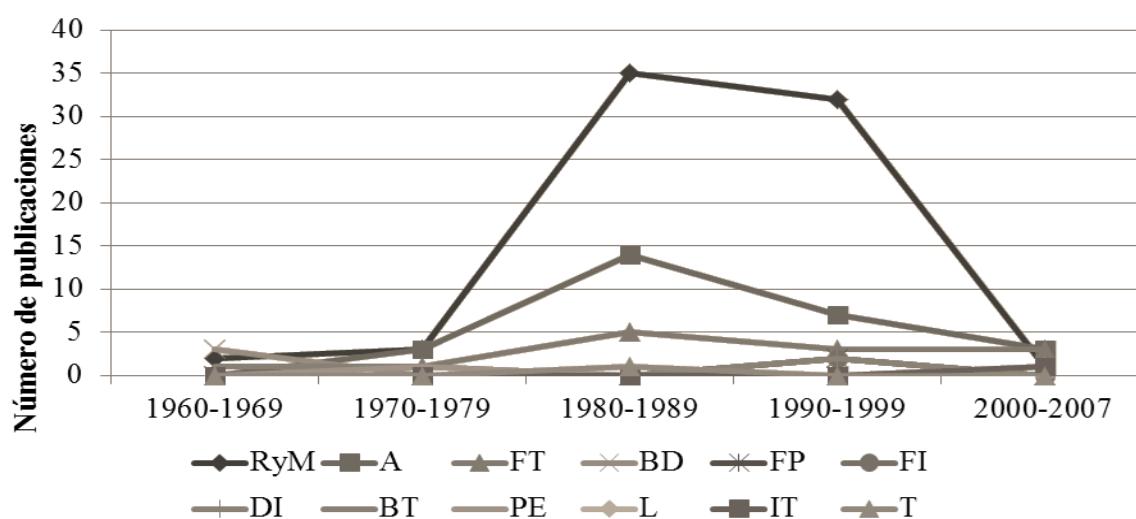
Ta = Total de autores identificados en la muestra.





## Resultados y discusión

De los 127 documentos compilados el 40.2% se relacionaron con temas de plantaciones forestales, 30.4% con manejo forestal, 11.8% con uso múltiple de los recursos forestales, 7.9% sobre silvicultura, conservación, biodiversidad, mejoramiento genético y generalidades del Tormento y 9.7% sobre tecnologías y productos de la industria de la madera. Estos se clasificaron por tipo de publicación donde destaca principalmente los trabajos presentados en congresos durante los períodos de 1980-1989 y 1990-1999 (Figura 1).



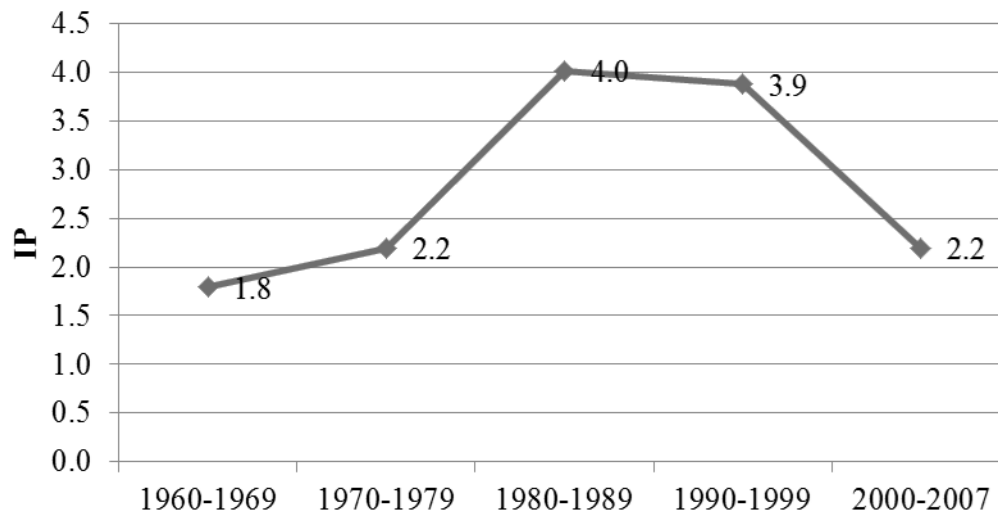
RyM= Recopilaciones y memorias, A=Artículos en revista, FT= Folleto técnico, BD= Boletín divulgación, FP= Folleto para productores, FI= Folleto de investigación, DI= Desplegable informativa, BT= Boletín técnico, PE= Publicación especial, L=Libro, IT=Informe técnico, T=Tesis.

**Figura 1. Número y tipo de publicaciones por período de tiempo.**

Con respecto al índice de productividad (IP) se observó que también en 1980-1989 y 1990-1999 se concentró la mayor productividad con relación al número de publicaciones generadas y es también para esos mismos períodos que se publicaron el mayor número de artículos en revistas científicas entre las que figuran Ciencia Forestal en México ahora Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Revista Madera y Bosques, Revista Forestal Centroamericana, Revista de Ciencias Forestales



y del Ambiente, Acta Botánica Mexicana y Anales del Instituto de Biología Serie Zoología-UNAM, (Figura 2).



**Figura 2. Índice de productividad científica forestal en el período 1960-2007.**

Al respecto se encontró que, durante el período 1980-1989, inició el programa de fortalecimiento institucional del INIFAP que permitió la contratación de ocho investigadores forestales de diversas disciplinas como tecnólogos de la madera, biólogos e ingenieros forestales que impactaron positivamente en la productividad científica. Paralelamente, se estableció un banco de propagación de *Gliricidia sepium* (cocoite) y un banco clonal de *Gmelina arborea* (melina). Se monitoreó el comportamiento de diferentes especies como: *Pimienta dioica* (pimienta), *Blepharidium guatemalense* (popiste blanco), *Tectona grandis* (teca); adicionalmente, se realizaron actividades de regeneración por tocones de *Eucalyptus* sp. (eucalipto) y de melina), así como estudios de espaciamientos en plantaciones de *Tabebuia rosea* (maculis) y comparaciones de diámetro en especies de rápido crecimiento (teca y melina) (Marín, 2017; Centeno, 1990; Uzcanga et al., 2018).

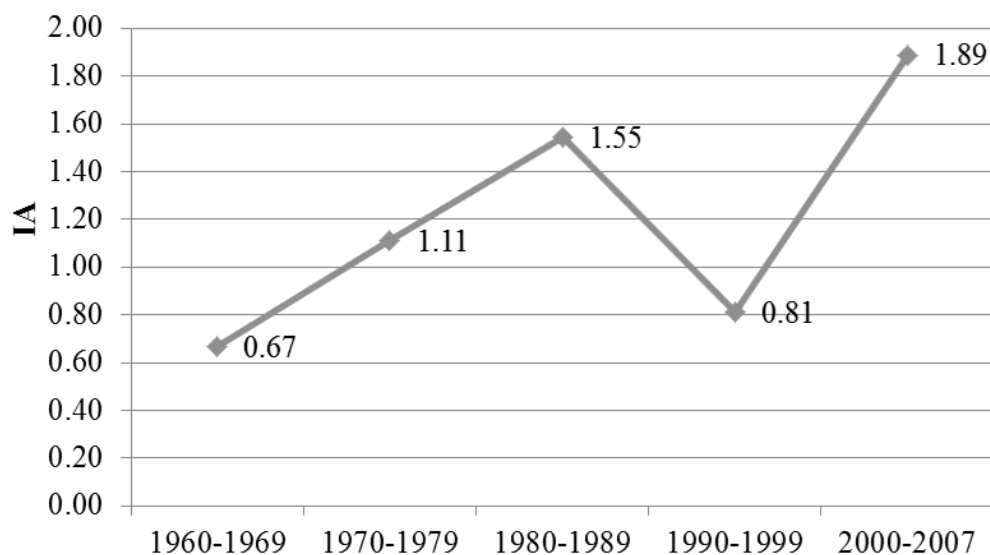
Así mismo, se establecieron ocho sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS), con el propósito de conocer los patrones de comportamiento y predecir las tendencias de las especies que componen la selva, sus interacciones entre ellas y



con otros organismos en condiciones naturales. Se realizaron monitoreos de la regeneración natural de selva para las especies *Cedrela odorata* (cedro) y *Swietenia macrophylla* (caoba). Se realizaron estudios sobre el número y la distribución de los árboles en plantaciones de *Brosimum alicastrum* (ramón), para determinar la época más propicia para realizar el aprovechamiento del látex. Además de la caracterización de los tipos de suelos presentes en el C. E. El Tormento (Marín, 2017; Centeno, 1990; Uzcanga *et al.*, 2018).

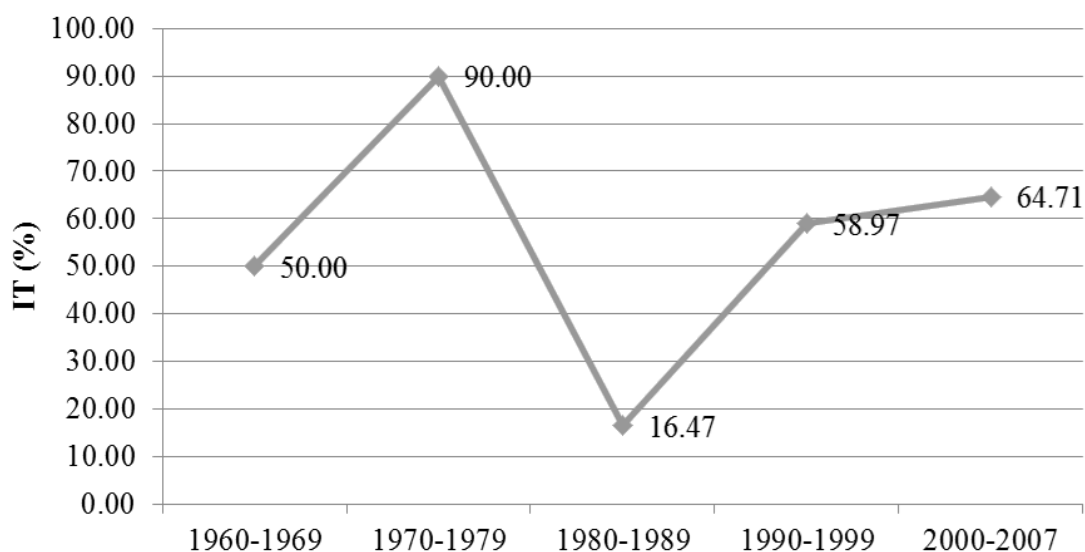
En el segundo período de alta productividad (1990-1999), se iniciaron trabajos que permitieron plasmar los resultados en diferentes publicaciones como la recolección de orquídeas, obteniendo 20 especies diferentes para conformar lo que hoy se conoce como El Orquideario. Se establecieron parcelas experimentales para medir el rendimiento de chicle de *Manikara zapota* (chicozapote) por árbol. Así mismo, la Fundación Produce Campeche (FUPROCAM) financió varios proyectos en temas como módulos agroforestales, manejo y conservación de recursos forestales, espaciamientos con régimen de aclareos para la producción de madera aserrada en una plantación de caoba establecida en 1963 con fines de reforestación, validación de plantaciones de melina, *chamaedorea oblongata* (palma camedor) bajo vegetación secundaria y de *Lippia* sp. (lipia) como alternativa para el complemento en la alimentación de los apiarios. Además, se generaron varias tecnologías sobre aspectos para el establecimiento de plantaciones de melina, caoba y cedro rojo. Aspectos sobre reproducción de la especie caoba, melina, *Delonix regia* (framboyán), *Leucaena* sp. (Huaxin), *Enterolobium cyclocarpum* (pich), *Piscidia piscipula* (jabín), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) y *Bursera simaruba* (chaká) (Marín, 2017; Castillo, 2005; INIFAP, 1998; INIFAP, 1999; INIFAP-SAGAR, 1999).

Por otra parte, el índice de asociatividad (IA) en todo el período fue de 1.2, lo que sugiere una mayor tendencia a trabajos en colaboración que individuales, exceptuando los períodos de 1960-1969 y 1990-1999 donde hubo mayor preferencia por publicaciones individuales (Figura 3).



**Figura 3. Índice de asociatividad entre autores en el período 1960-2007.**

El porcentaje de transitoriedad fue del 28.4% en general. No obstante, se observó que durante 1970-1979 se registró el mayor número de autores transitorios en relación al número de publicaciones generadas durante ese período, seguido por el período de 2000-2007 (Figura 4).



**Figura 4. Índice de transitoriedad de los autores en el período 1960-2007.**





## Conclusiones

1. Los análisis bibliométricos permitieron realizar un recuento histórico sobre los enfoques y la evolución de las investigaciones forestales del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal El Tormento, como antecedentes claves que sirven de base para las propuestas actuales de investigación.
2. El principal medio de divulgación de resultados fue a través de las reuniones nacionales del INIFAP que sirvieron como plataforma de intercambio de conocimiento.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el financiamiento del proyecto “Reactivación de las investigaciones forestales en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología El Tormento”.

## Literatura citada

- Castillo, J. C. 2005. Aclareos en una plantación de *Swietenia macrophylla* King. (Caoba). Informe técnico de cancelación de proyecto No. 2872.
- Centeno, E. L. R. 1990. Inventario forestal en la zona norte del Campo Experimental Ing. Eduardo Sangri Serrano. In: Memoria de la Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. CIFAP. Chiná, Campeche, México. pp. 148.
- Fong-Reynoso, C., Flores-Valenzuela, K. E. y Cardoza-Campos, L. M. 2017. La teoría de recursos y capacidades: Un análisis bibliométrico. *Revista Nova Scientia* 19 (2): 411-440.
- INIFAP. 1998. Tecnologías llave en mano. División Forestal. México: SAGAR-INIFAP.
- INIFAP. 1999. 500 Tecnologías llave en mano. México, D.F.: SAGAR-INIFAP.



- INIFAP-SAGAR. 1999. Resultados de investigación 161 logros tecnológicos 1999. México: SAGAR-INIFAP.
- Machado, M. y Hernández, H. 2015. Indicadores de productividad e impacto de la Revista Cubana de Farmacia durante el período de 1995-2013. Revista Cubana de farmacia 49(2): 337-350.
- Salgado, J. y Páez, D. 2007. La productividad científica y el índice h de Hirchs de la psicología social española: convergencia entre indicadores de productividad y comparación con otras áreas. Revista Psicothema 19(2):179-189.
- Peña, D., Portillo, L. y Caldera, E. 2011. Indicadores de productividad, colaboración y circulación de la investigación. Caso: Escuela de bibliotecología y Archivología de la Luz. Revista Documentación de las Ciencias de la Investigación 34: 291-306.
- Miguel, S. 2011. Revistas y producción científica de América Latina y el Caribe su visibilidad en SciELO, RedALyC y SCOPUS. Revista Interamericana de Bibliotecología 34(2): 187-199.
- Castro-Rodríguez, Y. y Granados-Pomarinos, S. 2016. Productividad científica de revistas odontológicas peruanas. Evaluación de los últimos 10 años. Revista Educación Médica 18 (3): 174-178.
- Marín, M. 2017. Reconstrucción histórica de El Tormento. Conferencia. Escárcega Campeche, 3 de mayo del 2017.
- Uzcanga, N., Aguilar, Y., Maya, A., Díaz, E. y Esparza, O. 2018. Compendio histórico de la investigación realizada en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal El Tormento. CIR-Sureste. Publicación Especial Núm. 10. C. E. Mocochoá, Yucatán. 36 p.



## SECUENCIA Y REGISTRO DE ESCOLÍTINOS ASOCIADOS A BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA-PINAR EN COXMATLA, VERACRUZ

Claudia Guadalupe Gómez Falcón<sup>212</sup>, Héctor Viveros Viveros<sup>212</sup>, Armando Aparicio Rentería<sup>212</sup>, Rodolfo Sánchez González<sup>213</sup> y César Ruíz Montiel<sup>213\*</sup>

### Resumen

Los insectos tienen importancia económica ya que inciden directa o indirectamente en los productos que utiliza la sociedad puesto que constituyen plagas de cultivos, agentes de control biológico y de conversión, vectores de enfermedades, entre otros. En la actividad silvícola de un bosque, diversos factores bióticos, abióticos y acciones de manejo forestal, inciden en la abundancia y diversidad de la entomofauna que a su vez afectan las interacciones entre plantas y depredadores. Este estudio ofrece datos preliminares sobre la secuencia de coleópteros en la colonización de su hospedante y el registro de insectos que permitan conocer en parte la diversidad de insectos en un bosque mesófilo de montaña-pinar, ubicado en la localidad de Coxmatla, Xico, Veracruz. El sitio se caracteriza por tener condiciones de bosque de alta montaña, situados en climas húmedos y fríos, donde es común encontrar descortezadores. Para la captura de coleópteros, particularmente de escolítinos, se utilizaron trampas tipo Cruz con alcohol etílico, se establecieron en arreglo bolillo a 100 m de distancia entre ellas y una altura de 1.50 m respecto al suelo. Se recolectaron muestras periódicamente en cada uno de los sitios durante 5 semanas, con la finalidad de registrar la diversidad de insectos. Para conocer la secuencia de colonización, se realizó el derribo de un árbol de *Pinus pseudostrobus* y se cortó en trozas de 40 cm de largo, utilizadas como atrayente a posibles ataques de descortezadores. Se recolectaron 163 insectos, agrupados en 7 órdenes, donde Coleoptera fue el orden con mayor número de especies registradas,

---

<sup>212</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>213</sup> Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Forestales. ruizmon@hotmail.com



las cuales pertenecen a 15 familias, entre las que destacan Salpingidae, Curculionidae, Staphylinidae y Platypodinae. En trozas usadas como cebo, se recolectaron 69 especímenes distribuidos en cuatro órdenes, Coleóptera fue el más abundante; se encontró una alta incidencia de los escolítidos de importancia forestal: *Ips integer*, *I. cribricollis*, *Pseudips mexicanus* y *Gnathotrichus sulcatus*.

**Palabras clave:** entomofauna, plaga forestal, trampa, diversidad, Coleóptera

## Introducción

En la producción forestal la sanidad constituye el mejor indicador de la calidad de la madera; entre los agentes bióticos que más interfieren con un buen estado sanitario se encuentran los escolítidos (Coleóptera: Curculionidae Scolytinae) (Lombardero, 1995). Estos son un grupo de insectos de pequeño tamaño y forma cilíndrica o semiesférica, son de interés forestal, ya que son considerados plagas de coníferas. Forman una gran familia que comprende aproximadamente 180 géneros y 6,000 especies (Booth *et al.*, 1990). Su ciclo biológico pasa por las fases subcortical y aéreo. El periodo juvenil transcurre en la fase subcortical y por tanto en el interior del árbol, ya que deposita los huevos directamente en el floema que va a ser su medio de alimentación hasta que pasen al estado de adulto y salga para su reproducción (Coulson, 1979). Los adultos, en el momento de la reproducción salen e inician su período de vuelo que constituye la fase aérea (McNee *et al.*, 2000). Dada la naturaleza biológica de la madera, así como su composición química, es propensa al deterioro por acción de organismos. Poder reconocer los daños causados por estos bio-degradadores del material lignocelulósico, constituye una de las primeras medidas de control, ya que identificado el agente causal, es posible implementar estrategias de manejo y eliminación (Berrocal, 2007). El bosque mesófilo de montaña es uno de los ecosistemas terrestres más amenazados a nivel nacional, es de alta importancia debido a la extraordinaria biodiversidad que albergan y a los servicios hidrológicos que proveen (CONABIO, 2010). A pesar de su riqueza e

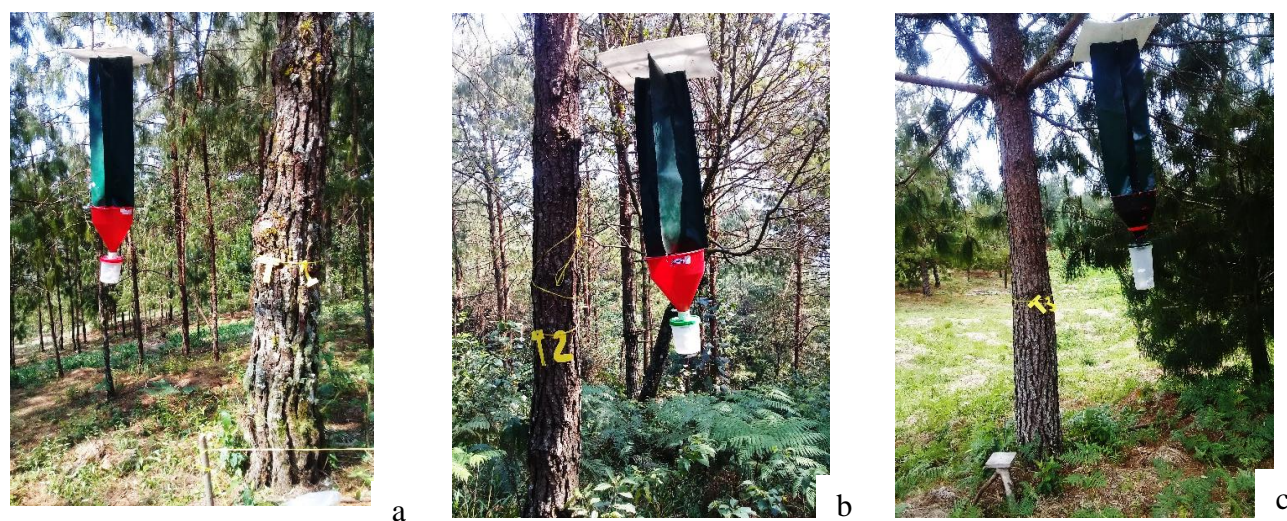




importancia, este bosque, así como otros tipos de vegetación han sido gravemente afectados por la deforestación, resultado de cambios en el uso del suelo y el crecimiento demográfico (García *et al.*, 2014). Conocer las especies de escolítinos que puedan vivir asociados a un bosque mesófilo de montaña-pinar (BMM-Pinar) y el seguimiento poblacional de las especies detectadas, puede ser de gran interés al realizar un diagnóstico para un futuro manejo forestal.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en la localidad de Coxmatla, Xico, Veracruz, ubicada en las coordenadas 19° 25' 54.20" N y 97° 04' 44.30" O; a una altitud de 1950 m. Se caracteriza por presentar bosque mesófilo de montaña y bosque de pino, con clima semicálido húmedo con lluvias todo el año. Dominan las especies arbóreas *Pinus pseudostrobus* Lindl y. *P. patula* Schl. et Cham. Se eligieron tres sitios representativos de la condición general del bosque (Figura 1). En el sitio 1, se derribó un árbol de *P. pseudostrobus*. Para detectar especies de escolítidos se utilizaron dos métodos de colecta, trampas tipo cruz y el uso de trozas cebo de acuerdo con González *et al.* (2010).



**Figura 1. Sitios de muestreo, a) bosque de *Pinus pseudostrobus*, b) bosque mesófilo de montaña, c) bosque de *P. patula*.**



Las trampas tipo cruz fueron cebadas con alcohol etílico como atrayente y se establecieron en un arreglo 3 bolillo, a una altura de 1.50 m y 100 m de distancia entre ellas. La recolección de los insectos en cada sitio se realizó en la semana posterior a su colocación, se realizaron 5 colectas durante el periodo de abril-mayo. Adicionalmente, en el sitio 1, se derribó un árbol de *Pinus pseudostrobus*, fue seccionado en trozas de 40 cm de largo, las cuales se mantuvieron en campo (Figura 2) durante 2 meses (abril-junio). Se obtuvieron 23 trozas, durante 7 semanas se hicieron cortes periódicos de corteza (20 cm aprox.) en trozas con ataque de descortezadores. Los especímenes se preservaron en alcohol al 70% para su posterior identificación en laboratorio. La identificación del material biológico se realizó de acuerdo a la colección de insectos del INIFOR y a Atkinson (2019).



**Figura 2. a) Derribo del árbol, b) Incubación de trozas en campo.**

## Resultados y discusión

### Abundancia de insectos descortezadores en trampas

De las trampas con alcohol etílico se recolectaron 163 insectos (Cuadro 1) agrupados en 7 órdenes, de los cuales, Coleóptera tuvo el mayor número de especies registradas, las cuales pertenecen a 15 familias, entre las que destacan: Salpingidae (28), Curculionidae (26), Staphylinidae (7) y Platypodinae (1).





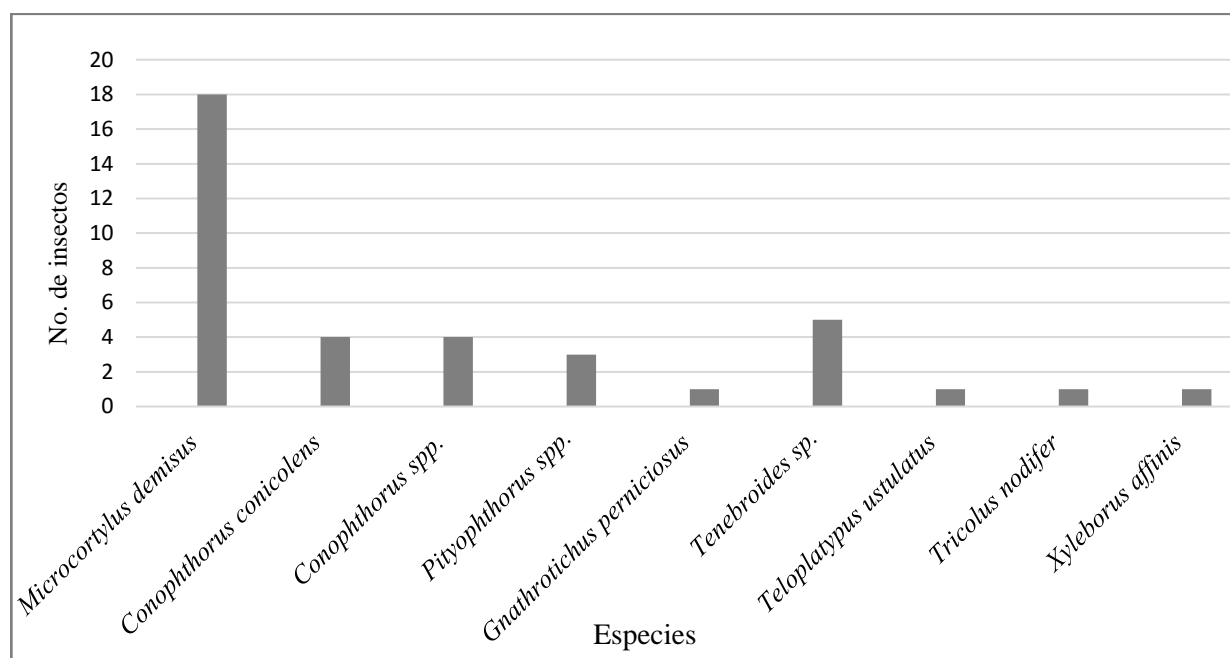
**Cuadro 1. Listado de especies colectadas en los 3 sitios de muestreo**

Orden	Familia	Nombre del insecto	No. de insectos
Coleoptera		<i>Microcortylus demisus</i>	18
Thysanoptera		<i>Thrips</i>	4
Coleoptera	Salpingidae	Sin identificar	28
Coleoptera	Curculionidae	Sin identificar	10
Lepidoptera		Sin identificar	6
Coleoptera	Curculionidae	<i>Conophthorus conicolens</i>	4
Collembola		Sin identificar	6
Coleoptera	Curculionidae	<i>Conophthorus</i> spp.	4
Diptera		Sin identificar	22
Coleoptera	Cerambycidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Staphylinidae	Sin identificar	7
Coleoptera	Coccinellidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Pityophthorus</i> spp.	3
Hymenoptera		Sin identificar	6
Coleoptera	Bostrichidae	Sin identificar	4
Coleoptera	Carabidae	Sin identificar	5
Coleoptera	Elateridae	Sin identificar	14
Coleoptera	Brentidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Hylastes</i> spp.	2
Coleoptera	Curculionidae	<i>Gnathotrichus perniciosus</i>	1
Coleoptera	Trogossitidae	<i>Tenebroides</i> sp.	5
Coleoptera	Trogossitidae	Sin identificar	1
Hemiptera		Sin identificar	1
Coleoptera	Nitidulidae	Sin identificar	3
Coleoptera	Chrysomelidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Platypodinae	<i>Teloplatus ustulatus</i>	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Tricolus nodifer</i>	1
Coleoptera	Platypodinae	Sin identificar	1
Lepidoptera	Geometridae	Sin identificar	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Xyleborus affinis</i>	1

También se identificaron 9 especies asociadas a coníferas (Figura 3). *Microcortylus demisus* fue la especie abundante en los 3 sitios de muestreo, con 18 organismos. Así mismo, *Conophthorus conicolens* (Figura 4) o “Broca de los conos” con 4 organismos, esta especie barrena los conos y ocasiona la pérdida de las semillas; frecuentemente se le puede recolectar en conos sobre el suelo, los ataques se llevan a cabo mientras están sobre el árbol (Atkinson et al., 1986). *Gnathotrichus perniciosus*, fue otra de las especies encontradas en trampas, con 1 organismo, ataca troncos de pinos de árboles talados o en pie (Atkinson et al., 1986). Se registró a



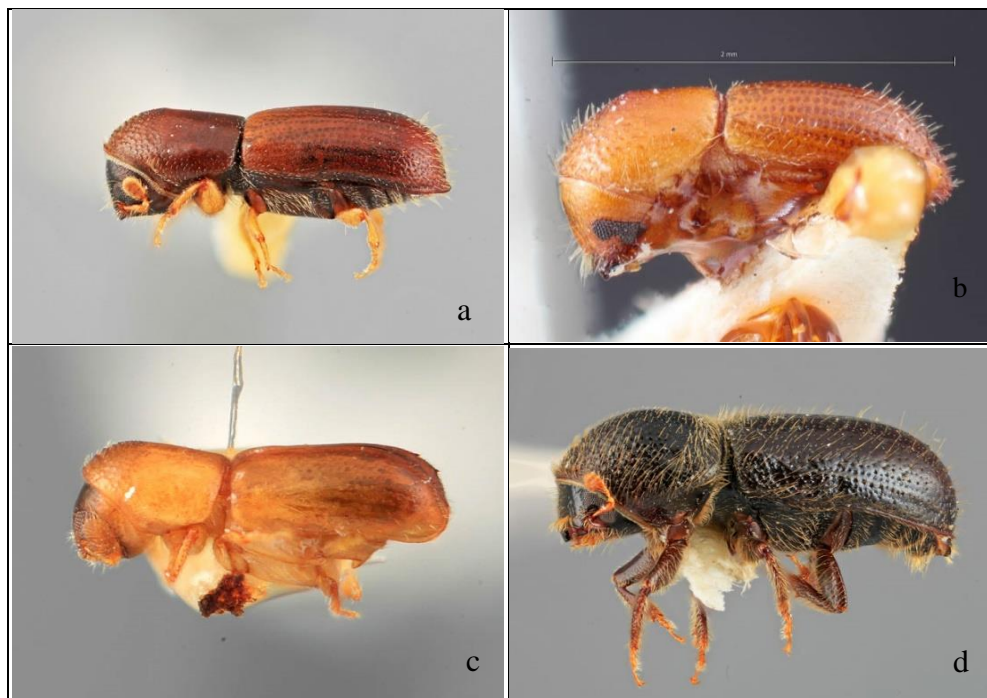
*Xyleborus affinis* (Figura 4), un escarabajo ambrosial que ataca árboles estresados, en proceso de muerte o ya muertos, a causa de su asociación frecuentemente con un hongo fitopatógeno. Lo anterior indica que el método de trapeo usado permite conocer la diversidad de escolítinos y puede ser una alternativa para la captura de especies de interés.



**Figura 3. Abundancia de especies asociadas a coníferas colectadas en trampas.**

El uso de las trampas de alcohol es ampliamente recomendable para la captura de insectos barrenadores de madera, especialmente para los Scolytinae y Platypodinae ya que resulta ser un método eficiente para, diferentes ecosistemas (Gerónimo et al., 2015). No se registraron *Ips* en las trampas con alcohol, porque no se utilizó una feromona específica o para el género. Las trampas de alcohol son el método de captura más eficiente, sin embargo, es importante la utilización de otros métodos que complementan y enriquecen la información obtenida (Pérez et al., 2009).





**Figura 4. Vista lateral de a) *Microcortylus demisus*, b) *Conophthorus conicolens*, c) *Gnathotrichus perniciosus* y d) *Xyleborus affinis*.**

#### **Abundancia de insectos descortezadores en trozas cebo**

Mediante trozas cebo se recolectaron 69 especímenes (Cuadro 2), distribuidos en 4 órdenes, de los cuales Coleoptera fue el más abundante con 7 familias (Curculionidae, Staphylinidae, Salpingidae, Cerambycidae, Nitidulidae, Chernetidae y Trogossitidae) y 1 subfamilia (Scolytidae). Se registró la presencia de 4 especies de escoltinos: *Ips integer*, *Ips cribicollis*, *Pseudips mexicanus* y *Gnathotrichus sulcatus* (Figura 5). El género *Ips* se encuentra entre los descortezadores más comunes de los bosques de coníferas. El ataque de las especies de *Ips* puede darse en el tronco principal, ramas o copa de los pinos, pero no suelen atacar a nivel de raíces como en el caso *D. valens* (Macías e Hilje, 2001).

**Cuadro 2. Listado de especies colectadas en trozas cebo.**

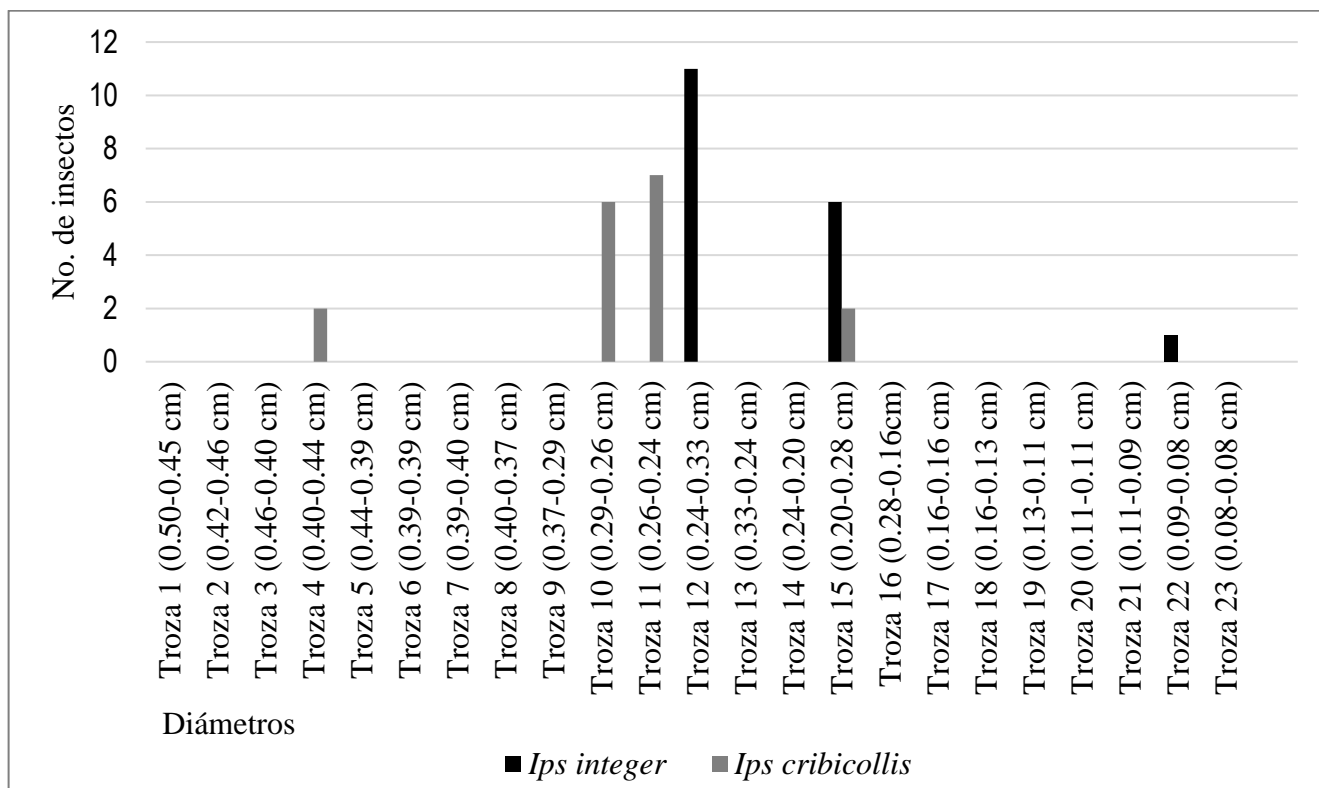
Orden	Familia	Especie	No. de insectos
Coleoptera	Scolytidae	<i>Ips integer</i>	18
Coleoptera	Scolytidae	<i>Ips cribricollis</i>	17
Coleoptera	Curculionidae	<i>Pseudips mexicanus</i>	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Hylastes</i> spp.	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Gnathotrichus sulcatus</i>	1
Coleoptera	Scolytidae	Sin identificar	2
Coleoptera	Staphylinidae	Sin identificar	2
Coleoptera	Salpingidae	Sin identificar	3
Coleoptera	Cerambycidae	Sin identificar	6
Dermaptera		Sin identificar	9
Coleoptera	Curculionidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Nitidulidae	Sin identificar	1
Pseudoscorpionida	Chernetidae	Sin identificar	1
Coleoptera	Curculionidae	<i>Cossonus</i> spp.	2
Collembola		Sin identificar	3
Coleoptera	Trogossitidae	Sin identificar	1



**Figura 5. Vista lateral de a) *Ips integer*, b) *Ips cribricollis*, c) *Pseudips mexicanus* y, d) *Gnathotrichus sulcatus*.**

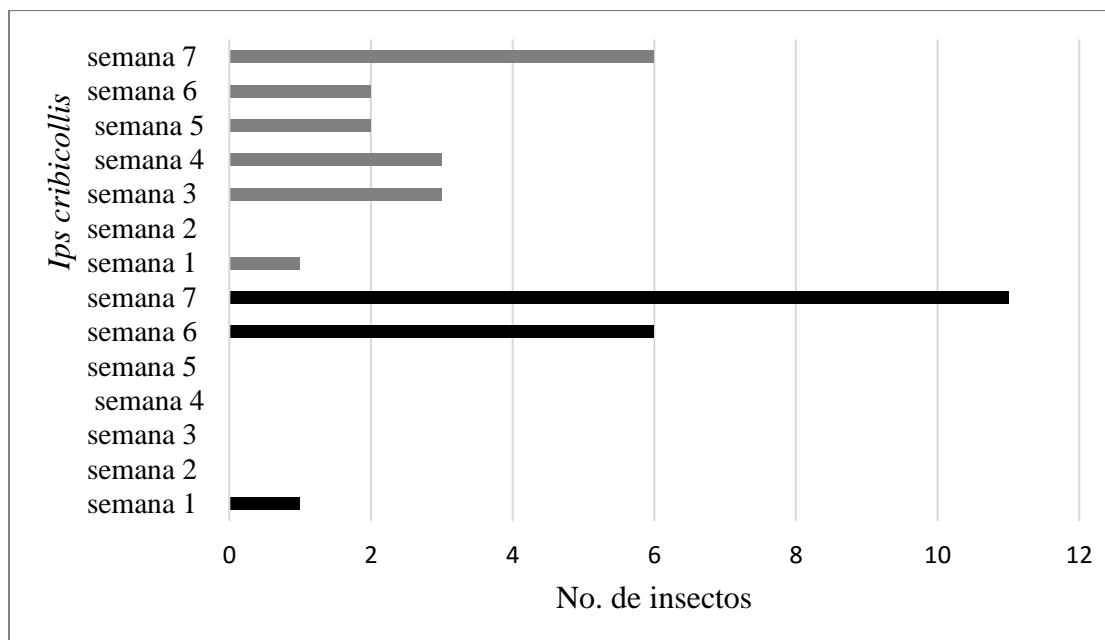


Arellano *et al.* (2014) señalan que las especies del género *Ips* reportadas para Tetela de Ocampo, Puebla en *Pinus pseudostrobus* son: *Ips calligraphus*, *I. cribicollis*, *I. bonanseai* e *I. integer*, además, *Pseudips mexicanus*; lo anterior coincide en 3 especies (*I. cribicollis*, *I. integer* y *P. mexicanus*) identificadas en este estudio que colonizaron las trozas de *P. pseudostrobus*. La afectación de *I. cribicollis*, no llega a causar la muerte del arbolado, razón por la cual es considerada plaga secundaria. *I. integer* es una especie que se encuentra solamente en troncos derribados, no se encuentra en árboles en pie; se distribuye en todo el rango altitudinal de *Pinus* en el estado de Morelos (Atkinson, 1986); sin embargo, en Veracruz aún no existe información al respecto. De acuerdo al diámetro de las trozas infectadas en campo, las especies de *Ips* indentificadas se distribuyeron de la siguiente forma; *I. cribicollis* tiene preferencia por la parte media baja del árbol (trozas 4, 10, 11 y 15) e *I. integer* se encontró en la parte media superior (trozas 12, 15 y 22) del árbol (Figura 6).



**Figura 6.** Distribución de *Ips integer* e *I. cribicollis* de acuerdo al diámetro de la troza.





**Figura 7. Secuencia de colonización de *Ips integer* e *I. cribicollis* en trozas de *P. pseudostrobus*.**

Respecto a la secuencia de colonización de ambas especies, *I. cribicollis* siempre estuvo presente en las trozas, a diferencia de *I. integer*, el cual llegó a colonizar en la primera y las últimas dos semanas de colecta (Figura 7), quizás debido a que su ciclo biológico es más largo que *I. cribicollis*, ya que se colectaron individuos en estado adulto. En las últimas dos semanas de colecta, la abundancia de especies fue mayor, respecto a las primeras semanas, lo que indica que conforme el material vegetal se descompone la sucesión de especies colonizadoras varía en el tiempo. Llegando primero especies como *Hylastes* sp., *Gnathotrichus sulcatus*, seguidas de organismos de las familias Staphylinidae, Salpingidae, Cerambycidae y finalmente *Cossunus* sp., *Ips* y la familia Trogossitidae.

## Conclusiones

1. La trampa de cruz cebada con alcohol es una buena alternativa para la captura o monitoreo de especies de escolítidos.
2. La sucesión de especies colonizadoras en las trozas varía en el tiempo.





3. Las especies del género *Ips* son consideradas plagas secundarias; sin embargo, se deben tomar las medidas necesarias para evitar pérdidas en el aprovechamiento.
4. *Hylastes* sp. fue el único género de escarabajos de corteza del que se tuvo registro.
5. Es importante el monitoreo de estas especies para el manejo integrado de plagas forestales.

## Agradecimientos

Se agradece al Biól. Jesús Dorantes López por el apoyo brindado para llevar a cabo esta investigación.

## Literatura citada

- Arellano, C. M., Barrios B. D., Vázquez- Huerta G., García E. L. y Barrios J. M. D. 2014. Identificación de especies de *Ips* en *Pinus pseudostrobus* en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla. *Entomología Mexicana* 1:586- 591.
- Atkinson, T. H. 2019. Bark and Ambrosia Beetles. <https://www.barkbeetles.info/> (consultado el 10 de junio de 2019).
- Atkinson, T. H., Saucedo E. C., Martínez E. F. y Burgos A. S. 1986. Coleopteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado frío en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 17: 1-58.
- Berrocal, J. A. 2007. Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera. *Revista Forestal* 4(10): 9 p.
- Booth, R. G., Cox M. L. and Madge R. B. 1990. Guides to insects of importance to man. 3 Coleoptera. Ed. CAB International. London. 484 p.
- CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo De Montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 p.



- Coulson, R. N. 1979. Population dynamics of bark beetles. Annual Review of Entomology 24: 417-447.
- García, C. Y., Ramos P. J. M., Quintanar I. P. A. y Hernández R. A. M. 2014. Bosque de niebla: importancia, situación actual y manejo. Elementos 93: 22-29.
- Gerónimo, T. J. C., Pérez- De la Cruz M., De la Cruz-Pérez A. y Torres- De la Cruz M. 2015. Scolytinae y Platipodinae (Coleoptera: Curculionidae) Asociados a Manglares de Tabasco, México. Revista Colombiana de Entomología 41(2): 257-261.
- González, M. R. E., Equihua A. M., Mendoza M. A. B. y Cibrián D. T. 2010. Relaciones entre descortezadores (Coleóptera: Scolytidae) y vitalidad en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1(2): 121-133.
- Lombardero, M. J. 1995. Plantas huésped y escolítidos (Col.: Scolytidae) en Galicia (Noroeste de la Península Ibérica). Bol. San. Veg. Plagas, 21: 357-370.
- Macías, J e Hilje L. 2001. Plagas forestales neotropicales. Manejo Integrado de Plagas 60: 86-87.
- McNee, W. R., Wood D. L. and Storer A. J. 2000. Pre-emergence feeding in bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). Environmental Entomology 29: 495-501.
- Pérez, C. M., Equihua- Martínez A., Romero-Napóles. J., Sánchez-Soto S., García-López E. y Bravo- Mojica H. 2009. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. Neotropical Entomology 38(5): 602-609.



## MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN TOTAL ÁRBOL DEL GÉNERO *Quercus* DE PUEBLA, MÉXICO

Juan Carlos Tamarit Urias<sup>214\*</sup>, José Carlos Monárrez González<sup>215</sup> y Xavier García Cuevas<sup>216</sup>

### Resumen

Para autorizar aprovechamientos maderables en México, la normativa señala que en los programas de manejo forestal se debe de indicar el volumen total árbol. Sin embargo, no se disponen de modelos de volumen actualizados que lo estimen adecuadamente, por lo que es imperativo que se generen este tipo de herramientas cuantitativas. El objetivo fue generar un modelo de volumen total árbol con corteza para ejemplares del género *Quercus* que crecen en Puebla, México. Se procesaron las variables diámetro normal (DN en cm), altura total (AT en m) y volumen total árbol (Vta en m<sup>3</sup>) de una muestra de 124 árboles de *Q. laurina* y *Q. rugosa* colectados en predios forestales de las unidades de manejo forestal 2101 "Izta-Popo" y 2108 "Chignahuapan-Zacatlán". Cada árbol fue derribado y seccionado desde el tocón hasta la punta, las ramas cuya base fue igual o mayor a 5 cm también fueron seccionadas, el volumen de cada sección por árbol se calculó usando las fórmulas de los cuerpos dendrométricos. Para estimar el volumen de las ramas menores a 5 cm de diámetro en la base, se obtuvieron árboles muestra por categoría diamétrica, a los cuales todas las ramas fueron pesadas; posteriormente, se extrajo por árbol muestra una rama de la parte alta, media y baja de la copa, a las que se les registró el peso y se determinó el volumen mediante xilómetro, con esta relación peso-volumen y el peso total de ramas, se determinó el volumen total de ramas de cada árbol muestra; para estimar el volumen de estas ramas de cada uno de 124 árboles,

<sup>214</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIR-GOC). Campo Experimental San Martinito. \*[tamarit.juan@inifap.gob.mx](mailto:tamarit.juan@inifap.gob.mx)

<sup>215</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIR-NOC). Campo Experimental Valle del Guadiana.

<sup>216</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Sureste (CIR-SE). Campo Experimental Bacalar.



se ajustó por regresión un modelo alométrico de tipo potencial cuyo volumen estuvo en función del diámetro normal. El volumen total árbol se obtuvo por la sumatoria de los volúmenes del fuste y ramas, se ajustó el modelo de volumen tipo Schumacher-Hall, mediante el paquete estadístico SAS y se corrigió la heterocedasticidad. La calidad de ajuste fue alta ( $R^2_{adj}$  de 0.97 y sesgo de 0.0067), el modelo final mostró alta precisión y tuvo la estructura matemática  $V_{ta}=0.000204 DN^{2.083216} AT^{0.378606}$ , con el cual se construyó una tabla de volumen total árbol.

**Palabras clave:** encino, función alométrica, inventario maderable, normativa, volumen fuste y ramas

## Introducción

El volumen maderable a nivel de árbol individual es la variable de mayor importancia e interés para el dueño del bosque debido a la alta importancia económica que representa, por lo que su cuantificación cobra alta relevancia (Cailliez, 1980; Clutter *et al.*, 1983; Rondeux, 2010). La estimación precisa de este volumen por métodos científicos es una base confiable para el manejo y planificación forestal; en ese sentido, los modelos matemáticos son útiles para predecir el volumen con o sin corteza de los árboles y el método más común para elaborar tablas de volumen (Schumacher y Hall, 1933; Loetsch *et al.*, 1973; Prodan *et al.*, 1997; Corral y Navar, 2009). Los modelos de volumen son por tanto la principal herramienta para realizar inventarios maderables de los árboles en pie en forma rápida, directa y fiable; mediante la cuantificación de las existencias maderables reales es posible tomar decisiones informadas lo que contribuye a realizar un manejo y gestión sostenible de las masas forestales (Barrio *et al.*, 2004; Ramos *et al.*, 2014; Corral *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018; Ramírez *et al.*, 2018).

En México, en línea con lo anterior, para elaborar, autorizar y ejecutar aprovechamientos maderables, la normativa junto con su respectiva ley y reglamento indican que en los programas de manejo forestal se debe de indicar el





volumen total árbol (Vta), entendido este como el volumen de madera y corteza del árbol incluyendo el fuste, la punta y las ramas (SEMARNAT, 2008). Para cumplir con ese requerimiento, es indispensable disponer de un modelo que precisamente estime el Vta de los árboles individuales en pie, en tal modelo el Vta está en función de variables independientes fáciles y rápidas de medir en campo al levantar información mediante sitios de muestreo para un inventario forestal, tal como el diámetro normal y la altura total del árbol (Romahn *et al.*, 1994). Desde el punto de vista de utilidad práctica, las ramas pueden ser potencialmente usadas como productos secundarios para leña, material celulósico o dendroenergético y estimación de carbono, por lo tanto, deben cuantificarse para determinarse su valor económico y comercial.

Para el estado de Puebla, Valencia (2004) reporta 33 taxones del género *Quercus* de un total de 161 identificados en el territorio nacional, Pompa y Solís (2008) señala que su aprovechamiento maderable es una importante fuente de recursos económicos para los silvicultores, Barrio *et al.*, (2007) refieren que cuando el taxón se distribuye ampliamente, es dominante sobre otras especies y tiene importancia social, ecológica y económica, es obligado realizar estudios de diversa índole que contribuyan a mejorar su manejo y aprovechamiento. En México, para el año 2016 la SEMARNAT (2016) reporta una producción maderable del género *Quercus* (encino) de 737,741 m<sup>3</sup> rollo, lo que equivale al 12% con respecto a la producción nacional y ocupó el segundo después del género *Pinus*. A nivel de entidad federativa, en ese mismo año Puebla produjo 15,479 m<sup>3</sup> rollo que correspondió al 5.3% con respecto a la producción maderable estatal.

A pesar de la importancia referida, para el estado de Puebla no se disponen de algún modelo de volumen total árbol que realice estimaciones adecuadamente, por lo que es imperativo que se generen y dispongan de este tipo de herramientas cuantitativas básicas. El objetivo del estudio fue generar un modelo de volumen total árbol para bosques naturales de *Quercus* spp. del estado de Puebla, México, el cual será útil en la elaboración y ejecución de programas de manejo forestal para aprovechamiento maderable, estimar con precisión el inventario maderable y de utilidad práctica al derivarse la respectiva tabla de volumen.



## Materiales y métodos

El estudio se realizó en las Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR) 2101 “Izta-Popo” y 2108 “Chignahuapan-Zacatlán” del estado de Puebla, México. Se trabajó una muestra de 124 árboles del género *Quercus* (*Q. laurina* y *Q. rugosa*), que estuvo integrada por árboles de diferentes categorías de diámetro y de altura, los cuales fueron seleccionados en diferentes frentes de corta en bosques bajo manejo distribuidos en el área de estudio.

Para coleccionar la información de interés se usó un método destructivo, cada árbol seleccionado fue derribado, seccionado y desramado. A lo largo del fuste se tomaron y registraron mediciones de diámetros con corteza en centímetros y las respectivas longitudes (L) en metros, para ambos casos se utilizó un flexómetro con capacidad de 5 metros marca Stanley®. Las mediciones en el fuste se tomaron desde la base del árbol (ras del suelo), a la altura del tocón, a los 30 cm y 60 cm posteriores a este y a 1.3 m. A partir del diámetro normal las secciones posteriores fueron de 2.5 m hasta la altura total. Se obtuvo un total de 1,709 pares de observaciones diámetro-altura distribuidas a lo largo de los fustes. También se registraron puntualmente por árbol las variables diámetro normal (DN) y altura total (AT). En el Cuadro 1 se muestra un resumen de los estadísticos descriptivos de estas variables.

**Cuadro 1. Estadísticos básicos de la muestra de árboles de *Quercus* spp. utilizada.**

Variable	Máximo	Medio	Mínimo	D.E. <sup>1</sup>
Diámetro normal (DN) con corteza (cm)	55.00	32.31	8.90	12.58
Altura total (AT) (m)	28.74	19.33	7.80	4.94

<sup>1</sup>Desviación estándar.

Las ramas por árbol, con diámetros a la base mayor o igual a 5 cm, se seccionaron en largos de 2 m hasta la punta, para las secciones de cada rama se midieron y registraron los diferentes diámetros, incluido el diámetro a la base y las respectivas longitudes.



El volumen de cada sección por árbol se calculó utilizando las fórmulas de los diferentes cuerpos dendrométricos, el tocón se cubió con la del truncado de neiloide, las secciones del fuste con la del truncado de paraboloides apolónico y para la punta se usó la del paraboloides apolónico; para cubicar las ramas mayores o iguales a 5 cm se recurrió a la fórmula de truncado de paraboloides apolónico (Romahn *et al.*, 1994) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Formulas usadas para cubicar las secciones de los árboles (Romahn *et al.*, 1994).**

Fuste	Cuerpo dendrométrico	Formula
Tocón	Truncado de neiloide	$V = \frac{L}{4} \left( S_0 + S_1 + \sqrt[3]{S_0 S_1} \left( \sqrt[3]{S_0} + \sqrt[3]{S_1} \right) \right)$
Secciones	Truncado de paraboloides apolónico	$V = \left( \frac{A_0 + A_1}{2} \right) L$
Punta	Paraboloides apolónico	$V = \frac{A_0 L}{2}$
Ramas	Truncado de paraboloides apolónico	$V = \left( \frac{A_0 + A_1}{2} \right) L$

Dónde: V = Volumen (m<sup>3</sup>); A<sub>0</sub> = Área de la sección menor (m<sup>2</sup>); A<sub>1</sub> = Área de la sección mayor (m<sup>2</sup>); A<sub>m</sub> = Área de la sección media (m<sup>2</sup>), S<sub>0</sub> y S<sub>1</sub> = Área mayor y menor y L = Longitud (m).

Para obtener el volumen de ramas y ramillas (v) con diámetro menor a 5 cm, primeramente se tomaron árboles muestra, consistentes en un árbol por categoría diamétrica de 10 cm, luego todas las ramas y ramillas de cada árbol muestra fueron pesadas como un todo; adicionalmente, se extrajo por árbol muestra una rama de la parte alta, media y baja de la copa, a las que se les registró el peso y posteriormente mediante la técnica del xilómetro (desplazamiento por inmersión en depósito de agua) (Figueiredo *et al.*, 2000) se determinó el volumen respectivo. De esta manera, se obtuvo una relación peso-volumen, por lo que conociendo el peso total de ramas y ramillas por ejemplar, fue posible determinar el volumen total de ramas y ramillas para cada árbol muestra.

Para estimar el volumen de ramas y ramillas de cada uno de 124 árboles, se utilizó la información de volumen de ramas y ramillas menores de 5 cm por árbol muestra y



conocido el diámetro normal del mismo, se ajustó mediante regresión estadística un modelo alométrico de tipo potencial de la forma  $v=b_0DN^{b1}$  (Loetsch *et al.*, 1973). El volumen total árbol (Vta) con corteza en  $m^3$  por ejemplar se obtuvo sumando el volumen de las diferentes secciones del fuste (tocón, fuste y punta) más el volumen de las ramas con diámetros mayores o iguales a 5 m más el volumen de ramas y ramillas con diámetros menores a 5 cm.

La base de datos fue auditada mediante inspección de gráficos de dispersión de las variables para observar un comportamiento lógico. Para estimar el volumen total árbol se ajustó el modelo de Schumacher-Hall que tiene la estructura matemática  $Vta=B_0DN^{B1}AT^{B2}$   $Vta = B_0DN^{B_1}AT^{B_2}$  (Schumacher y Hall, 1933), en donde  $B_i$  son los parámetros a estimar por regresión. Se usó este modelo debido a que fue el mismo que usó Tamarit *et al* (2017) para generar un sistema de cubicación (volumen fustal y comercial) para árboles de *Quercus* spp. en Puebla, con ello se logrará tener compatibilidad y complementariedad para estimar volumen fustal y volumen total árbol de las especies de encino presentes en esa entidad.

El ajuste de los modelos referidos se realizó mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios no lineales utilizando el procedimiento Model del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011) versión 9.3. La presencia de heterocedasticidad en el modelo de volumen total árbol se corrigió mediante regresión ponderada al utilizar un peso igual a la inversa de la varianza de cada observación (Harvey, 1976; Huang *et al.*, 1992; Parresol, 1993; Kozak, 1997; Quiñonez *et al.*, 2018).

## Resultados y discusión

El ajuste del modelo alométrico no lineal conocido como modelo de Berkhout para estimar el volumen de ramas y ramillas menores a 5 cm de diámetro en la base se presenta en el Cuadro 3, este modelo utiliza únicamente como variable independiente al diámetro normal con corteza, lo cual se convierte en ventaja frente a modelos que tienen dos o más variables explicativas. El mismo modelo también





ha sido utilizado con buenos resultados para estimar volumen fustal por Valencia (2013) para árboles de *Pinus douglasiana* y *P. oocarpa* en El Salto, Durango; por Cruz *et al.*, (2016) para estimar volúmenes en *Arbutus* spp. de Pueblo Nuevo, Durango; por Nava y Antúnez (2018) en árboles de *P. patula* en Santiago Comaltepec, Oaxaca; por Ramírez *et al.*, (2018) para ejemplares de *P. ayacahuite* en Ixtlán de Juárez, Oaxaca y, por Silva *et al.*, (2018) para *Prosopis articulata* y *Lysiloma divaricata* en la Unidad de Manejo Forestal 303 de Baja California Sur.

**Cuadro 3. Valores de los parámetros y estadísticos de ajuste del modelo alométrico evaluado para estimar el volumen de ramas y ramillas.**

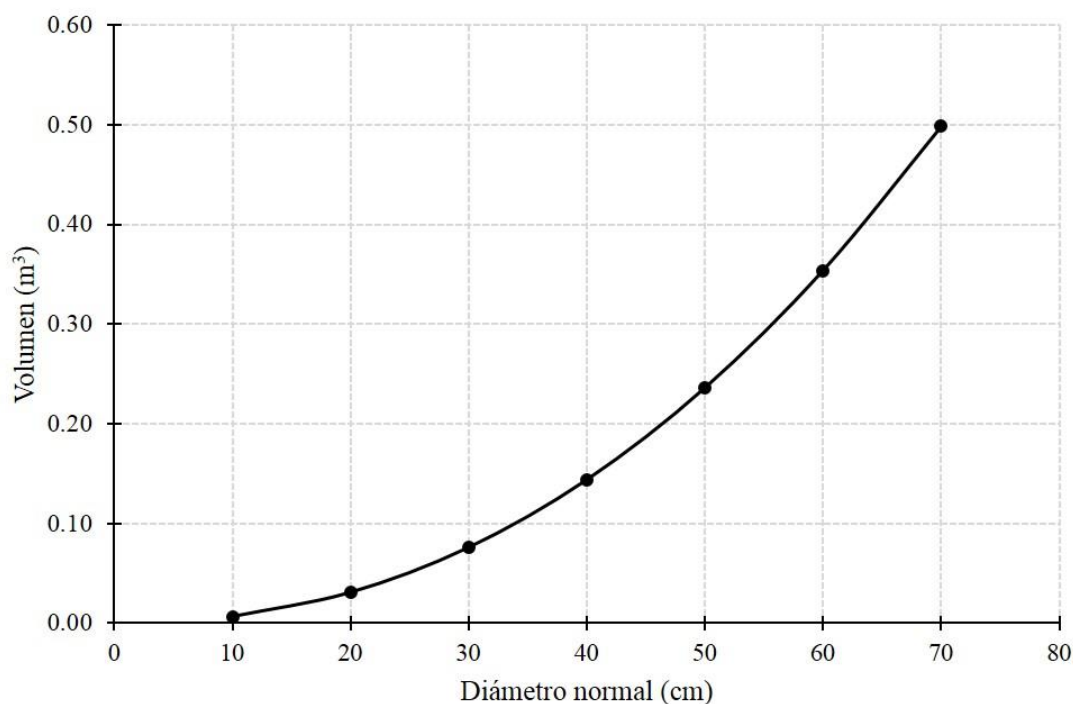
Parámetro	Valor estimado	Significancia	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
b <sub>0</sub>	0.00004	<0.0001	0.9500
b <sub>1</sub>	2.21970	<0.0001	

El volumen de ramas y ramillas menores a 5 cm de diámetro en su base aumenta en forma potencial conforme aumenta el diámetro normal del árbol, pudiendo llegar a alcanzar en promedio un volumen de hasta 0.5 m<sup>3</sup> en la categoría diamétrica de 70 cm (Figura 1).

El ajuste del modelo de volumen total árbol se presenta en el Cuadro 4. El modelo de volumen de Schumacher-Hall en su forma no lineal o linealizada con frecuencia se reporta en investigaciones nacionales y extranjeras como el mejor para estimar el volumen fustal y el volumen total árbol, tal es el caso de la SARH (1978) para México, que lo utilizó en su forma linealizada para estimar el volumen fustal de *Quercus* spp. y *Alnus* spp. en Puebla; por su parte Pompa *et al.*, (2009) lo utilizaron en su forma no lineal para generar un sistema para estimar el volumen fustal y comercial de árboles de encino que crecen en Madera y Casas Grandes, Chihuahua; Tamarit *et al.*, (2017) lo usaron en su forma no lineal para generar un sistema de cubicación compatible para estimar volumen fustal y comercial a nivel de árbol individual para *Q. laurina* y *Q. rugosa* de las UMAFORES 2101 y 2108 de Puebla; Vargas *et al.*, (2017) lo reportan como el mejor para estimar volumen fustal y rollo total árbol para especies de coníferas y latifoliadas de once entidades federativas mexicanas. En el extranjero, Barrio *et al.*, (2004) lo usaron en su versión linealizada y



fue seleccionado por su mejor exactitud para construir una tarifa de cubicación de volumen total de *Quercus robur* en Galicia, España; Barrio *et al.*, (2007) generaron un sistema de cubicación compatible de volumen comercial para árboles de la misma especie y región, sugieren utilizarlo en su versión no lineal para estimar el volumen fustal.



**Figura 1. Comportamiento gráfico de la estimación del volumen de ramas y ramillas menores a 5 cm en su base con modelo alométrico potencial para árboles de *Quercus* spp. de Puebla, México.**

El ajuste del modelo de volumen total árbol se presenta en el Cuadro 4. El modelo de volumen de Schumacher-Hall en su forma no lineal o linealizada con frecuencia se reporta en investigaciones nacionales y extranjeras como el mejor para estimar el volumen fustal y el volumen total árbol, tal es el caso de la SARH (1978) para México, que lo utilizó en su forma linealizada para estimar el volumen fustal de *Quercus* spp. y *Alnus* spp. en Puebla; por su parte Pompa *et al.*, (2009) lo utilizaron en su forma no lineal para generar un sistema para estimar el volumen fustal y comercial de árboles de encino que crecen en Madera y Casas Grandes, Chihuahua;



Tamarit *et al.*, (2017) lo usaron en su forma no lineal para generar un sistema de cubicación compatible para estimar volumen fustal y comercial a nivel de árbol individual para *Q. laurina* y *Q. rugosa* de las UMAFORES 2101 y 2108 de Puebla; Vargas *et al.*, (2017) lo reportan como el mejor para estimar volumen fustal y rollo total árbol para especies de coníferas y latifoliadas de once entidades federativas mexicanas. En el extranjero, Barrio *et al.*, (2004) lo usaron en su versión linealizada y fue seleccionado por su mejor exactitud para construir una tarifa de cubicación de volumen total de *Quercus robur* en Galicia, España; Barrio *et al.*, (2007) generaron un sistema de cubicación compatible de volumen comercial para árboles de la misma especie y región, sugieren utilizarlo en su versión no lineal para estimar el volumen fustal.

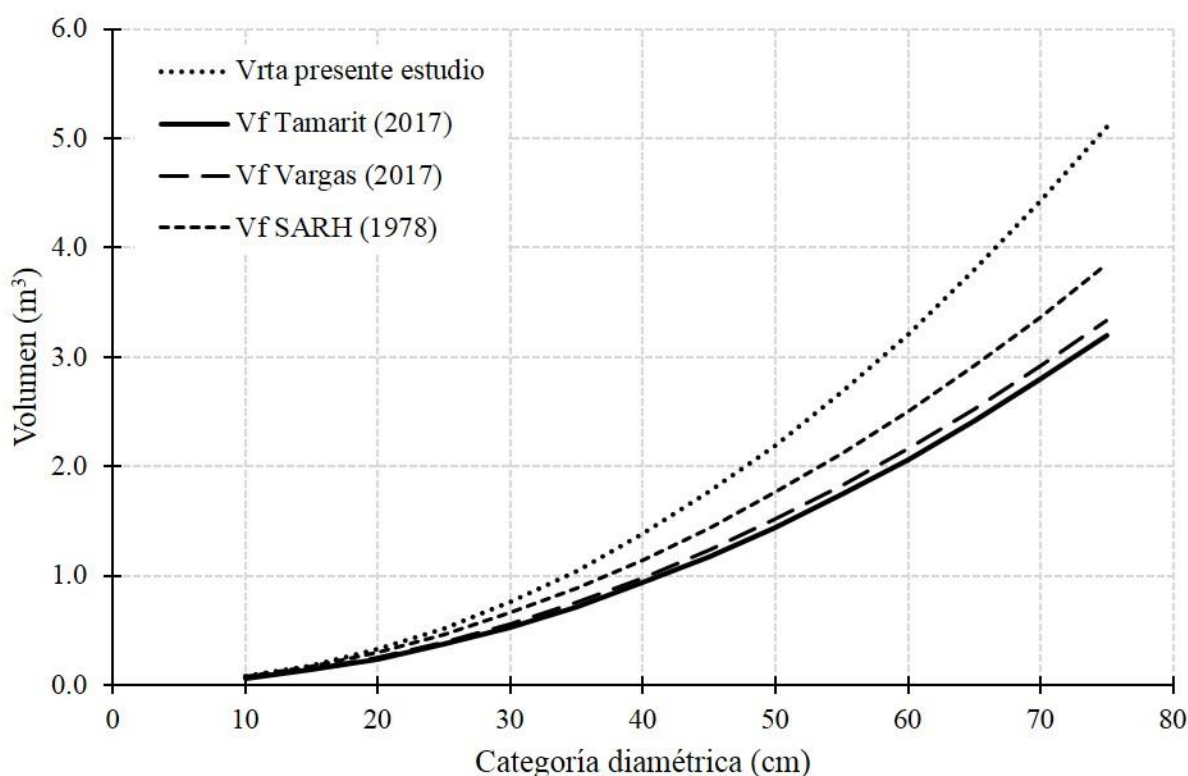
**Cuadro 4. Parámetros y estadísticos de ajuste del modelo de Schumacher-Hall para estimar el volumen total árbol en árboles de *Quercus* spp. de Puebla, México.**

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	Sesgo	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
B <sub>0</sub>	0.000204	0.000020		
B <sub>1</sub>	2.083216	0.043134	0.0067	0.9700
B <sub>2</sub>	0.378606	0.064617		

El volumen total árbol que estima el modelo de Schumacher-Hall para árboles de *Quercus* spp. mantiene una consistencia lógica con respecto a los volúmenes fustales que estiman los modelos reportados por la SARH (1978), por Vargas *et al.*, (2017) y por Tamarit *et al.*, (2017), en el sentido de que éste es siempre mayor (Figura 2). De esta manera, con el aporte del presente estudio se complementa el sistema de cubicación a nivel de árbol individual desarrollado por Tamarit *et al.*, (2017), lo que da lugar a que se tenga disponible un completo, real y actualizado sistema de cubicación, el cual permite estimar el volumen comercial, el volumen fustal, así como el verdadero volumen que corresponde al total árbol. En el caso del sistema de cubicación aludido por Vargas *et al.*, (2017), solo permite estimar el volumen comercial, el volumen fustal y el volumen total árbol que incluye solo las ramas cuyo diámetro a la base es igual o mayor a 5 cm, pero no el volumen de ramas menores a esa dimensión, que sí se cuantificaron y tomaron en cuenta para ajustar el



volumen de Schumacher-Hall en la presente investigación. Con base en la integración de los resultados referidos, se está en la situación de atender y cumplir a cabalidad lo que exige la SEMARNAT (2008) a través de la Norma Oficial Mexicana 152, en el sentido de que para elaborar algún programa de manejo forestal para aprovechamiento maderable, se debe de indicar el volumen total árbol a extraer, lo cual incluye el fuste con su respectiva punta y ramas.



**Figura 2. Comportamiento del volumen total árbol y volumen fustal para *Quercus* spp. y comparativo de éste último de diferentes referencias documentales.**

La respectiva tabla de volumen fustal con corteza que se derivan del modelo de Tamarit *et al.*, (2017) expresado como  $Vf=0.00006 DN^{1.965} AT^{0.8013}$  se presenta en el Cuadro 5, por su parte la tabla de volumen total árbol con corteza que estima el modelo generado en el presente estudio expresado como  $Vta=0.000204 DN^{2.083216} AT^{0.378606}$  se muestra en el cuadro 6. El porcentaje del volumen de ramas con respecto al volumen total árbol puede variar en promedio del 18 al 30%.





**Cuadro 5. Tabla de volumen fustal con corteza para árboles de *Quercus* spp. de Puebla, México.**

DN	AT						
	5	10	15	20	25	30	35
5	0.0051	0.0090	0.0124	0.0156	0.0187	0.0216	0.0245
10	0.0201	0.0350	0.0485	0.0610	0.0730	0.0845	0.0956
15	0.0446	0.0777	0.1075	0.1354	0.1619	0.1874	0.2120
20	0.0785	0.1368	0.1893	0.2383	0.2850	0.3298	0.3732
25	0.1217	0.2120	0.2934	0.3695	0.4418	0.5114	0.5786
30	0.1741	0.3034	0.4199	0.5287	0.6322	0.7317	0.8279
35	0.2357	0.4107	0.5684	0.7157	0.8559	0.9905	1.1207
40	0.3064	0.5339	0.7389	0.9305	1.1127	1.2877	1.4570
45	0.3862	0.6730	0.9314	1.1728	1.4024	1.6230	1.8364
50	0.4750	0.8278	1.1456	1.4426	1.7250	1.9964	2.2589
55	0.5729	0.9983	1.3815	1.7397	2.0803	2.4076	2.7241
60	0.6797	1.1845	1.6392	2.0641	2.4682	2.8565	3.2321
65	0.7954	1.3862	1.9184	2.4157	2.8887	3.3431	3.7826
70	0.9201	1.6035	2.2191	2.7944	3.3415	3.8671	4.3755
75	1.0537	1.8363	2.5413	3.2001	3.8266	4.4286	5.0108
80	1.1962	2.0846	2.8849	3.6328	4.3440	5.0274	5.6883
85	1.3475	2.3483	3.2498	4.0924	4.8936	5.6634	6.4080

DN: Es la categoría de diámetro normal en cm, AT: es la categoría de altura total en m.

**Cuadro 6. Tabla de volumen total árbol con corteza para *Quercus* spp. de Puebla, México.**

DN	AT						
	5	10	15	20	25	30	35
5	0.0107	0.0139	0.0163	0.0181	0.0197	0.0211	0.0224
10	0.0454	0.0591	0.0689	0.0768	0.0836	0.0896	0.0949
15	0.1058	0.1375	0.1603	0.1788	0.1945	0.2084	0.2209
20	0.1926	0.2504	0.2919	0.3255	0.3542	0.3795	0.4023
25	0.3065	0.3985	0.4646	0.5181	0.5638	0.6041	0.6404
30	0.4482	0.5826	0.6793	0.7575	0.8243	0.8832	0.9362
35	0.6179	0.8033	0.9366	1.0443	1.1364	1.2176	1.2908
40	0.8160	1.0609	1.2369	1.3793	1.5008	1.6081	1.7047
45	1.0429	1.3559	1.5809	1.7628	1.9182	2.0553	2.1788
50	1.2989	1.6887	1.9689	2.1955	2.3890	2.5598	2.7136
55	1.5842	2.0596	2.4014	2.6777	2.9137	3.1220	3.3096
60	1.8991	2.4689	2.8786	3.2098	3.4928	3.7424	3.9673
65	2.2436	2.9169	3.4009	3.7923	4.1266	4.4215	4.6872
70	2.6182	3.4039	3.9687	4.4253	4.8154	5.1596	5.4697
75	3.0229	3.9300	4.5821	5.1093	5.5598	5.9571	6.3151
80	3.4579	4.4956	5.2415	5.8446	6.3598	6.8144	7.2239
85	3.9234	5.1007	5.9471	6.6314	7.2160	7.7317	8.1963

DN: Es la categoría de diámetro normal en cm, AT: es la categoría de altura total en m.



## Conclusiones

1. El modelo de volumen total árbol tipo Schumacher-Hall generado es una valiosa herramienta cuantitativa básica y fundamental para cumplir con la normativa en la realización de inventarios forestales maderables con taxones del género *Quercus* de Puebla, México y por tanto para elaborar y ejecutar programas de manejo forestal, cumple con un sólido sustento estadístico ya que estima con precisión el volumen conjunto de fuste y ramas, su uso da soporte técnico para tomar decisiones para el manejo y aprovechamiento de ejemplares de encino y es un excelente complemento a los sistemas de cubicación previamente generados, 2. En posteriores estudios de volumen total árbol para otros taxones, se recomienda aplicar la metodología utilizada en este trabajo para estimar el volumen de ramas menores de cinco centímetros en su base, principalmente la técnica del xilómetro, la relación peso-volumen y la aplicación de un modelo alométrico potencial.

## Agradecimientos

Esta contribución científica fue posible gracias al financiamiento con recursos fiscales del INIFAP al proyecto “Sistema para determinar el volumen fustal con distribución de productos en *Quercus* sp.”, con No. de registro SIGI:1444343546, bajo la responsabilidad técnica del primer autor. Se agradece la colaboración de ejidos forestales y de predios particulares de las UMAFORES 2101 “Ixta-Popo” y 2108 “Chignahuapan-Zacatlán” de Puebla, México, quienes mostraron interés y permitieron el libre acceso a sus bosques para coleccionar la información dasométrica necesaria para ejecutar el presente trabajo de investigación.



## Literatura citada

- Barrio A. M., Álvarez G. J. G. y Díaz M. I. J. 2004. Elaboración de una tarifa con clasificación de productos para *Quercus robur* L. en Galicia basada en un modelo de volumen porcentual. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 13(3): 506-517.
- Barrio A. M., Diéguez A. U., Castedo D. F., Álvarez G. J. G. y Gadow, K. 2007. Merchantable volume system for pedunculate oak in northwestern Spain. *Annals of Forest Science* 64: 511-520.
- Cailliez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 1 - Estimación del volumen. FAO. Roma. 92 p.
- Clutter, J. L., Forston J. C., Pienaar L. V., Brister G. H. and Bailey R. L. 1983. *Timber management: a quantitative approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 333 p.
- Corral, R. J. J., D. J. Vega N., R. Rodríguez S., C. A. López S., C. Wehenkel, B. Vargas L. *et al.* 2017. Compatible system for predicting total and merchantable stem volume over and under bark, branch volume and whole-tree volume of pine species. *Forests* 8, 417.
- Corral R. S. y Navar C. J. de J. 2009. Comparación de técnicas de estimación de volumen fustal total para cinco especies de pino de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente* 15(1): 5-13.
- Cruz, C. F., R. Mendía S., A. Jiménez F., J. Nájera L. y F. Cruz G. 2016. Ecuaciones de volumen para *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango. *Investigación y Ciencia* 24(68): 41-47.
- Figueiredo, F. A., S. Amaral M. y M. R. Araújo C. 2000. Testing accuracy of log volume calculation procedures against water displacement techniques (xylometer). *Canadian Journal of Forest Research*, 30(6): 990-997.
- Harvey, A. C. 1976. Estimating regression models with multiplicative heteroscedasticity. *Econometrica* 44(3): 461-465.
- Huang, S., Titus, S. J., Wiens, D. P. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 22(9): 1297-1304.



- Kozak, A. 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper functions. *Canadian Journal of Forest Research* 27(5): 619-629.
- Loetsch, F., Zohrer F. y Haller K. E. 1973. *Forest inventory*. 2d. ed. BLV Verlagsgesellschaft. Munich, Germany. 469 p.
- Nava, N. A. y P. Antúnez. 2018. Aplicación de la regresión cuantílica para predecir el volumen fustal: Estudio de caso. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(15): 591-600.
- Parresol, B. R. 1993. Modeling multiplicative error variance: an example predicting tree diameter from stump dimensions in baldcypress. *Forest Science* 39(4): 670-679.
- Pompa, G. M. y R. Solís M. 2008. Ecuación de volumen para el género *Quercus* en la región noroeste de Chihuahua, México. *Quebracho* 16: 84-93.
- Pompa, G. M., J. J. Corral R., J. C. Hernández D. and J. G. Álvarez G. 2009. A system for calculating the merchantable volume of oak trees in the northwest of the state of Chihuahua, Mexico. *Journal of Forestry Research* 20(4): 293-300.
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox y P. Real. 1997. *Mensura Forestal*. IICA-BMZ/GTZ. San José, Costa Rica. 586 p.
- Quiñonez, B. G., G. G. García E. y O. A. Aguirre C. 2018. ¿Cómo corregir la heterocedasticidad y autocorrelación de residuales en modelos de ahusamiento y crecimiento en altura? *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(49): 28-59.
- Ramírez, M. A., W. Santiago G., G. Quiñonez B., F. Ruiz A. y P. Antúnez. 2018. Modelación del perfil fustal y volumen total para *Pinus ayacahuite* Ehren. *Madera y Bosques* 24(2): 1-15.
- Ramos, U. J. A., J. J. García M., J. Hernández R., X. García C., J. C. Velarde R., H. J. Muñoz F. *et al.* 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la sierra Purhépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(23): 92-107.
- Romahn de la V., C. F., Ramírez M. H. y J. L. Treviño G. 1994. *Dendrometría*. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 354 p.
- Rondeux, J. 2010. *Medición de árboles y masas forestales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 521 p.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.





- Schumacher, F. X. and Hall F. D. 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research* 47: 719-734.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1978. Inventario forestal del estado de Puebla. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General del Inventario Forestal. Núm. 44. México, D. F. México. 50 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006. Diario Oficial viernes 17 de octubre de 2008. Primera Sección. 24 p. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3363/1/nom-152-semarnat-2006.pdf> [consultado el 1 de julio de 2019].
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016. Ciudad de México, México. 225 p.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Silva, G. J., Aguirre C. O., Alanís R. E. y González T. M. 2018. Ecuaciones de volumen para *Prosopis articulata* S. Watson y *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J. F. Macbr. en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50): 415-438.
- Tamarit U., J. C., E. Rojas D., G. Quiñonez B., C. Ordoñez P. y J. C. Monárrez G. 2017. Sistema de cubicación para árboles individuales de *Quercus* sp. en bosques bajo manejo de Puebla, México. *Revista Mexicana en Ciencias Forestales* 8(40): 69-88.
- Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Vargas, L. B., J. J. Corral R., O. A. Aguirre C., J. O. López M., H. M. De los Santos P., F. J. Zamudio S. *et al.* 2017. SiBiFor: Forest biometric system for forest management in Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23(3): 437-455.
- Valencia, C. J. E. 2013. Sistema volumétrico para *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus douglasiana* Martínez en el estado de Durango. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. N. L., México. 57 p.



## LA FORMA DE FUSTE EN LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES DE CEDRO ROJO (*Cedrela odorata* L.)

Vicente Sánchez-Monsalvo<sup>217\*</sup> y José Amador Honorato-Salazar<sup>218</sup>

### Resumen

La selección fenotípica de árboles de cedro rojo, en experimentos genéticos, es complicada debido a las diversas formas en que reacciona la especie al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller. En el año 2012, a nivel experimental se establecieron dos ensayos clonales de cedro rojo, uno en Campeche y otro en Veracruz. Desde entonces, se han realizado evaluaciones con el objeto de seleccionar los mejores clones para establecerlos en huertos semilleros y producir semilla mejorada. Los experimentos constan de 90 clones cada uno, con un árbol como unidad experimental y seis repeticiones, bajo un diseño de bloques completos al azar, la plantación se estableció con espaciamiento a 6 m x 6 m. En cada experimento, se midió la altura total, el diámetro normal, la longitud de fuste recto, el número de curvaturas en el fuste de cada árbol, la forma fustal de cada individuo se clasificó como: recto, inclinado o torcido. Las categorías de forma ayudaron a diferenciar aquellos clones que mantuvieron una forma recta y con pocas curvaturas (entre un 24% y 37%), mientras que entre el 58% al 62% fueron inclinados y del 3% al 13% conformaron un fuste torcido con el mayor número de curvaturas. Los clones con forma recta tuvieron el mayor crecimiento en diámetro normal y altura (13.55 cm y 7.11 m, respectivamente), mientras que los árboles inclinados produjeron la mayor longitud de fuste recto (3.17 m). La asociación de la rectitud con el número de curvaturas resultó altamente significativa, tanto a nivel general como por sitio, lo cual indica que los clones están asociados de manera significativa con su forma. La evidencia encontrada ayuda a determinar el nivel de

---

<sup>217</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. \* sanchez.vicente@inifap.gob.mx



resistencia de los clones al ataque del barrenador, resultados tienen buena relación con aquellos que fueron seleccionados por su ganancia genética, por lo que se espera una buena calidad de la semilla mejorada al establecer huertos semilleros con los genotipos seleccionados.

**Palabras clave:** *Cedrela odorata*, selección de clones, forma de fuste, resistencia a plagas

## Introducción

La selección fenotípica de árboles de cedro rojo, en experimentos genéticos, es complicada debido a las diversas formas en que reacciona la especie al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller. Los diferentes métodos para llegar a seleccionar árboles con atributos deseables incluyen la estimación de parámetros genéticos, así como análisis multivariado, como es la aplicación de componentes principales (Sánchez, *et al.*, 2003; Gutiérrez, 2008). Sin embargo, en el caso de cedro rojo, en este nivel de trabajo, cuando el objetivo es establecer un huerto semillero a partir de los fenotipos ensayados en experimentos clonales, la selección debe dejar pocas dudas respecto a los materiales que deben plantarse para obtener semilla mejorada, por lo que es necesario analizar la forma, puesto que es el atributo que, aunque tiene una baja heredabilidad, determina aquellos clones que tienen una alta probabilidad de ser tolerantes al barrenador *H. grandella*. El objetivo de este trabajo fue determinar la asociación entre dos categorías de forma para determinar la probabilidad de que los clones seleccionados tengan características sobresalientes y que deban establecerse en un huerto semillero para producir semilla mejorada en términos de rendimiento y forma.



## Materiales y métodos

Se establecieron dos experimentos en agosto de 2012 para la experimentación con 90 clones, bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones. Los clones fueron obtenidos de los bancos clonales ubicados en San Felipe Bacalar, Q. Roo y en El Palmar, Ver., los cuales son producto de la selección fenotípica, a partir de ensayos de procedencias establecidos y evaluados previamente en los Campos Experimentales del INIFAP: El Palmar, Ver., El Tormento, Camp. y San Felipe Bacalar, Q. Roo (Sánchez *et al.*, 2018). En cada experimento, se midió la altura total, diámetro normal, longitud de fuste recto, número de curvaturas en el fuste de cada árbol, el volumen se calculó mediante la ecuación obtenida por Sánchez y García (2009). La forma de cada individuo se clasificó como: recto, inclinado o torcido. La información de forma y número de curvaturas, como variables discretas, permitió realizar pruebas de  $\chi^2$  en tablas de contingencia, mediante el procedimiento Proc Freq de SAS (2019), así como un análisis de correspondencia con el procedimiento Corresp de SAS (2019) para determinar el nivel de asociación de las variables número de curvaturas y forma. De esta manera, al ordenar la información dasométrica de acuerdo a las variables discretas de clasificación, se pudo evidenciar las características de los árboles dentro de cada clase. Las características de cada clon se evidenciaron al analizar sus clases de forma y número de curvaturas para demostrar la conveniencia de ser considerados como árboles progenitores dentro de huertos semilleros clonales.

## Resultados y discusión

El análisis de asociación de  $\chi^2$  entre las variables discretas forma y número de curvaturas (Cuadro 1), resultó altamente significativo con una probabilidad  $<0.0001$ , indicando una asociación altamente significativa entre las dos variables, analizadas de manera conjunta para los dos sitios y a cada sitio por separado. El sitio de Isla, Ver. tuvo el menor número de curvaturas en sus árboles.




**Cuadro 1. Prueba de  $\chi^2$  para la tabla de contingencia número de curvaturas-forma de fuste.**

Sitio	DF	Valor	Probabilidad
Santa Genoveva e Isla	14	257.8360	<0.0001
Santa Genoveva, Camp.	14	145.1602	<0.0001
Isla, Ver.	10	105.5339	<0.0001

Sobresale la categoría de árboles inclinados y aquellos que presentan tres curvaturas en su fuste, lo cual es una característica propia del sitio Isla, Ver. (Cuadros 2 y 3), mientras que en el sitio Santa Genoveva, las categorías de árboles con dos y tres curvaturas son más frecuentes (Cuadros 3 y 4). Los árboles inclinados son más frecuentes para los dos sitios y en segundo lugar aquellos árboles rectos con una o dos curvaturas en su fuste.

**Cuadro 2. Frecuencias de árboles de *Cedrela odorata* L. de acuerdo a la forma y número de curvaturas en su fuste para el sitio Santa Genoveva, Camp.**

Curvaturas	Forma (Frecuencia/Porcentaje)			Total
	Rectos	Inclinados	Torcidos	
0	27/6.60	2/0.49	0/ 0.00	29/7.09
1	54/13.20	21/5.13	1/ 0.24	76/18.58
2	59/14.43	77/18.83	4/ 0.98	140/34.23
3	11/2.69	73/17.85	8/ 1.96	92/22.49
4	1/0.24	42/10.27	2/ 0.49	45/11.00
5	1/0.24	17/4.16	1/ 0.24	19/4.65
6	0/0.00	6/1.47	0/ 0.00	6/1.47
7	0/0.00	2/0.49	0/ 0.00	2/0.49
Total	153/37.41	240/58.68	16/3.91	409/100.00

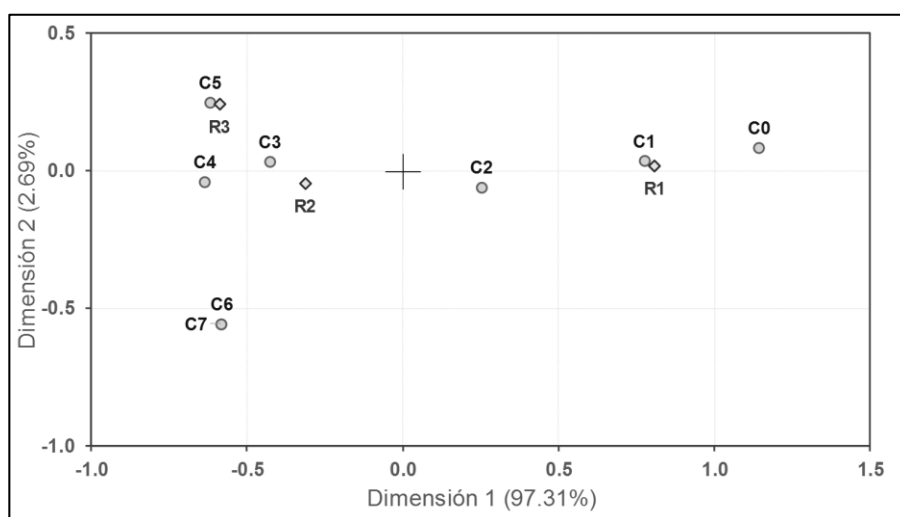
El grupo principal de árboles a seleccionar es aquel donde los árboles son rectos y sin curvaturas en su fuste, el cual resulta ser un grupo muy pequeño de árboles, entre 2.14% y 6.6% para los sitios de Isla y Santa Genoveva, respectivamente (Cuadros 2 y 3). Un segundo grupo sería el de árboles rectos con menos de tres curvas en su fuste.



**Cuadro 3. Frecuencias de árboles de *Cedrela odorata* L. de acuerdo a la forma y número de curvaturas en su fuste para el sitio Isla, Ver.**

Curvaturas	Forma (Frecuencia/ Porcentaje)			
	Rectos	Inclinados	Torcidos	Total
0	11/2.14	6/1.17	0/0.00	17/3.30
1	28/5.44	19/3.69	2/0.39	49/9.51
2	63/12.23	82/15.92	11/2.14	156/30.29
3	24/4.66	165/32.04	38/7.38	227/44.08
4	0/0.00	45/8.74	13/2.52	58/11.26
5	0/0.00	3/0.58	5/0.97	8/1.55
Total	126/24.47	320/62.14	69/13.40	515/100.00

El análisis de correspondencia mostró que los árboles rectos tienen una mayor asociación con aquellos que presentan cero y una curvatura (Figura 1), mientras que los árboles inclinados y torcidos se asocian en mayor medida con aquellos que tienen más de dos curvaturas en su fuste.



**Figura 1. Análisis de correspondencia para las variables forma (R1=Rectos, R2=Inclinados, R3= Torcidos) y número de curvaturas (C0= sin curvaturas, C1= una curvatura, C7= siete curvaturas) para los dos sitios, Santa Genoveva, Camp. e Isla, Ver.**

Al agrupar las variables dasométricas por las categorías de forma puede observarse que los árboles rectos tienen un mayor crecimiento que el resto, por lo que, bajo el supuesto de que un árbol recto es un árbol tolerante al barrenador, podría estimarse que la tolerancia de los clones estudiados se encuentra entre un 24.47% y 37.41% y



el número de curvaturas podría indicar, en cierta medida, el grado de ataques a que han sido sometidos dichos árboles (Cuadros 2, 3 y 4).

**Cuadro 4. Promedio general, por sitio y por categoría de rectitud de las variables medidas en experimentos clonales de cedro rojo de 6 años de edad.**

Estadístico	Diámetro normal (cm)	Altura total (m)	Longitud fuste recto (m)	Número de curvaturas
<b>Árboles Rectos</b>				
Media	13.55	7.11	2.18	1.58
Desviación Estándar	3.8735	1.6914	0.8943	0.9137
<b>Árboles Inclínados</b>				
Media	12.14	6.71	3.17	2.80
Desviación Estándar	3.6244	1.5739	1.3722	1.0552
<b>Árboles Torcidos</b>				
Media	10.32	5.93	2.85	3.07
Desviación Estándar	2.9191	1.2087	0.8622	0.8836

Al respecto, Hernández (2015) reporta un 13% de árboles con las categorías recto e inclinado para un ensayo de procedencias de 11 años en El Palmar, Veracruz, mientras que el 9.9% de los rametos en un ensayo clonal de 2.5 años en el Palmar, no fueron dañados por el barrenador *H. grandella*. Además, para este mismo ensayo, en una evaluación previa, Zepahua (2014) determina que el 13.13% de los rametos fueron árboles rectos y dominantes. De esta manera puede apreciarse en este estudio que el porcentaje de árboles con buena conformación de fuste es muy baja, de 2.4% para Isla, a 6.6 para Santa Genoveva.

Los clones que mostraron la mejor forma en los dos sitios se enlistan en el Cuadro 5, los cuales tuvieron además buenos crecimientos en promedio a la edad de 6 años. Estos 10 clones representan el 11.11% del total, sin embargo, solamente 7 de ellos podrían ser utilizados como progenitores en huertos semilleros, es decir, que los clones 5, 13 y 52, no se seleccionarían en una primera etapa de evaluación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sánchez *et al.* Upton (2018), donde se utilizaron parámetros genéticos en la selección de los 30 mejores clones de los experimentos. En un experimento similar establecido en El Palmar, Ver. se seleccionaron los clones 2, 13, 19 y 52 que coinciden con algunos de este estudio.



**Cuadro 5. Promedios de variables dasométricas de los clones que presentaron fustes rectos y sin curvaturas en los dos sitios de experimentación.**

Clon	Altura total (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diámetro normal(cm)	Longitud de fuste recto (m)
1	7.2	0.0699	13.44	2.81
2	7	0.0695	13.63	2.37
4	7.41	0.0686	13.37	3.16
5	6.4	0.0529	12.46	2.58
8	7.7	0.0929	15.32	2.37
13	6.44	0.0695	12.64	2.74
19	7.17	0.0744	14.18	2.85
45	7.8	0.0880	14.65	2.70
52	7.08	0.0570	11.89	2.63
122	7.45	0.0948	15.58	2.69

## Conclusiones

Diez clones con las mejores características de forma fueron consistentes en los dos sitios de experimentación, por lo que al ser incluidos en huertos semilleros para la producción de semilla mejorada, le darían un mayor valor al germoplasma a obtener en el mediano y largo plazos. Tales clones seleccionados representan a un grupo que posiblemente tenga algún nivel de tolerancia a *H. grandella*. Además de la forma, los clones seleccionados tienen características de alta productividad maderable.

## Agradecimientos

A la empresa Agropecuaria Santa Genoveva, en especial a los CC. M.C. Edgar Víquez, Ing. Víctor Hugo Fernández e Ing. Miguel Ángel Giner por su apoyo. A los Ingenieros Max Molina y Daniel Uriza, por su apoyo tan comprometido y decisivo en el desarrollo de este proyecto de mejoramiento genético de cedro rojo.





## Literatura citada

- Gutiérrez, V. B. 2008. Diseño de dos huertos semilleros de *Pinuss greggi* Englem y la vulnerabilidad a la cavitación. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila México. 78 p.
- Hernández, M. E. 2015. Estimación de parámetros genéticos y selección de genotipos de *Cedrela odorata* L. en un ensayo de procedencias-progenies. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 56 p.
- Sánchez, M. V., Salazar, G. J. G., Vargas, H. J. J., López, U. J. y Jasso, M. J. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características de crecimiento de *Cedrela odorata* L. Revista Fitotecnia Mexicana, 26(1): 19-27.
- Sánchez M. V. y García C. X. 2009. Ecuaciones de volumen para plantaciones jóvenes de *Cedrela odorata* L. (Cedro rojo) en Tezonapa, Ver. In: Memoria IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Saltillo, Coahuila, México. p 363.
- Sánchez, M. V., J. A. Honorato S. y J. López U. 2018. Selección de clones de *Cedrela odorata* L. en el Golfo de México. p. 1003-1012. In: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Veracruz, México. Año 2, Núm. 1. 1849 p.
- SAS Institute. 2019. University Studio Versión: [university.cny.sas.com@sas:university-6p.2/6p.2.a70b47b86698-1-1](https://www.sas.com/academic/university-studio).
- Zepahua, A. G. 2014. Variación en crecimiento y tolerancia de clones de *Cedrela odorata* L. al ataque del *Hypsipyla grandella* Zeller. en el Campo Experimental El Palmar, Tezonapa, Ver. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. 145 p.



## CRECIMIENTO, TOLERANCIA A ENFERMEDADES Y RENDIMIENTO DE CLONES DE HULE EN UXPANAPA, VERACRUZ. MÉXICO

Elías Ortiz Cervantes<sup>218\*</sup>

### Resumen

Se evaluó el crecimiento, tolerancia a enfermedades y rendimiento de 20 clones de hule *Hevea brasiliensis* (Wild. Ex Adr. de Juss.) Muell. Arg., en la región de Uxpanapa, Ver. (México), que presenta un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (Af(m)). El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones y 20 árboles por unidad experimental. Durante los dos primeros años de crecimiento, los clones más tolerantes a la mancha sudamericana de la hoja fueron FX-3899, RRIC-102 y GU-198, con valores en la escala de Langford de 3.90, 3.91 y 3.94, respectivamente. Después de 10 años de evaluación, los clones con mayor circunferencia del tallo fueron IAN-754, GU-198, IAN-710, IAN-873 y GU-40, con valores de 70.27, 61.93, 60.15, 59.46 y 57.65 cm, respectivamente; mientras que los clones menos vigorosos fueron MEX-23, HARBEL-1, RRIM-701 y RRIM-703, con circunferencia de 32.28, 38.02, 38.04 y 39.53 cm, respectivamente. Respecto al rendimiento en kg/ha/año, los clones más productivos considerando el promedio de tres años, fueron GU-198, FX-3899 y IAN-710, con 1721, 1438 y 1353 kg por hectárea por año, respectivamente; mientras que los clones de menor rendimiento fueron RRIM-600, HARBEL-10, PR-252, HARBEL-1, RRIM-703, PB-235, RRIM-701, GU-477 y MEX-23, con 505, 464, 190, 155, 145, 144, 299, 99.7 y 67 kg, respectivamente. Respecto al rendimiento en gramos por árbol por pica, los clones con mayor rendimiento promedio fueron GU-198, FX-3899, RRIC-102, RRIM-614, IAN-710, PB-252 y IAN-873, con valores promedio de 48.9, 47.85, 47.00, 38.90, 35.57, 35.27 y 35.19 GAP, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos; mientras que los clones de menores rendimientos fueron GU-40, RRIM-701,

<sup>218</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar, Correo: [ortiz.elias@inifap.gob.mx](mailto:ortiz.elias@inifap.gob.mx).



MEX-23, PB-235 y GU-477, con valores de 21.82, 15.13, 13.42, 13.27 y 5.33 GAP, respectivamente. De acuerdo a las principales variables, los clones que se recomiendan para el establecimiento de plantaciones comerciales en la región de Uxpanapa, son GU-198, FX-3899, IAN-710 y IAN-873, por la mejor combinación de las características evaluadas.

**Palabras clave:** *Hevea*, plantaciones, rendimiento, *Microcyclus*

## Introducción

El árbol del hule *Hevea brasiliensis* (Wild. ex Adr. de Juss.) Muell. Arg., es la principal fuente de hule natural, que químicamente es un cis-1,4-cis-1,4-poliisopreno, con peso molecular entre 200,000 y 800,000 y con excelentes propiedades de viscosidad, elasticidad, impermeabilidad y resiliencia. El hule natural se produce en un citoplasma lechoso (látex) de células especializadas llamadas laticíferos, es una de las macromoléculas biológicas más importantes, usadas como materia prima para la manufactura de alrededor de 50,000 productos (Denduang *et al.*, 2015).

El árbol del hule se introdujo al sureste asiático en 1872. A pesar de ser originario de Sudamérica, el máximo desarrollo tecnológico de plantaciones se logró en esa región. En el mundo, se producen alrededor de 12,314,000 t anuales de hule, de las cuales 93% lo aporta el sureste asiático. Los principales países productores de hule en el mundo son Tailandia (36%), Indonesia (26%), Vietnam (8%), China (7%), Malasia (5%) e India (5%). El hule es una materia prima indispensable para el desarrollo tecnológico mundial, ya que alrededor del 80% de la materia prima se destina a la industria automotriz.

El árbol del hule fue introducido a México en 1882 por compañías inglesas y holandesas, el material genético usado para establecer las primeras plantaciones provino de Indonesia y Brasil. Se cultiva tradicionalmente en México entre los 14 ° y 19 ° N de latitud y comprende principalmente los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas.



La superficie establecida con hule en México es de 36 mil hectáreas, de las cuales 22 mil (60%) están en etapa productiva y 14 mil en etapa de desarrollo (40%). La región sur del estado de Veracruz, concentra alrededor del 65% de la superficie nacional (SIAP, 2018). La producción nacional anual se estima en 38 mil toneladas de hule seco. En 2018, se estimó una demanda de 120,000 t, de la cual la producción nacional abastece el 32%, por lo que se importan alrededor 82,000 t anuales, con la consecuente fuga de divisas por 120 millones de dólares.

El Campo Experimental El Palmar, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), durante muchos años ha introducido clones reportados en sus países de origen como altamente productivos por Centros internacionales que generan investigación sobre el cultivo. Producto de las evaluaciones actualmente existen recomendaciones técnicas de material genético adecuado para establecimiento de plantaciones en diferentes regiones del país.

A pesar de los esfuerzos y logros en el desarrollo del cultivo, no ha sido posible cubrir la demanda de evaluación de material genético para todas las regiones productoras de hule de México, dado que las condiciones agroclimáticas particulares de una región pueden inducir variantes considerables en la manifestación del comportamiento de los clones en crecimiento, tolerancia a enfermedades y rendimiento (Picón *et al.*, 1998). La región de Uxpanapa es una de las principales regiones productoras de hule en México, su cultivo inició en 1977, y ha sido promovido y fomentado en diferentes programas gubernamentales. Producto del esfuerzo realizado desde su introducción, actualmente se cuenta con una superficie aproximada de 6,000 hectáreas. A pesar de ser una de las regiones con mayor potencial de producción de hule en México, no existen recomendaciones técnicas de clones adaptados, generadas en las condiciones particulares de la región (Ramírez *et al.*, 2018). El objetivo de este trabajo fue seleccionar clones de hule con mayor vigor, tolerancia a enfermedades y rendimiento en Uxpanapa, Veracruz. Se presentan los resultados de crecimiento, tolerancia a enfermedades y rendimiento de hule de 20 clones de hule, generados durante un periodo de 10 años.





## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

La presente investigación se basa en datos obtenidos durante diez años en parcelas de agricultores cooperantes del ejido Monterrey, municipio de Uxpanapa, Ver., ubicado a los 17° 18' Latitud Norte y 94° 35' Longitud Oeste, a una altitud de 120 msnm. El clima de la región se clasifica como cálido húmedo con lluvias todo el año (Af(m) w" (e)g). La precipitación media anual es de 3,800 mm, con 212 días lluviosos y la precipitación del mes más seco es de 67 mm (mayo), la evaporación anual es de 1324 mm. La temperatura media anual es de 24°C, con una mínima mensual de 18°C (diciembre) y máxima de 28°C (mayo). Los suelos son rojos, lateríticos de origen volcánico, textura arcillosa, drenaje moderado y pH moderadamente ácido.

### Clones estudiados

Los clones evaluados fueron de las series IAN (3), RRIM (4), GU (4), MEX (1), PB (2), PR (1), HARBEL (2), RRIC (1) y FX (1). A continuación, se presentan los números de tratamiento asignados a los clones y sus respectivos progenitores (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Número de tratamientos (clones) y progenitores del material genético evaluado.**

TRAT.	Clon	Progenitores	TRAT.	Clon	Progenitores
18 (T)	IAN-710	PB-86 X F-409	14	GU-467	FX-25 X GT-711
20	IAN-754	F-4542 X PB-86	15	GU-477	FX-25 X GT-711
2	IAN-873	PB-86 X F-1717	7	MEX-23	TJIR-1 X TJIR-16
8	RRIM-600	TJIR-1 X PB-86	13	PB-252	PB-86 X PB-32/36
12	RRIM-614	TJIR-1 X RRIM-509	16	PB-235	PB-5/51 X PB-5/78
4	RRIM-701	44/553 X RRIM-501	6	PR-252	PIL-A44 X PR-107
9	RRIM-703	RRIM-600 X RRIM-500	11	HARBEL-1	CLON PRIMARIO
10	GU-11	IAN-633 X GA-1581	17	HARBEL-10	CLON PRIMARIO
3	GU-40	FX-2865 X GV-31	19	RRIC-102	RRIC-52 X RRIC-7
1	GU-198	FX-16 X GT-711	<b>5</b>	FX-3899	PB-86 X FB-110

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con 20 tratamientos y tres repeticiones. El modelo estadístico fue  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ , en donde:  $i = 1, \dots, t$ ;  $j$



$= 1, \dots, b$ ; y  $\mu$  media general.  $\tau_i$  efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (clon),  $\beta_j$  efecto del  $j$ -ésimo bloque y  $\varepsilon_{ij}$  error experimental en la unidad  $j$  del tratamiento  $i$ .  $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ . La unidad experimental constó de 20 árboles, además consideró un bordo común entre clones (tratamientos), por lo que la parcela total fue de 42 árboles. La unidad experimental se distribuyó en 4 líneas de 5 plantas. El clon utilizado como bordo común es el IAN710 (testigo). El arreglo de la plantación fue de 6 x 3 m, por lo que la unidad experimental fue de 540 m<sup>2</sup> y el área experimental total de 3.24 hectáreas.

### Material vegetativo

Los clones se injertaron en patrones de 10 meses de edad. El destape de los injertos se realizó a los 18 días de realizados, 8 días después se descoparon los patrones y 5 días más tarde se realizó el arranque de los tocones a raíz desnuda y yema dormida. El establecimiento y manejo del experimento se realizó de acuerdo a la tecnología recomendada por el INIFAP (Picón *et al.*, 1998).

### Variables evaluadas en etapa pre productiva

Las principales variables evaluadas durante el periodo pre productivo fueron altura de planta (AP), circunferencia del tallo (CT) y tolerancia a la mancha sudamericana de la hoja (MIC). La altura de planta (AP) se tomó a partir de la unión injerto patrón, en intervalos regulares de seis meses, hasta los dos años de edad. La medición de la circunferencia del tallo (CT) se realizó a 1.20 m de altura de la unión injerto-patrón, a partir de los 18 meses de la plantación en intervalos regulares de 6 meses, hasta los 10 años. El incremento en CT, se consideró del establecimiento a los 6 años de la plantación (periodo pre productivo) y de 6-10 años (periodo productivo).

Para la evaluación de la incidencia de la mancha sudamericana de la hoja causada por el hongo *Microcyclus ulei* P. Henn. V. Arx. (MIC), se realizó de acuerdo a la escala de Langford (1945), que considera 10 categorías de daño: Sin evidencia de la infección (1); con pequeños puntos amarillos, sin producir necrosis (2); con pequeñas lesiones necróticas causando muy ligero daño (3); con lesiones necróticas causando daño ligero 4); con lesiones necróticas causando daño variable, las hojas se reducen en tamaño y algunas veces se deforman (5); con lesiones necróticas causando daños



conspicuos, hojas atrofiadas y deformadas o rasgadas (6); con defoliación cercana al 50% (7); con defoliación superior al 50% (8); con el tallo muerto y emisión de nuevos brotes de las yemas secundarias (9); y plantas muerta por defoliaciones repetidas (10).

### **Variables evaluadas en la etapa productiva**

Las variables evaluadas durante la etapa productiva fueron la circunferencia del tallo (CT), rendimiento mensual de hule seco en gramos por árbol por pica (GAP), rendimiento en kilogramos por hectárea por año (KHA), número de árboles sobrevivientes (NAS) y número de árboles a los 3 años de pica (NAP).

Dentro de la unidad experimental, los datos de producción de hule en gramos por árbol por pica (GAP), se empezaron a tomar a partir del séptimo año de la plantación, considerando los árboles con más de 45 cm de circunferencia a la altura de 1.20 m. El sistema de pica empleado fue en semi espiral descendente con picas en día alterno (S/2 d/2 6 d7). El registro de la producción por árbol y por pica se obtuvo de la coagulación del látex en las tasas, colectando al finalizar el mes. El coágulo colectado ("quesillo") por pica se insertó en un alambre y se colgó a la intemperie para su secado. El total de hule por árbol se dividió entre el número de "quesillos" (picas), para obtener los gramos por árbol por pica por año, para cada clon (Gonçalves *et al.*, 2011). Con esa información, se estimó la producción en kilogramos por hectárea por año para cada clon (KHA), siguiendo la recomendación de Gonçalves (2011), se consideraron 90 picas anuales y el número de árboles en pica en la unidad experimental, extrapolado a una hectárea (NAP). Para el análisis de la información se realizaron análisis de varianza, pruebas de comparación de medias (Tukey y Duncan), análisis de correlación y análisis de regresión, utilizando el paquete estadístico SAS (2002).



## Resultados y discusión

### Altura de planta (AP)

Para la variable altura de planta se consideró el registro de datos a los 24 meses después de plantado (AP). De acuerdo al análisis de varianza (ANAVA), se presentaron diferencias significativas entre clones ( $p < 0.0001$ ), la media general de altura fue de 316.94 cm. Al realizar la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), se encontraron diferencias altamente significativas entre clones ( $p < 0.0001$ ) (Cuadro 2). Los clones con mayor crecimiento en altura de planta fueron FX-3899, RRIM-600, GU-40, RRIM-703, GU-198 y GU-11, con 421.55, 401.50, 393.98, 375.28, 367.61 y 364.13 cm, respectivamente; mientras que los clones con menor desarrollo en altura de planta fueron MEX-23, HARBEL-1 y GU-467, respectivamente, con 211.53, 234.50 y 260.03 cm, sin diferencias significativas entre ellos.

### Incidencia de Mancha sudamericana de la hoja (MIC)

Al realizar el ANAVA para la variable incidencia de la mancha sudamericana de la hoja (MIC), se encontraron diferencias significativas entre clones de hule ( $p < 0.01$ ), el daño promedio se ubicó en 5.41, en la escala de Langford (1945). Al realizar la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.01$ ), se encontró que los clones con mayor incidencia a la enfermedad fueron RRIM 600, PB-235, RRIM-703, RRIM-701, HARBEL-10, PR-252, MEX-23, RRIM-614 y HARBEL-1, con promedios de 7.50, 7.30, 7.17, 7.15, 6.72, 6.03, 6.01, 5.77 y 5.52, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos (Cuadro 1). Los clones con mayor tolerancia a la mancha sudamericana de la hoja fueron FX-3899, RRIC-102 y GU-198, con valores de 3.90, 3.91 y 3.94, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Los clones IAN873, IAN-754 y IAN-710, recomendados para la región central de Veracruz, presentaron valores de 4.37, 4.64 y 4.99, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Se pudo constatar que los clones generados en América (Brasil y Guatemala), presentan mayor tolerancia a la mancha sudamericana de la hoja. Los clones asiáticos generalmente son susceptibles a la enfermedad, aunque se presentó una excepción con el clon RRIC-





102, con cierta tolerancia. El clon mexicano MEX-23, presentó alta susceptibilidad a la enfermedad.

**Cuadro 2. Medias de circunferencia de Altura de planta (AP) e Incidencia de la mancha sudamericana de la hoja, causada por *Microcyclus ulei*.**

CLON	Altura de planta	Significancia	CLON	Susceptibilidad a <i>Microcyclus</i>	Significancia
FX3899	421.55	A	RRIM600	7.50	A
RRIM600	401.5	AB	PB235	7.30	AB
GU40	393.98	ABC	RRIM703	7.17	ABC
RRIM703	375.28	ABCD	RRIM701	7.15	ABC
GU198	367.61	ABCD	HARBEL10	6.72	ABCD
GU11	364.14	ABCD	PR252	6.03	ABCDE
PB252	340.2	BCDE	MEX23	6.01	ABCDE
HARBEL10	336.5	CDEF	RRIM614	5.77	ABCDE
IAN754	332.73	CDEF	HARBEL1	5.52	ABCDE
PR252	323.33	DEFG	IAN710	4.99	BCDE
PB235	318.04	DEFG	GU477	4.96	BCDE
IAN710	279.83	EFGH	GU467	4.78	CDE
RRIM701	278.57	EFGH	GU40	4.67	DE
RRIM614	277.9	EFGH	IAN754	4.64	DE
GU477	274.77	FGH	GU11	4.45	DE
RRIC102	273.44	FGH	PB252	4.40	DE
IAN873	273.34	FGH	IAN873	4.37	DE
GU467	260.03	GHI	GU198	3.94	E
HARBEL1	234.5	HI	RRIC102	3.91	E
MEX23	211.53	I	FX3899	3.90	E
MEDIA	316.9418			5.409333	
CM(ERR)	1122.3051			1.5321982	
GL(ERR)	38			38	
C.V.	10.57002			22.88304	

\*\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al 1% de probabilidad.

### Circunferencia del tallo (CT)

Al realizar el ANAVA para la variable CT, para las mediciones realizadas a los 6 y 10 años de establecida la plantación, se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). Al realizar la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.01$ ), para la variable circunferencia del tallo a los 6 años de la plantación, los clones con mayor crecimiento fueron IAN-754, GU-198, G-11 y IAN-710, con circunferencia promedio de



46.27, 45.90, 43.84 y 43.70 cm, respectivamente (Cuadro 3), sin diferencias significativas entre ellos.

**Cuadro 3. Medias de circunferencia del tallo de 20 clones de hule, a los seis (CT 6 años) y a los 10 años de la plantación (CT10 años).**

Clon	CT 6 años	Sig. **	clon	CT 10 años	Sig. **
IAN754	46.27	A	IAN754	70.27	A
GU198	45.90	A	GU198	61.93	B
GU11	43.84	AB	IAN710	60.15	BC
IAN710	43.70	AB	IAN873	59.46	BC
GU40	42.40	B	GU40	57.65	BC
IAN873	41.98	B	GU11	56.17	CD
FX3899	39.01	C	RRIC102	55.75	CD
RRIC102	38.80	C	PB252	51.76	DE
PB252	36.27	CD	FX3899	50.69	EF
RRIM600	35.75	D	GU467	48.05	EFG
GU477	35.60	D	GU477	48.00	EFG
GU467	35.44	D	RRIM600	45.94	GFH
HARBEL10	33.29	D	RRIM614	43.63	GHI
RRIM703	29.72	E	HARBEL10	43.12	GHI
RRIM614	29.65	E	PB235	41.46	HIJ
PR252	29.37	E	PR252	41.21	HIJ
PB235	28.51	E	RRIM703	39.53	IJ
RRIM701	26.69	EF	RRIM701	38.04	J
HARBEL1	24.28	FG	HARBEL1	38.03	J
MEX23	22.38	G	MEX23	32.28	K
MEDIA	35.75		MEDIA	49.53	
CM(ERR)	57.62		CM(ERR)	147.79	
GL(ERR)	1092		GL(ERR)	1047.00	
C.V.	21.24		C.V.	24.54397	

\*\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al 1% de probabilidad ( $\alpha=0.01$ ).

Un segundo grupo de clones está constituido por los clones GU-40 y IAN-873, con circunferencia de 42.40 y 41.98 cm, respectivamente, esos clones no presentan diferencias significativas entre sí. Un tercer grupo está conformado por los clones FX-3899, RRIC-102, PB2-52 y RRIM-600, con circunferencia de 39.01, 38.80, 36.27 y 35.75 cm, respectivamente. Los clones con menor crecimiento en circunferencia del tallo fueron MEX-23 y HARBEL-1, con media de 22.38 y 24.28 cm, respectivamente.



De acuerdo a la información anterior, durante los primeros 6 años de crecimiento en circunferencia hubo un incremento anual promedio de 5.96 cm.

Para la circunferencia del tallo a los 10 años de la plantación, el clon con mayor crecimiento fue IAN-754, con promedio de 70.27 cm, con diferencias significativas con el resto de los clones (Cuadro 2). Se presenta un segundo grupo compuesto por los clones GU-198, IAN-710, IAN-873 y GU-40, con circunferencia de 61.93, 60.15, 59.46 y 57.65 cm, respectivamente. Le sigue un tercer grupo, integrado por los clones GU-11 y RRIC-102, con circunferencia de 56.17 y 55.75 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. El clon RRIM-600 presentó una circunferencia de 45.94 cm (abajo del promedio). Los clones con el menor crecimiento fueron MEX-23, HARBEL-1, RRIM-701 y RRIM-703, con circunferencia de 32.28, 38.03, 38.04 y 39.53 cm, respectivamente. En el periodo de los 6 a los 10 años el incremento en circunferencia fue de 3.45 cm anuales, muy inferior a la primera etapa de crecimiento. Los clones brasileños y guatemaltecos IAN-754, GU-198, IAN-873 y GU-40, presentaron las mayores tasas de crecimiento en circunferencia del tallo.

### **Número de árboles sobrevivientes hasta el inicio de la pica (NAS)**

El número de árboles sobrevivientes a los diez años de establecida la plantación presentó diferencias significativas entre clones ( $\alpha=0.01$ ), el promedio general de todos los clones fue de 495 árboles (Cuadro 4). De acuerdo a la prueba de Duncan ( $\alpha=0.01$ ), los clones con mayor población fueron IAN-710, GU-477, RRIM-703, GU-198, IAN-873, GU-11, PB-235, GU-40, RRIM-600, IAN-754, GU-467, RRIM-701, FX-3899 y HARBEL-10, con promedios de 547, 547, 537, 528, 528, 528, 528, 519, 519, 509, 509, 509, 500 y 500 árboles, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Mientras que los clones con más baja población fueron MEX-23, HARBEL-1, PR-252, RRIM-614, PB-252 y RRIC-102, con medias de 407, 425, 426, 444, 444 y 444 árboles sobrevivientes, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. El número de árboles sobrevivientes por clon fue satisfactorio, independientemente del origen del clon.



**Cuadro 4. Medias de número de árboles sobrevivientes a los 10 años de la plantación (NAS) y número de árboles en pica (NAP) hasta los 10 años de la plantación.**

CLON	NAS 10 años	Sig.**	CLON	NAP 10 años	Sig.**
IAN710	547	A	IAN754	491	A
GU477	547	A	GU198	472	AB
RRIM703	537	A	IAN710	472	AB
GU198	528	AB	GU40	463	AB
IAN873	528	AB	IAN873	435	AB
GU11	528	AB	GU11	426	ABC
PB235	528	AB	FX3899	380	ABC
GU40	519	AB	RRIC102	361	BCD
RRIM600	519	AB	GU467	315	CDE
IAN754	509	ABC	PB252	315	CDE
GU467	509	ABC	GU477	259	DEF
RRIM701	509	ABC	RRIM600	259	DEF
FX3899	500	ABC	RRIM614	222	EFG
HARBEL10	500	ABC	HARBEL10	213	EFGH
RRIC102	445	ABC	PB235	167	FGHI
PB252	444	ABC	PR252	130	GHI
RRIM614	444	ABC	RRIM701	130	GHI
PR252	426	BC	HARBEL1	102	HI
HARBEL1	426	BC	RRIM703	93	I
MEX23	407	C	MEX23	83	I
MEDIA	495.0167		MEDIA	289.3833	
CM(ERR)	3071.9588		CM(ERR)	3874.687	
GL(ERR)	38		GL(ERR)	38	
C.V.	11.19664		C.V.	21.51022	
			DMS(T)	193.2	

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al 5% de probabilidad ( $\alpha=0.05$ ).

### Número de árboles en pica a los 10 años de la plantación (NA10)

De acuerdo al ANAVA, se encontraron diferencias altamente significativas entre clones para la variable número de árboles en pica a los 10 años de establecida la plantación ( $\alpha=0.01$ ), con un promedio general de 289 árboles/ha. Al realizar la prueba de Duncan ( $\alpha=0.01$ ), los clones con mayor número de árboles en pica fueron IAN-754, GU-198, IAN-710, GU-40, IAN-873, GU-11 y FX-3899, con medias de 491, 472, 472, 463, 435, 426 y 378 árboles/ha, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Los clones con menor número de árboles en producción a los 10 años, fueron MEX-23, RRIM-703, HARBEL-1, RRIM-701 PR-252 y PB-235, con medias de 82, 92, 102,





130, 130 y 167 árboles/ha, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. El clon RRIM-600, considerado sobresaliente en otras regiones, logró una población a los 10 años de pica de 259 árboles/ha, por debajo de la media general. En general, los clones americanos presentaron mayor vigor y por lo tanto mayor número de árboles en pica a los 10 años de establecida la plantación.

### **Rendimiento en gramos por árbol por pica (GAP)**

De acuerdo al ANAVA, para el rendimiento en gramos por árbol por pica, se presentaron diferencias altamente significativas entre clones de hule ( $\alpha=0.01$ ), para los primeros tres años de pica y el promedio general (Cuadro 5). La media general de rendimiento en GAP para el primer año, segundo año, tercer año y el promedio fue de 21.12, 27.37, 33.79 y 27.43 gramos, respectivamente. De acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), se encontraron diferencias significativas entre clones para el promedio de los tres años. Los clones FX-3899, GU-198, RRIC-102, RRIM-614, GU-11, IAN-710, HARBEL-10, PB-252, IAN-873, HARBEL-1, PR-252, RRIM-600 y IAN-754, no presentaron diferencias significativas, con medias de 44.33, 42.72, 40.76, 38.83, 32.40, 32.09, 31.85, 31.68, 30.59, 28.29, 27.90, 27.05 y 26.35 gramos por árbol por pica, respectivamente. Esta variable es de las más importantes para determinar el potencial de rendimiento de los clones de hule, sin embargo, junto con ella debe considerarse el número estimado de árboles en pica por hectárea (NAP), ya que algunos clones presentan árboles muy productivos, pero finalmente el rendimiento por hectárea por año sería muy bajo por la reducida cantidad de árboles. Los clones asiáticos RRIM-614, RRIC-102, HARBEL-10 y PB-252, sobresalen por su rendimiento promedio en GAP, aunque presentan baja población de árboles en pica, por lo cual es importante considerar volver a evaluarlos para evitar descartar clones potencialmente productivos. El clon IAN-754, aun cuando presenta un alto porcentaje de árboles en pica, sus rendimientos por árbol son bajos; aunque es un clon con alto potencial para la producción de madera y látex.



**Cuadro 5. Rendimiento de hule seco en gramos por árbol por pica (GAP) de tres años de pica.**

CLON	Gramos por árbol por pica (GAP)			Promedio de gramos por árbol por pica (GAP).		
	GAP94	GAP95	GAP96	CLON	GAPM	SIG.*
RRIM614	39.11 A	41.18 ABC	36.18 ABC	FX3899	44.33	A
FX3899	36.30 AB	48.23 A	48.46 AB	GU198	42.72	A
GU11	33.36 ABC	30.97 ABCDE	32.85 ABC	RRIC102	40.76	AB
HARBEL10	29.84 ABC	30.58 ABCDE	35.13 ABC	RRIM614	38.83	ABC
GU198	28.17 ABCD	42.04 AB	57.95 A	GU11	32.40	ABCD
RRIC102	26.11 ABCDE	37.91 ABCD	58.25 A	IAN710	32.09	ABCD
GU467	24.86 ABCDE	22.41 CDEF	25.49 BCD	HARBEL10	31.85	ABCD
RRIM600	23.87 ABCDEF	25.14 BCDE	32.15 ABC	PB252	31.68	ABCD
PB252	23.58 BCDEF	30.41 ABCDE	41.04 AB	IAN873	30.59	ABCDE
IAN710	23.56 BCDEF	31.09 ABCDE	41.62 AB	HARBEL1	28.29	ABCDEF
PR252	23.03 BCDEF	31.56 ABCDE	29.12 BCD	PR252	27.90	ABCDEF
GU40	21.18 BCDEF	20.03 DEF	23.65 BCD	RRIM600	27.05	ABCDEF
HARBEL1	19.213 CDEF	31.90 ABCDE	33.74 ABC	IAN754	26.35	ABCDEF
IAN873	19.077 CDEF	30.16 ABCDE	42.52 AB	GU467	24.25	BCDEF
IAN754	14.54 DEFG	20.37 DEF	44.12 AB	RRIM703	23.84	BCDEF
RRIM701	13.22 DEFG	17.45 EF	12.96 CD	GU40	21.62	CDEFG
MEX23	12.23 EFG	14.44 EF	12.54 CD	RRIM701	14.54	DEFG
PB235	8.68 FG	13.78 EF	13.25 CD	MEX23	13.07	EFG
GU477	2.54 G	5.69 F	5.26 D	PB235	11.90	FG
RRIM703	0 G	22.1 DEF	49.42 AB	GU477	4.50	G
DMS(T)	15.274	18.787	26.535		18.095	
MEDIA	21.12317	27.37200	33.78500		27.427	
CM(ERR)	24.215882	36.637734	73.08768		33.98692	
GL(ERR)	38	38	38		38	
C.V.	23.29652	22.11351	25.30452		21.26	

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### Rendimiento en kg por hectárea por año (KHA)

De acuerdo al ANAVA, se encontraron diferencias altamente significativas entre clones de hule para el rendimiento en kilogramos por hectárea por año ( $\alpha=0.01$ ), con rendimiento promedio general de 549.42, 633.37, 912.98 y 2095.85 KHA para el primer año, segundo año, tercer año y producción acumulada (Cuadro 6). De acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), los clones con mayor producción acumulada de tres años fueron GU-198, FX-3899, IAN-710 y RRIC-102, con 5164, 4315, 4059 y 3552 kg por hectárea, respectivamente. Se presenta otro grupo importante, constituido por GU-11, IAN-754, IAN-873 y GU-40, con rendimiento acumulado de 3578, 3435,



3322 y 2850 kg/ha, respectivamente. A excepción de RRIC-102, todos los clones sobresalientes en rendimiento acumulado de tres años son de origen americano. Es importante recalcar que el clon RRIC-102 presenta tolerancia a la mancha sudamericana de la hoja.

**Cuadro 6. Rendimiento en kilogramos por hectárea por año (KHA), para el primer año (KH94), segundo año (KH95), tercer año (KH96) y rendimiento acumulado (KHSS).**

CLON	Rendimiento en kg por hectárea (KHA)			
	Primer año (KH94)	Segundo año (KH95)	Tercer año (KH96)	Promedio (KHSS)
GU198	1295 A	1582 A	2288 A	5164 A
FX3899	1279 A	1497 AB	1539 BC	4315 AB
IAN710	1060 AB	1270 ABC	1728 AB	4059 AB
RRIC102	797 ABC	1036 BCD	1718 AB	3552 ABC
GU11	1257 A	1071 ABCD	1250 BCD	3578 BC
IAN754	725 BC	886 CDE	1823 AB	3435 BC
IAN873	723 BC	1024 BCD	1575 BC	3322 BCD
GU40	972 AB	880 CDE	997 CDEF	2850 BCDE
PB252	603 BCD	712 DE	1022 CDE	2337 CDE
RRIM614	577 BCDEF	632 DEF	748 DEFG	1956CDEF
GU467	582 BCDE	485 EFG	683 DEFG	1750 CDEFG
RRIM600	366 CDEFG	423 EFG	726 DEFG	1516 EFG
HARBEL10	373 CDEFG	373 EFG	646 DEFG	1392 EFG
PR252	97 DEFG	149 FG	325 FG	572 FG
HARBEL1	57 EFG	139 FG	268 G	465 FG
RRIM703	0 G	88 G	349 EFG	437 FG
PB235	85 DEFG	149 FG	200 G	433 FG
RRIM701	51 EFG	97 G	150 G	299 G
GU477	49 FG	109 FG	125 G	283 G
MEX23	36 G	65 G	101 G	202 G
DMS(T)	531.03	524.79	687.83	1646.5
MEDIA	549.42	633.37	912.98	2095.85
CM(ERR)	29271.73	28587.18	49109.06	281394.5
GL(ERR)	38	38	38	38
C.V.	31.14027	26.69503	24.27269	25.31032

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se considera un promedio de 90 picas anuales.



### Correlación entre las principales variables evaluadas durante 10 años

Se seleccionaron las principales variables que pueden influir en el crecimiento y rendimiento de hule: Incidencia de la mancha sudamericana de la hoja (MICX), altura de planta a los 24 meses de plantado, circunferencia del tallo a los 10 años, número de árboles en pica (NAP), gramos por árbol por pica (GAP1, GAP2 y GAP3) y rendimiento en kilogramos por hectárea por año (KHA1, KHA2, KHA3 y KHSS) (Cuadro7).

La variable incidencia de la mancha sudamericana de la hoja, causada por el hongo *Microcyclus ulei* P. Henn. V. Arx., presenta correlación significativa con AP (-0.39445,  $p=0.018$ ), CT a los 10 años (-0.5095,  $p<0.0001$ ), NAP (-0.52602,  $p<0.0001$ ), KHA1 (-0.50881,  $p<0.0001$ ), KHA2 (-0.54621,  $p<0.0001$ ), KHA3 (-0.5256,  $p<0.0001$ ) y KHSS (-0.54233). Por su elevada correlación con las variables relacionadas directamente con el crecimiento y rendimiento de hule (CT 10 años, NAP, KHA1, KHA2, KH13 y KHSS), es una potente herramienta para la selección temprana de clones de hule. Los clones con alta incidencia de enfermedades foliares, deberán desecharse en las primeras etapas de la evaluación, ya que la susceptibilidad de los clones se reflejará en bajas tasas de crecimiento y rendimiento de hule.

La altura de planta a los dos años de la plantación, presenta correlación significativa con CT 10 años (0.71470,  $<.0001$ ), Numero de árboles sobrevivientes (NAS) (0.56895,  $<.0001$ ), número de árboles en pica (NAP) (0.71369,  $<.0001$ ), KHA1 (0.60775,  $<.0001$ ), KHA2 (0.58193,  $<.0001$ ), KHA3 (0.55316,  $<.0001$ ) y KHSS (0.59395,  $<.0001$ ). El crecimiento en altura de planta durante los primeros dos años de la plantación (AP), presenta elevada correlación significativa positiva con la circunferencia del tallo (CT 10 años), mayor sobrevivencia de plantas en campo (NAS) y mayor número de plantas en pica (NAP). De igual forma, los clones con mayor crecimiento en altura también se relacionan con mayor rendimiento de hule por hectárea por año (KHA1, KHA2, KHA3 y KHSS).

La circunferencia del tallo a los 10 años de la plantación (CT 10 años), presenta correlación significativa con el rendimiento en kilogramos por hectárea por año, KHA1 (0.73653,  $p<0.0001$ ), KHA2 (0.77422,  $p<0.0001$ ), KHA3 (0.85138,  $p<0.0001$ ) y KHSS (0.81828,  $p<0.0001$ ). Bajo las condiciones de Uxpanapa, los clones más vigorosos y





tolerantes a *Microcyclus ulei*, serán lo que presentarán un mayor rendimiento de hule seco.

**Cuadro 7. Coeficientes de correlación Pearson, para las principales variables evaluadas.**

	Microcyclus	Altura de planta (AP)	Circunferencia a los 10 años (CT10)	Número de Árboles sobrevivientes (NAS10)	Número de árboles en pica (NAP10)
Microcyclus	<b>1</b>	-0.30445	-0.5095	0.01128	-0.52602
		0.018	<.0001	0.9318	<.0001
Altura de planta (AP)	-0.30445	<b>1</b>	0.7147	0.56895	0.71369
	0.018		<.0001	<.0001	<.0001
Circunferencia a los 10 años (CT10)	-0.5095	0.7147	<b>1</b>	0.28701	0.90443
	<.0001	<.0001		0.0262	<.0001
Número de árboles sobrevivientes (NAS10)	0.01128	0.56895	0.28701	<b>1</b>	0.46377
	0.9318	<.0001	0.0262		0.0002
Número de árboles en pica (NAP10)	-0.52602	0.71369	0.90443	0.46377	<b>1</b>
	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	
GAP94 (Primer año)	-0.296	0.10717	0.21338	-0.11993	0.32898
	0.0217	0.4151	0.1016	0.3614	0.0103
GAP95 (Segundo año)	-0.31338	0.05918	0.23316	-0.21935	0.23139
	0.0148	0.6533	0.073	0.0922	0.0753
GAP96 (Tercer año)	-0.32496	0.18616	0.46606	-0.1144	0.33052
	0.0113	0.1544	0.0002	0.3841	0.0099
KHA1 Primer año	-0.50881	0.60775	0.73653	0.29497	0.84005
	<.0001	<.0001	<.0001	0.0221	<.0001
KHA2 Segundo año	-0.54621	0.58193	0.77422	0.27717	0.84568
	<.0001	<.0001	<.0001	0.032	<.0001
KHA3 Tercer año	-0.5256	0.55316	0.85138	0.25601	0.85011
	<.0001	<.0001	<.0001	0.0483	<.0001
KHSS acumulado	-0.54233	0.59395	0.81828	0.28126	0.87024
	<.0001	<.0001	<.0001	0.0295	<.0001

## Conclusiones

1. Los clones más tolerantes a la mancha sudamericana de la hoja fueron FX-3899, RRIC-102 y GU-198. El clon RRIC-102 de origen asiático presenta tolerancia aceptable a *Microcyclus ulei*.



2. Después de 10 años de evaluación, los clones más vigorosos fueron IAN-754, GU-198, IAN-710, IAN-873 y GU-40. El clon IAN-754, es muy vigoroso, pero su rendimiento inicial de látex es bajo.
3. Los clones GU-198, FX-3899 y IAN-710, presentaron los más altos rendimientos en kg/ha por año, considerando que fueron los primeros en reunir los criterios para el inicio de la pica.
4. Los clones GU-198, FX-3899, RRIC-102, RRIC-614, IAN-710, PB-252 y IAN-873, no presentaron diferencias significativas en rendimiento en gramos por árbol por pica. Además de los clones americanos sobresalen los clones RRIC-102, RRIC-614 y PB-252, por lo que bajo mejores condiciones de manejo pueden resultar sobresalientes en rendimiento.

### Literatura citada

- Denduang P., Korakot N. and Charassri N. 2015. Performance and genetic assessment of rubber tree clones in Southern Thailand. *Sci. Agric.* v.72, n.4, p.306-313, July/August 2015.
- Gonçalves P. de S., Scaloppi Junior E.J., Martins, M. A., Moreno, R.M. B., Branco, R. B. F., and Gonçalves, E. C. P. 2011. Assessment of growth and yield performance of rubber tree clones of the IAC 500 series. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.46, n.12, p.1643-1649.
- Picón *et al.*, 1998. Manual para la producción de hule en México. Manual técnico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. 98 p.
- Ramírez-Jaramillo, G., Lozano-Contreras, M.G. y Cano-González, A. (2018). Áreas con potencial productivo para el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) en México. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*, 33(71),44-49.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS 9.1.3. Cary, North Caroline, USA.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2018. Hule hevea, productor de látex. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/hule-hevea-productor-de-latex?idiom=es> [14 de mayo de 2019].



## EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE CRECIMIENTO EN LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE CLONES DE CEDRO ROJO

José Amador Honorato Salazar<sup>219\*</sup>, Vicente Sánchez Monsalvo<sup>219</sup> y Jesús Santacruz Pérez<sup>219</sup>

### Resumen

Se llevó a cabo la determinación de la densidad básica de la madera del fuste de 16 clones de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en dos plantaciones experimentales clonales con el objetivo de establecer si hay diferencias entre sitios de crecimiento de esta propiedad de la madera y si se relaciona con el crecimiento de los árboles. Los clones seleccionados presentaron mayor crecimiento en diámetro normal (1.30 m) y altura, eligiendo tres árboles por clon para obtener muestras de madera del fuste a 1.30 m con un taladro de Pressler de 5 mm de diámetro. Las muestras se colocaron en tubos de plástico y recipientes, adicionando agua purificada para después saturarlas con vacío. Cada muestra se seccionó en tres partes, y se determinó su volumen con el método de inmersión, secarlos en estufa a  $103 \pm 2$  °C por 48 horas y pesarlos. La densidad básica se calculó relacionando el peso seco en estufa y el volumen saturado. Se realizó una prueba de *t* de Student ( $\alpha = 0.05$ ) para la comparación de medias totales entre sitios y las medias de cada clon entre sitios. La densidad básica mostró diferencias significativas entre sitios y en los clones entre sitios, con excepción del clon 8. Los clones del sitio de Genoveva mostraron mayor crecimiento en diámetro normal y altura, pero menor densidad básica que los clones del sitio de Isla. En el sitio de Genoveva, los clones mostraron un diámetro normal de  $17.68 \pm 2.45$  cm, la altura total de  $9.23 \pm 0.73$  m y la densidad básica de  $312.07 \pm 38.02$  kg/m<sup>3</sup>, mientras que en los clones de Isla el diámetro normal fue  $12.17 \pm 2.01$  cm, la altura total de  $6.64 \pm 0.72$  m y la densidad básica de  $336.65 \pm 33.90$  kg/m<sup>3</sup>, lo cual indica que el sitio en donde crecen los árboles de cedro rojo, tiene una

<sup>219</sup> INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental San Martinito, km 52.5 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla. \* honorato.amador@inifap.gob.mx



influencia en la densidad básica de su madera. La correlación de la densidad básica de los clones con el diámetro normal y altura fue menor a 0.2 para cada uno de los sitios. Esto concuerda con otros estudios realizados con especies de latifoliadas y sugiere que se debe dar importancia a la selección de las áreas para el establecimiento de plantaciones de cedro rojo.

**Palabras clave:** *Cedrela odorata*, altura total, diámetro normal

## Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una especie importante en México, ya que su madera se considera preciosa y de alto valor comercial debido a su color, aroma y alta resistencia al ataque de hongos e insectos, por lo cual es muy demandada para la obtención de chapa, fabricación de muebles finos, artículos torneados, esculturas, cajas y envolturas para puros, instrumentos musicales y construcción de embarcaciones (Pennington y Sarukhán, 2005). La demanda de la madera de esta especie ha causado una explotación excesiva y ocasionando la disminución y fragmentación de las poblaciones naturales de cedro rojo (Hernández *et al.*, 2018). Por ello, se encuentra como especie “sujeta a protección especial” en Norma Oficial Mexicana 059 (NOM- 059) (SEMARNAT, 2010) y en el Apéndice III de la CITES (CITES, 2010); sin embargo, esta especie no cumple con los requerimientos para incluirla en algunas de las categorías de riesgo que propone la NOM-059 (Ruiz *et al.*, 2018).

Debido a la importancia de protección, conservación, producción, ecológica y económica de esta especie, se han realizado diversos estudios de procedencia en la Península de Yucatán y Veracruz, con la finalidad de seleccionar los mejores individuos con base a diferentes parámetros genéticos que incluyen un mayor crecimiento en altura y diámetro normal, así como la rectitud del fuste y tolerancia o resistencia al ataque del barrenador del tallo (Sánchez *et al.*, 2003; Ward *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2016), de manera que se puedan obtener líneas mejoradas





de esta especie y establecer plantaciones forestales con genotipos superiores de crecimiento y tolerantes al ataque del barrenador.

En los programas de mejoramiento genético o selección de genotipos superiores, es importante que se considere la densidad básica de la madera debido a que es un parámetro de la calidad, porque se relaciona con diversas propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como con el desempeño de varios productos a base de madera, con las condiciones de crecimiento y manejo de las plantaciones (Shmulsky y Jones, 2011; Gao *et al.*, 2017).

La densidad básica de la madera se define como la relación entre el peso anhidro y el volumen verde o saturado y es un factor clave para los procesos de selección, así como para los tratamientos silvícolas adecuados; sin embargo, al igual que otras propiedades de la madera y del crecimiento, es afectada por factores genéticos, factores ambientales y prácticas de manejo (Nocetti *et al.*, 2012; Diaconu *et al.*, 2016). Estudios en maderas de especies latifoliadas indican que la densidad básica es más afectada por las condiciones de crecimiento y manejo, que por la tasa crecimiento (Monteoliva *et al.*, 2005; Nocetti *et al.*, 2012; Nabais *et al.*, 2018).

En México se han impulsado las plantaciones de cedro rojo; sin embargo, existen pocos estudios sobre la densidad de la madera de las plantaciones, por lo que es necesario conocer esta característica que ayude a la selección de genotipos o clones sobresalientes. Así, como parte del proceso de selección de clones, se realizó el estudio con el objetivo de determinar la densidad básica de la madera de 16 clones de cedro rojo establecidos en dos plantaciones clonales experimentales y determinar si hay diferencias de esta propiedad entre las dos plantaciones y si se relaciona con el crecimiento de los árboles.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en dos plantaciones experimentales de 90 clones de cedro rojo establecidas en agosto de 2012, con espaciamiento de 3 m x 3 m en bloques completos al azar y seis repeticiones. Una de las plantaciones se encuentra en



Campeche dentro de la empresa “Agropecuaria Santa Genoveva” (19° 33' 26.53" N, 90° 01' 33.96" W), a una elevación de 82 metros sobre el nivel del mar (msnm), precipitación promedio anual de 1300 mm, temperatura media anual de 26 °C y suelo arcilloso de origen calcáreo. Otra plantación se encuentra ubicada en Isla, Veracruz (18° 04'50.21" N, 95° 32' 0.75" W) a una altitud de 52 msnm, precipitación promedio anual de 2000 mm, temperatura media anual de 25 °C y suelo arenoso. Se seleccionaron 16 clones comunes para las dos plantaciones con base a un análisis de componentes principales de las variables medidas en octubre de 2018, las cuales fueron: diámetro normal (1.30 m), altura total, altura de fuste limpio y altura de fuste recto (altura del fuste sin ondulación o inclinación), considerándose también el volumen total. Los clones seleccionados fueron aquellos que presentaron un valor promedio más alto del primer componente principal. Para cada clon se seleccionaron 3 árboles con base a los valores mayores del primer componente principal en cada árbol.

En cada uno de los árboles seleccionados, se obtuvieron muestras de madera del fuste a 1.30 m con un taladro de Pressler de 5 mm de diámetro, cuidando que la perforación fuera solo hasta la mitad del diámetro. A las perforaciones se les aplicó hipoclorito de sodio al 6% con un atomizador y fueron cubiertas con cilindros de madera, mientras que las muestras de madera se colocaron en tubos de plástico, previamente etiquetados, agregando agua purificada y colocándolos en un recipiente con agua purificada para evitar la pérdida de humedad en su traslado hasta el laboratorio. El agua en los tubos y en los recipientes se cambió por agua destilada en el laboratorio, para después colocarlos en un desecador y aplicarles vacío hasta que las muestras de madera quedaron completamente sumergidas en el agua. Esto se comprobó sacando las muestras de madera más grandes de los tubos de plástico y colocándolas en agua contenida en un vaso de precipitado, si las muestras no flotaban en el agua y quedaban sumergidas, entonces se detenía la aplicación de vacío.

Cada una de las muestras saturadas se dividió en tres partes iguales, eliminando la médula cuando se presentó en las muestras. Posteriormente se pesaron en una balanza analítica y se les determinó su volumen por medio de desplazamiento de



agua (ASTM, 2005) y a continuación se colocaron en una estufa de secado a  $103 \pm 2$  °C por 48 horas, para después colocarse en un desecador sobre sílica gel por 15 minutos y determinar su peso en la balanza analítica.

La densidad básica de la madera se determinó relacionando el peso secado en estufa y el volumen saturado. A los datos obtenidos se les realizó una prueba de *t* de Student ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar las medias totales entre sitios, usando el programa de SAS (SAS, 2009), así como las medias de cada clon entre sitios, incluyendo también el diámetro normal y la altura total. Además, se realizó un análisis de correlación por sitio entre la densidad básica, el diámetro normal y la altura total, para determinar si la densidad básica se relaciona con el crecimiento.

## Resultados y discusión

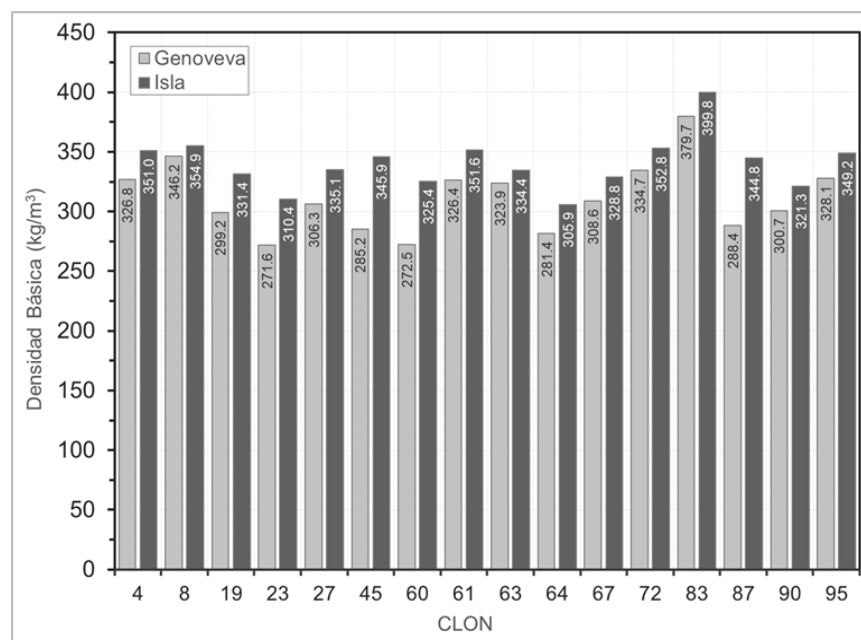
El conjunto de clones del sitio de Genoveva presentó mayor crecimiento en diámetro normal y altura total, pero menor densidad básica de la madera que los clones del sitio de Isla (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Resumen de estadísticas y comparación de medias entre sitios.**

Variable	Sitio	
	Genoveva	Isla
Diámetro Normal (cm)		
Promedio (cm)	17.68 $\pm$ 2.45 a	12.17 $\pm$ 2.01 b
Mínimo (cm)	11.30	7.8
Máximo (cm)	24.00	16.60
Coefficiente de variación (%)	13.87	16.49
Altura total (m)		
Promedio (cm)	9.23 $\pm$ 0.73 a	6.64 $\pm$ 0.72 b
Mínimo (cm)	8.0	5.5
Máximo (cm)	11.00	16.60
Coefficiente de variación (%)	7.90	10.82
Densidad Básica (kg/m <sup>3</sup> )		
Promedio (cm)	312.07 $\pm$ 38.02 b	336.65 $\pm$ 33.90 a
Mínimo (cm)	244.5	278.0
Máximo (cm)	395.33	430.60
Coefficiente de variación (%)	12.18	10.07



A nivel individual, cada clon tiene mayor densidad básica en el sitio de Isla que en el de Genoveva (Figura 1) y con excepción del clon 8, las diferencias son significativas para cada clon entre sitios.



**Figura 1. Comparación de la densidad básica de cada clon entre los sitios de crecimiento.**

La densidad básica de la madera de los clones no se correlaciona con el crecimiento en diámetro y altura total (Cuadro 2) en cada uno de los sitios de crecimiento. En las Figuras 2 y 3 se observa la dispersión de los datos de densidad básica relacionada con el diámetro normal y altura total, diferenciándose entre los sitios de Genoveva e Isla.

**Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson para los sitios de Genoveva e Isla.**

Genoveva	DN	AT	DB	Isla	DN	AT	DB
DN	1			DN	1		
AT	0.4426	1		AT	0.5152	1	
DB	-0.1848	-0.1101	1	DB	0.1962	0.0771	1

DN = Diámetro Normal, AT = Altura Total, DB = Densidad Básica.



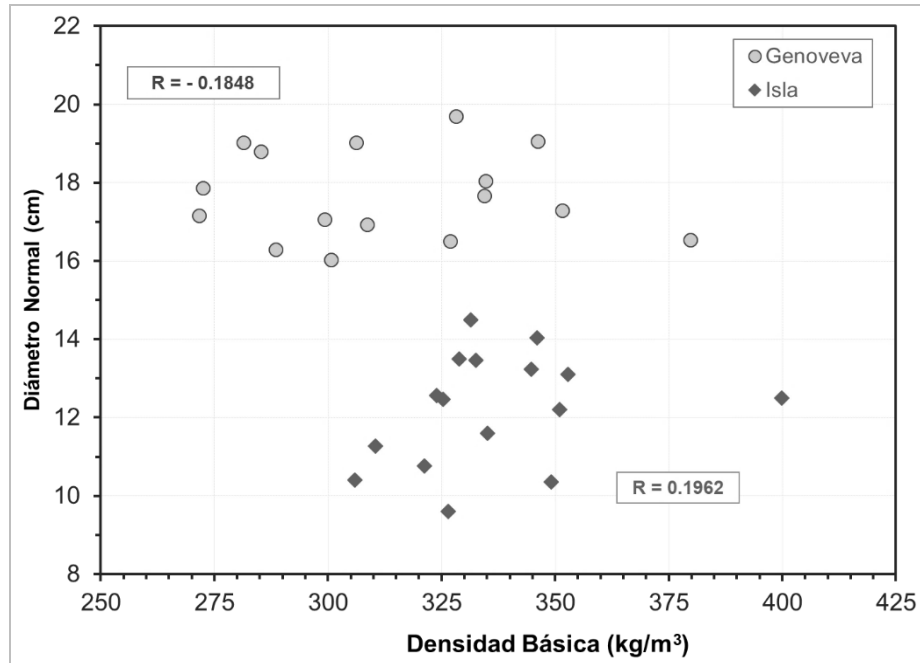


Figura 2. Correlación de la densidad básica y el diámetro normal de los clones en dos sitios de crecimiento.

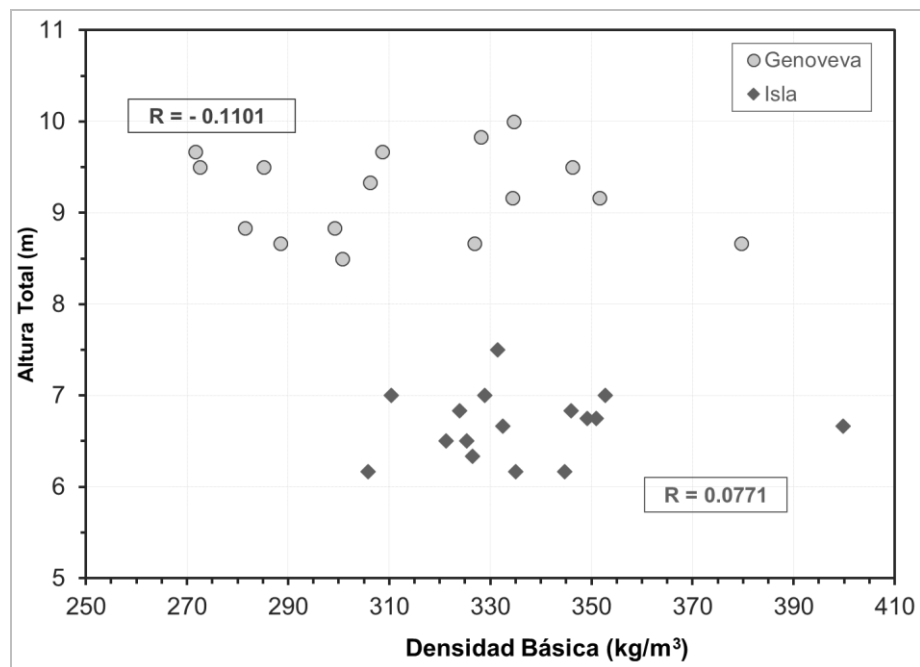


Figura 3. Correlación de la densidad básica y la altura total de los clones en dos sitios de crecimiento.



Los resultados obtenidos indican que el sitio en donde crecen los árboles de cedro rojo, tiene una gran influencia en la densidad básica de la madera más que en el crecimiento de la especie. Esto puede atribuirse a las prácticas silvícolas, ya que aun cuando la precipitación en el sitio de Genoveva es menor que en el sitio de Isla, en el sitio de Genoveva se aplicó riego por goteo en los meses de enero a junio durante los primeros 5 años, resultando en un mayor crecimiento de los árboles.

El efecto del sitio en cedro rojo concuerda con lo reportado para clones de algunas especies de latifoliadas como *Tectona grandis* (Indira y Bhat, 1998), *Populus* spp. (Zhang *et al.*, 2003), *Salix* spp. (Monteoliva *et al.*, 2005) y *Prunus avium* (Nocetti *et al.*, 2010) en donde la densidad básica fue más afectada por el sitio que por el crecimiento de los árboles. En general, algunos estudios reportan que, para las maderas de porosidad difusa, la densidad básica de la madera no se correlaciona con la velocidad de crecimiento (Zhang *et al.*, 2003; Brouard, 2019), lo cual es similar a lo observado en la madera de los clones de cedro rojo. Asimismo, en muchas especies la menor densidad de la madera generalmente se relaciona con una mayor velocidad de crecimiento (Hytönen *et al.*, 2018; Nabais *et al.*, 2018), similar a los resultados obtenidos en este estudio para cedro rojo.

Se sugiere que la selección clonal para los programas de mejoramiento genético debe combinar las características de crecimiento, la densidad de la madera y el sitio de crecimiento, de manera que la selección sea beneficiosa tanto para un mayor crecimiento como para una mayor densidad básica de la madera, y que sea adecuada para diferentes ambientes (Pliura *et al.*, 2007). Bajo este enfoque, los resultados proporcionan elementos para realizar la selección de clones de cedro rojo en dos sitios de crecimiento diferentes.

## Conclusiones

1. El conjunto de clones del sitio de Genoveva presentó mayor crecimiento en diámetro normal y altura, pero menor densidad básica de la madera que el conjunto de clones de Isla.
2. El sitio en donde crecen los árboles de cedro rojo,



tiene una gran influencia en la densidad básica de la madera, más que el crecimiento y 3. La densidad básica de la madera de los clones no se correlaciona con el crecimiento en diámetro y altura.

### Literatura citada

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-Based Materials. ASTM 2395, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 4.10 Wood, pp 357-363.
- Brouard, J. S. 2019. Wood density and growth in clonally propagated aspen. Canadian Journal of Forest Research 49(6): 640-646.
- Diaconu, D., M. Wassenberg and H. Spiecker. 2016. Variability of European beech wood density as influenced by interactions between tree-ring growth and aspect. Forest Ecosystems 3: 6 doi: 10.1186/s4063-016-0065-8.
- Gao, S., X. Wang, M. C. Wiemann, B. K. Brashaw, R. J. Ross and L. Wang. 2017. A critical analysis of methods for rapid and nondestructive determination of wood density in standing trees. Annals of Forest Science 74(2): 1-13.
- Hernández, R. J., R. Reynoso S., A. Hernández R., X. García C., E. Hernández M., J. V. Cob U. y D. Sumano L., 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. Acta Botánica Mexicana 124: 117-134.
- Hernández, M. E., J. López U., V. Sánchez M., J. J. Vargas H., y J. G. Salazar G. 2016. Early performance and genetic gain of *Cedrela odorata* families from wide-range sites in Mexico. Journal of Tropical Forest Science 28(4): 446-456.
- Hytönen J., E. Beuker and A. Viherä A. 2018. Clonal variation in basic density, moisture content and heating value of wood, bark and branches in hybrid aspen. Silva Fennica 52(2): article id 9938. doi:10.14214/sf.9938
- Indira, E. P. y K. M. Bhat. 1998. Effects of site and place of origin on wood density of teak (*Tectona grandis*) clones. Journal of Tropical Forest Science 10(4): 537-541
- Monteoliva, S., G. Senisterra and R. Marlats. 2005. Variation of wood density and fibre length in six willow clones (*Salix* spp.). IAWA Journal 26 (2): 197-202.



- Nabais, C., J. K. Hansen, R. David S., M. Klisz, R. López and P. Rozenberg. 2018. The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us? *Forest Ecology and Management* 408: 148–156.
- Nocetti, M., M. Brunetti, F. Ducci, M. Romagnoli and F. Santi. 2010. Variability of wood properties in two wild cherry clonal trials. *Wood Sci Technol* 44: 621–637.
- Nocetti, M., M. Brunetti, F. Ducci, M. Romagnoli, P. Rozenberg and F. Santi. 2012. Phenotypic correlations among wood properties and growth in wild cherry plantations. *BioResources* 7(3): 3160-3174.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. *Árboles Tropicales de México* (3ª ed.). Ciudad de México, México: FCE, UNAM. 523 pp.
- Pliura, A., S.Y. Zhang, J. MacKay and J. Bousquet. 2007. Genotypic variation in wood density and growth traits of poplar hybrids at four clonal trials. *Forest Ecology and Management* 238: 92–106.
- Ruiz, J. C. A., H. M. De los Santos P., J. F. C. Parraguirre L. y F. D. Saavedra M. 2018. Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 938-949.
- Sánchez, M. V., J. G. Salazar G., J. J. Vargas H., J. López U. y J. Jasso M. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(1): 19-27.
- SAS Institute Inc. (SAS). 2009. SAS for windows (Version 9.2 for Windows). Cary, NC. USA.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección)* 687(23): 1-77.
- Shmulsky, R. and P. D. Jones. 2011. *Forest Products and Wood Science*. John Wiley & Sons, USA. 477 p.
- Ward, S. E., K. E. Wightman and B. R. Santiago. 2008. Early results from genetic trials on the growth of Spanish cedar and its susceptibility to the shoot borer moth in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255: 356–364.
- Zhang, S. Y., Q. Yu, G. Chauret, and A. Koubaa. 2003. Selection for Both Growth and Wood Properties in Hybrid Poplar Clones. *Forest Science* 49(6): 1-8.





## CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES FORESTALES AL PIB DE MÉXICO EN EL PERIODO 2003 – 2017

Georgel Moctezuma López<sup>220\*</sup>, Eric Uriel Ramírez Sánchez<sup>221</sup> y Lourdes Velázquez Fragoso<sup>222</sup>

### Resumen

Estudio que abarca un periodo de 15 años, desde 2003 hasta 2017 (incluye tres regímenes presidenciales: el primero de 2003 a 2006, el segundo de 2007 al 2012 y el tercero de 2013 a 2017), en el cual se realiza una cuantificación de tipo económica de las actividades que genera el sector forestal secundario. El indicador que se utilizó para medir la actividad económica forestal de las actividades industriales fue el-Producto Interno Bruto (PIB) y sus datos se presentan de manera anual, así como también las tasas medias de crecimiento anual. El proceso metodológico que se empleó fue el que se conoce como investigación documental, en la cual la parte medular de los datos se obtuvo de las bases del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) por medio de sus cuentas nacionales. El PIB forestal que tiene un proceso de transformación o le agrega valor tiene una aportación escasa en la economía nacional ya que, su proporción porcentual es del 0.42% del PIB nacional. Las actividades secundarias forestales mostraron durante el periodo de análisis una tendencia con pendiente positiva.

**Palabras clave:** producto interno bruto, sector secundario forestal, tasa media de crecimiento anual, tendencias

<sup>220</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales \* [moctezuma.georgel@inifap.gob.mx](mailto:moctezuma.georgel@inifap.gob.mx)

<sup>221</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Trabajo Social.

<sup>222</sup> Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Economía.



## Introducción

A manera de antecedente histórico (Aguirre, 1991) menciona que en la época de La Reforma, en particular en 1857, cuando se expidieron las leyes que modificaron la tenencia de la tierra y el acceso a los recursos naturales, en donde las poblaciones de indígenas eran las grandes mayorías y el sector rural era el dominante y para incentivar la inversión en el sector primario, el Gobierno Federal privatizó las tierras en manos de la iglesia y de algunas tierras comunales, las cuales en gran medida se encontraban en áreas de bosques templados, fríos y selvas en los trópicos húmedo y seco.

A mediados del siglo XIX, (González, 1992), señala que grandes superficies de tierras forestales se otorgaron en concesión para corte de árboles que se utilizaron para durmientes de las vías ferrocarrileras, carreteras y en la industria minera y de la construcción, estas acciones se hicieron bajo el enfoque de la modernización del país, y la política pública del libre acceso tuvo un impacto ecológico muy fuerte en los recursos naturales, situación que se dio con mayor énfasis en el norte y centro del país.

Como resultado de la anterior política para impulsar el crecimiento del país, Klooster (1996 y 1997), comenta que el resultado fue un gran despojo de las propiedades de los indígenas y campesinos y una alta concentración de la propiedad de los terratenientes y en el periodo 1910 – 1917 de la Revolución Mexicana, cuyo surgimiento se basó en las exigencias del control de las tierras y de los recursos naturales por parte de las poblaciones rurales. Después de dos décadas del movimiento armado, los reclamos no tuvieron eco en los gobiernos posteriores a la revolución y la política pública se orientó hacia el conservacionismo para tratar de frenar la deforestación y Miguel Ángel de Quevedo asumió un liderazgo en el sentido de que el control de los bosques debía ejercerse por parte del gobierno; también en este periodo se establece la primera ley forestal en la cual se reguló la extracción de la madera de los bosques y selvas, así como impulsar el no uso del bosque para actividades agropecuarias.



Durante el periodo cardenista, Bray y Merino (2002) mencionan que la política agrícola se focalizó para atender las peticiones de tierra por parte de los campesinos, se puso énfasis en el desarrollo agrícola, se desatendió lo relativo a la producción forestal y el interés se centró en la industrialización primaria como la extracción de resinas de los bosques fríos y templados y la producción de chicle en las selvas tropicales del sureste de México.

Con información del INEGI (2017), la extensión territorial del país es de 1´964,375 km<sup>2</sup>, de las cuales los bosques y selvas cubren una superficie de 55.3 millones de ha, de las que, el 80% son propiedad ejidal y comunal, 15% es propiedad privada y el resto, 5% es propiedad de la nación. La SEMARNAT (1999) estima que las áreas forestales de México están habitadas por 12 millones de personas, que en su mayoría son clasificadas en pobreza extrema y una de las opciones que tienen estas personas es la migración. Se impulsa poco la capacitación estructurada para formar a silvicultores eficientes, que tengan una mejor capacidad de gestión y tengan una mejor calidad de vida y bienestar. La falta de vinculación y compromiso del hombre con los recursos forestales está presente en el fondo de la problemática forestal; mientras el hombre siga en la creencia de que el recurso forestal es un estorbo y nunca se agotará y que lo vea más como una fuente de empleo digna, ingreso, arraigo a su tierra con beneficio personal y social, difícilmente se logrará el desarrollo forestal sustentable y también la organización de los silvicultores, bajo criterios de aprovechamientos productivos, redituables, eficientes y eficaces es otra de las prioridades nacionales que requieren de atención por parte de los tres órdenes de gobierno: municipal, estatal y federal.

Las principales especies maderables existentes en México, vistas por la superficie que cubren, así como por su importancia económica, son las que corresponden a los géneros *Pinus* y *Quercus*, de las cuales se obtienen en términos de volumen, aproximadamente el 80% y 5% de la producción nacional maderable (CONAFOR, 2015).

El indicador que se utiliza en economía para medir la cuantía de los bienes y servicios que se producen en un país, es el Producto Interno Bruto (PIB), mismo que se expresa en dinero (moneda del país o bien a nivel internacional generalmente en



dólares de Estados Unidos de América) y que se emite en periodos anuales, aunque también se expresan en semestres o trimestres e incluso en lapsos más cortos. El indicador del PIB es el que más se utiliza en macroeconomía, la cual, como parte de la economía, se ocupa de abordar aquellas variables de carácter general que afectan a la economía del país y por medio del PIB se puede analizar el crecimiento, estancamiento o retroceso que se da en esa nación. De acuerdo con Callen (2008), la expresión que se utiliza para calcular el indicador es:

$$\text{PIB} = \text{Consumo} + \text{Inversión} + \text{Gasto} + \text{Exportaciones} - \text{Importaciones}$$

El conocimiento del PIB a nivel país es fundamental y necesario porque nos informa y nos envía señales acerca de la producción de bienes y servicios de una nación, durante un periodo específico y se manifiesta por medio de un valor monetario (millones de dólares o de la moneda local). Es conveniente recordar que dentro de la producción de un país, independientemente sí se trata de capital propio o del extranjero no se contabilizan aquellas actividades ilícitas y también conviene aclarar que el monto del PIB, no implica la riqueza o pobreza de un país o bien la buena o mala marcha de la economía, ya que el PIB es un resultado monetario del país, pero no es el marco en el cual se dan las actividades y sus consecuencias, por lo que, éste indicador nos ayuda a conocer el aumento, descenso o estancamiento que experimenta un país en materia de producción de bienes y servicios del mismo y la competitividad de las empresas que generan la economía.

De lo anterior se desprende que el objetivo de la presente investigación es cuantificar el crecimiento (positivo o negativo) del sector forestal desde la perspectiva de las actividades secundarias (con procesos de industrialización o de valor agregado), para tener un punto de comparación con el crecimiento de la economía mexicana y determinar la importancia relativa que tienen los recursos forestales dentro del país.





## **Materiales y métodos**

Se utilizó el proceso documental de cinco etapas:

### **Primera etapa: selección del tema a estudiar**

Para la presente investigación el tema que se eligió fue el que versa sobre la evolución de la economía forestal en lo concerniente a su crecimiento y en que se tomó como referencia el indicador conocido como producto interno bruto.

### **Segunda etapa: acopio de información en fuentes documentales secundarias**

La idea central fue recopilar datos con la finalidad de realizar su cuantificación, ordenación y clasificación para dimensionar la importancia del tema, así como la construcción de un esquema de contenido del documento. Se recurrió a la búsqueda y localización precisa de los documentos que se guardan de los centros de información, bibliotecas, centros de referencia, bases de datos, así como artículos y resúmenes de memorias de seminarios y congresos nacionales e internacionales, entre otros. Durante esta fase se diseñó y elaboró una base de datos en Excel, la cual se alimentó con la información que genera el INEGI en sus diversos documentos que publica periódicamente y que sirvieron para organizar la secuencia documental. El periodo de estudio se delimitó de acuerdo con las cuentas nacionales que publica la fuente señalada durante el periodo 2003 – 2017, cabe aclarar que al momento de la recopilación (junio 2019) de datos, aún no se publicaban los del año 2018.

### **Tercera etapa: elaboración del plan de investigación**

Con el fin de ordenar, ejercitar el pensamiento, la comprensión, así como el que los conceptos tengan una estructura lógica y sistemática, así como definir subtemas para segregar y jerarquizar entre lo trascendental e importante, de lo secundario o superfluo. El indicador de tipo económico para realizar este análisis que se seleccionó fue el producto interno bruto forestal con cuantificaciones de manera



anual, el cual se fraccionó en dos secciones: la actividad primaria y la secundaria, con el fin de tener manera de realizar comparaciones entre los dos sectores.

#### **Cuarta etapa: organización de la información que se recolectó**

Se realizó mediante la indización del contenido y de las fuentes secundarias de información, para lo cual se segmentó el sector forestal en su actividad primaria y posteriormente, en su componente de transformación o industrial, y finalmente mostrar los datos a nivel agregado (primaria + industrial) de la parte económica forestal que permitiera una mejor comprensión del tema. El periodo que se tomó en cuenta con motivo de análisis fue el de los años 2003 a 2017.

#### **Quinta etapa: función estadística**

Se consideró que la fórmula matemática que mejor refleja los crecimientos anuales es la de la tasa media de crecimiento anual (TMCA) porque se supone que es la que mejor refleja los crecimientos de una actividad en un periodo de mediano y largo plazo, su expresión matemática es:

$$TMCA = \left( \left( \frac{Vf}{Vi} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100. \text{ En donde } Vf \text{ significa el valor final al periodo; } Vi$$

corresponde al valor inicial del periodo y n representa el número de años que considera el análisis. De igual forma se tomaron en cuenta los crecimientos de un año específico, el cual se comparó con su inmediato anterior, para facilitar e identificar los tamaños de incrementos positivos y negativos que resultan a lo largo del periodo (Addin Technology, 2018). Así mismo, se incluyó una línea de tendencia para tener una mejor comprensión en la evolución de los indicadores y finalmente se hace una comparación del PIB mexicano con el de algunos otros países, además de contrastarlo con el PIB nacional y con el del sector agropecuario, caza y pesca.



## Resultados y discusión

La información se presentó para su mejor comprensión bajo la modalidad de PIB forestal secundario en los siguientes componentes: aserrado y conservación de madera, fabricación de laminados, fabricación de otros productos de madera, fabricación de pulpa, papel y cartón y fabricación de productos de cartón y papel.

### Producto Interno Bruto Forestal del sector secundario

Para el caso del sector forestal secundario que valora la parte industrial o de transformación, su cuantificación económica se realizó a través del INEGI, la cual considera dos ramos: la 321 que se refiere a Industria de la madera, misma que comprende tres subramos; 3211 Aserrado y conservación de la madera, 3212 Fabricación de laminados y 3219 Fabricación de otros productos de madera y la 322 relativa a la industria del papel, con dos subramos; 3221 Fabricación de pulpa, papel y cartón y 3222 Fabricación de productos de cartón y papel, de las cuales se desprenden los datos que se muestran en el Cuadro 1.

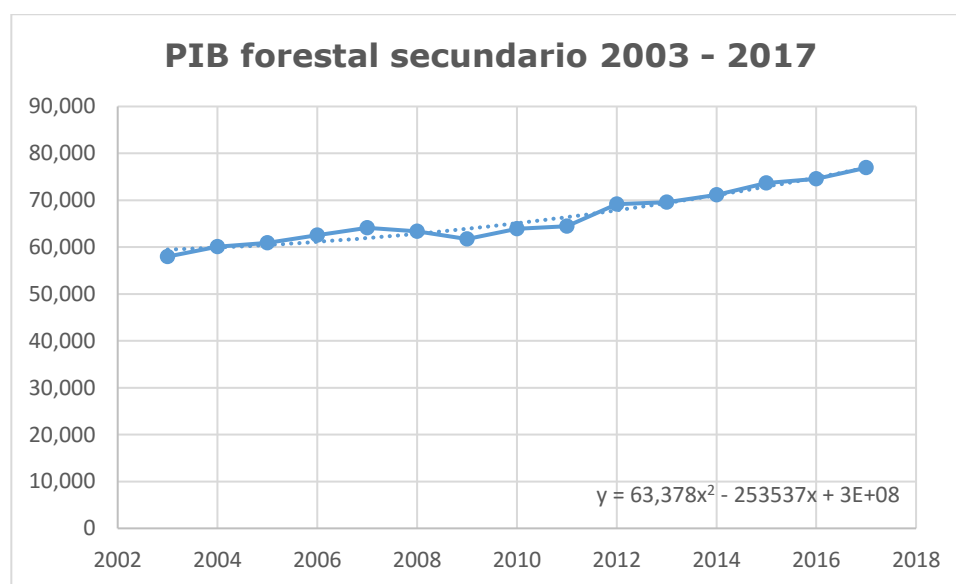
**Cuadro No. 1. Producto Interno Bruto del Sector Forestal Secundario durante el periodo 2003 – 2017 y su variación porcentual.**

Año	Millones de pesos	Variación % año anterior
2003	57,976	0.00
2004	60,062	3.60
2005	60,884	1.37
2006	62,546	2.73
2007	64,136	2.54
2008	63,348	-1.23
2009	61,736	-2.54
2010	63,934	3.61
2011	64,469	0.84
2012	69,179	7.31
2013	69,557	0.55
2014	71,122	2.25
2015	73,674	3.59
2016	74,533	1.17
2017	76,921	3.20

Fuente: INEGI. 201. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de Bienes y Servicios. Precios constantes de 2013.



Durante el periodo de análisis que comprende 15 años, el componente que más aportó al PIB del sector secundario o de transformación, fue el de la industria del papel y en particular la que se refiere a la fabricación de productos de papel y cartón en su fase final que son los que más valor agregado generan, y lo que menos aportó fueron las actividades de fabricación de laminados y aglutinados de madera que corresponden a la industria de la madera. Cabe señalar que cualquiera de los dos ramos de la industria forestal, aportan más de manera individual al PIB que el total de la actividad primaria. El comportamiento del PIB Forestal en su parte industrial o de transformación se muestra en la Figura 2.



**Figura 1. Producto Interno Bruto Forestal Secundario y Línea de Tendencia (Elaboración propia con datos del INEGI).**

En la Figura 1, se observa que la pendiente durante todo el periodo es de tipo positiva y la ecuación que más se acercó a la línea de tendencia es una de tipo polinómica. Los años en que se dieron los mayores crecimientos con respecto al año anterior fueron los de 2012, 2010 y 2004 con incrementos de 7.31%, 3.61% y 3.6% respectivamente y en términos absolutos, el año 2017 alcanzó la cifra de 76,921 millones de pesos, de los cuales 51,126 millones de pesos fueron los que aportó el ramo de la industria del papel. La composición porcentual de este año muestra que el ramo de la industria del papel es el que más contribuye, ya que entre sus dos





componentes aportaron el 66.5% y en el 33.5% restante, participó el ramo de la industria de la madera. Lo que dio el mayor valor agregado fue el del subramo de fabricación de productos finales de cartón y papel con el 44.1% de la participación en el PIB forestal industrial y el que aportó la menor proporción fue el correspondiente a fabricación de laminados y aglutinados de madera con sólo el 1%. El aserrío, que es la industria inmediata a la actividad primaria, tiene una importancia relativa, ya que ocupó el tercer lugar como aportante del PIB con el 18.8%.

Para efectos de análisis, se consideró la suma de los sectores que tienen injerencia directa en el sector forestal, el de las actividades primaria y el secundario en donde se encuentran los procesos de transformación e industrialización. Durante los 15 años del periodo, el componente que más aportó al PIB forestal fue el sector secundario o de transformación, ya que aquí se encuentran las agroindustrias del sector que generan mayor valor agregado, y el sector que menos contribuyó fue el de las actividades primarias. El comportamiento del PIB Forestal total (primario + secundario) se muestra en la Figura 3.

### **Tasas de crecimiento de la actividad económica forestal**

Para el cálculo de indicador sobre la evolución de la actividad forestal se utilizó la fórmula:

$$TMCA = ((Vf / Vi) ^ (1 / n) - 1) * 100, \text{ en donde}$$

TMCA = Tasa media de crecimiento anual

Vf = Valor final

Vi = Valor inicial

N = Número de años del periodo

Como resultado de la aplicación de la fórmula, el resultado del crecimiento económico del sector forestal secundario en el periodo 2003 - 2017, fue 1.90%.

La marcha de la economía forestal durante el periodo de 2003 - 2017 (15 años) muestra que, el sector secundario, en donde se ubican las industrias del sector que dan valor agregado, presentó un indicador de crecimiento parecido al de la economía total del país. Las actividades secundarias mostraron una tendencia



ascendente y a excepción de dos años de decrecimiento (2008 y 2009), todos los demás tienen incrementos positivos.

### **Participación Porcentual del PIB Forestal Secundario en el PIB Nacional**

Se tomó en cuenta el año de 2017 para hacer una comparación de la participación de la actividad forestal dentro de la economía a nivel de país, la aportación resulta escasa ya que las actividades secundarias o de transformación contribuyeron con 0.42%.

A manera retrospectiva e histórica y de acuerdo a González 1979, en el año de 1917 la participación del PIB forestal en el nacional representaba el 1.45% y en el informe de Banco de México 1979, durante el trienio 1965 – 1966 – 1967 el PIB forestal representó dentro del total las proporciones del 1.70% - 1.64% - 1.57% respectivamente, lo cual indicó un retroceso en la economía forestal.

### **Valoración intangible del sector forestal**

En las cuentas nacionales de la Secretaría de Economía y en la de Banco de México, S. A. no se cuantifican los valores monetarios de diversas actividades que se generan de la actividad forestal, no obstante, se han realizado diversos estudios en los que se logró cuantificar los beneficios monetarios y que no se toman en cuenta dentro del producto interno bruto del país, entre ellas y sólo de manera enunciativa se mencionan algunas, tales como: captación y filtración de agua de lluvia, retención y enriquecimiento del suelo, captura de carbono, paisaje escénico, recreación y actividades deportivas al aire libre, contribución a la mitigación del cambio climático, recolección de subproductos de las áreas forestales y refugio de flora y fauna entre otras (Torres y Guevara, 2002).

### **Conclusiones**

La importancia del sector forestal industrial vista desde el punto de vista de las cuentas nacionales que sirven para medir el producto interno del país es escaso, ya



que sólo representa el 0.42% del PIB Nacional. Por parte del segmento de la agroindustria forestal, se mostró un crecimiento con una pendiente positiva durante todo el periodo y el mejor segmento, en cuanto a contribución del PIB Nacional fueron los productos elaborados de papel y cartón los que alcanzan mayor relevancia por su alta generación en el valor agregado. La tasa media de crecimiento del sector forestal con transformación o valor agregado alcanzó durante el periodo la cifra de 1.9%, mismo que se considera como aceptable pero no suficiente para generar un mayor crecimiento y un mejor desarrollo para los habitantes que se dedican a la actividad forestal en su fase industrial, situación que nos lleva inferir que éste sector se debe reforzar mediante políticas públicas y apoyos que beneficien a los silvicultores de escasos recursos del sector secundario, sobre todo a los que se dedican al aserrío, en razón de que en las zonas boscosas y de selvas se estima que son morada de cerca de 12 millones de mexicanos, mismos que viven en condiciones de pobreza, pero con una gran riqueza de recursos naturales. Finalmente, existen diversas actividades primordiales que se generan por el sector forestal, las cuales no son consideradas y cuantificadas dentro de las actividades económicas que se cuantifican en el producto interno bruto del país.

### Literatura citada

- Addin Technology Incorporated. 2018.  
<https://www.extendoffice.com/es/documents/excel/2596-excel-average-compound-growth-rate.html>
- Aguirre, B. G. 1991. Regiones de refugio. Obra antropológica IX. Mexico City: Fondo de Cultura Económica.
- Banco de México, S. A. Informe Anual. 1979. Citado por el Programa Nacional de Desarrollo Forestal 1979. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos pp 147.
- Bray, D. B. y L. Merino P. 2002. The rise of community forestry in Mexico: History, concepts and lessons learned from twenty-five years of community timber production. A report in partial fulfillment of a grant from the Ford Foundation.



- Callen, T. 2008. ¿Qué es el Producto Interno Bruto? Finanzas y Desarrollo. Washington, D. C. USA. Pag. 48 – 49.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Programa Estratégico Forestal para México 2025. México, D. F. 191 pp
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Forestal. Zapopan, Jal., México 56 pp
- Espinosa D., W., J. S. Mora F., R. García. y M. A. López L. 2015. Caracterización Económica del Sector Forestal en México: Matriz Insumo Producto. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de Mex. México. 28 pp
- González, A. M. 1992. Los bosques de las tierras mexicanas: La gran tendencia. El Cotidiano 48:3-6.
- González, P. C. 1979. El Análisis Socioeconómico en el Desarrollo Forestal. Aspectos Económicos y Sociales de la Actividad Forestal. INIF. SARH. México, D. F. México. Publicación Especial Num. 18 pp 51 – 56
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de bienes y servicios 2014. Año base 2008. Aguascalientes, Ags. México.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística - INEGI. 2018. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/default.aspx>  
*consulta en septiembre de 2018*
- Klooster, D. 1996. Cómo no conservar el bosque: La marginalización del campesino en la historia forestal mexicana. Cuadernos Agrarios 14(6):144 – 156.
- Klooster, D. 1997. Conflict in the commons: Rules and conflicts around a common pool resource management in San Miguel Peral, Oaxaca, México. PhD diss., University of California, Los Angeles. USA.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 2006. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible. Roma, Italia.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT. 1999. Atlas Forestal. México, D. F.
- Torres, R. J. M. y A. Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. SEMARNAT. Gaceta Ecológica, Num. 63 abril – junio 40 – 59 pp





## ESTABLECIMIENTO DEL ÁRBOL MADERABLE *Andira galeottiana* Standl “MACAYA” (FABACEAE) EN MÁRGENES DEL RÍO COATZACOALCOS, VERACRUZ

Aarón Mosqueda Aguilar<sup>223</sup>, Saúl Hernández Carmona<sup>224,2\*</sup> y Gustavo Carmona Díaz<sup>224,225</sup>

### Resumen

En la cuenca baja del río Coatzacoalcos, Veracruz, México, se han identificado especies amenazadas de flora. Dentro de las plantas vasculares se encuentra *Andira galeottiana*, una especie arbórea de vegetación riparia conocida comúnmente como Macaya. Esta especie se encuentra en la lista roja de la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como especie vulnerable con problemas de repoblación y colonización, por lo que puede declinar a estar en peligro de extinción en pocos años. A pesar de ello, existe poca información sobre su biología floral y reproductiva y sobre su ecología y establecimiento en su hábitat natural. En el presente trabajo se buscó determinar cuál es la fase idónea de *A. galeottiana* (plántulas o juveniles) que deba ser utilizada para establecer un programa de reforestación con fines de reconstitución y conservación de la especie. Se utilizó un diseño de bloques generalizado al azar representado por tres sitios de plantación, con un marco de siembra de 2 x 2 metros entre plantas y surcos, teniendo seis surcos y en cada uno cinco individuos en fase de plántula y cinco en fase juvenil de forma intercalada. En cada uno de los sitios se registró el diámetro basal y la altura que fueron presentando los individuos de ambas fases durante diferentes periodos. Los resultados muestran que los individuos en fase de plántula registraron un mayor crecimiento de altura y diámetro basal en comparación con los individuos en fase juvenil. Se encontraron diferencias significativas en las mediciones de altura y diámetro registradas en diferentes periodos para el caso de las plántulas. Para los juveniles sólo hubo diferencias en algunos casos entre los

<sup>223</sup>Departamento de Vinculación, Universidad Veracruzana.

<sup>224</sup> <sup>2</sup>Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. \*[saulhc80@yahoo.com](mailto:saulhc80@yahoo.com)

<sup>225</sup> <sup>3</sup>Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana.



periodos de registro y los sitios de plantación. Los individuos en fase de plántulas tienden a crecer con mayor rapidez que los juveniles. Sin embargo, cuando las plántulas alcanzan la fase juvenil, la rapidez de su crecimiento tiende a disminuir.

**Palabras clave:** vegetación riparia, categoría de riesgo, reforestación, reconstitución

## Introducción

Veracruz ocupa el séptimo lugar nacional en cuanto a extensión de áreas de manglar con 18,162 hectáreas (Loa, 1994), las cuales se encuentran distribuidas en las lagunas costeras de Tamiahua, Veracruz, Boca del Río, Alvarado, Sontecomapan, Laguna el Ostión y en la cuenca baja del río Coatzacoalcos (Vázquez, 1998).

Lo anterior ha puesto de manifiesto la necesidad de realizar estudios que permitan evaluar el grado de alteración de los diferentes ecosistemas e implementar estrategias de restauración ambiental como lo es la reforestación con especies nativas o prioritarias que se encuentren en riesgo, peligro o vulnerables con fines de conservación, reconstitución y/o restauración ecológica, lo cual contribuya a la fertilidad del suelo y permita la conservación del microclima, del ciclo hidrológico original y de la diversidad de flora y fauna (Vázquez y Batis, 1996; Vázquez y Fernández, 1993).

Actualmente en la zona sur del estado de Veracruz, principalmente en la cuenca Baja del Río Coatzacoalcos se han hecho recorridos sobre la ribera del mismo, encontrándose sólo algunos individuos aislados y frutos de la macaya *A. galeottiana* (Carmona, 2003). Siendo una especie propia de humedales y vegetación riparia que se establece en los márgenes de los ríos y arroyos de aguas permanentes o temporales de esta zona del río (Pennington y Sarukhán, 1998; CONABIO, 2005 y Rzedowski, 1978). No obstante, los reportes de esta especie muestran los severos problemas de conservación que presenta, ya que en las poblaciones encontradas sólo hay ejemplares adultos, sin juveniles próximos a etapas adultas ni plántulas,



evidenciándose un problema crítico para la colonización de nuevos territorios (Pennington, 1993).

Por esta razón la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la ubicó en la lista roja (Hilton, 2000 y UICN, 2004), como una especie vulnerable que tiene como clave "VU A1c".

Tomando como base la escasa información documentada sobre la biología de la especie, los problemas de repoblación y su categoría de especie vulnerable, resulta de gran relevancia científica hacer un aporte que genere conocimiento nuevo que contribuya a la conservación de la especie, considerando dos etapas biológicas de crecimiento para establecerlas en plantaciones forestales con fines de conservación y reconstitución.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la zona sur del estado de Veracruz, específicamente en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, sobre la cual se seleccionaron tres sitios en áreas de pastizal asociados a manglar y con presencia de vegetación riparia, ubicados en las siguientes coordenadas (N 18° 06' 14.7" y W 94° 25' 00.1"; N 18° 06' 46.9" y W 94° 25' 33" y N 18° 06' 56.2" y W 94° 25' 53.7").

El clima de la zona es cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano (Am). Este clima abarca el 27% de la superficie estatal. El suelo tipo gleysol-mólico (Gm) presenta una capa superficial oscura, fértil, suave y rica en materia orgánica (INEGI, 2005). Sobre los márgenes del río Coatzacoalcos podemos encontrar manchones de vegetación acuática y subacuática como lo es el manglar. Esta comunidad vegetal se encuentra normalmente distribuida en los litorales de las regiones calientes de México, prosperando a orillas de lagunas costeras y desembocaduras de ríos donde se da una afluencia de agua salada y dulce (Rzedowski, 1978).



## Propagación de la macaya y establecimiento de la plantación

Se colectaron frutos de *A. galeottiana* en las riberas del río Coatzacoalcos. Se realizó la escarificación mediante la eliminación del endocarpio hasta descubrir el embrión y se realizó el sembrado en bolsas acomodando el fruto sobre la superficie del sustrato para evitar la invasión de hongos. El sustrato utilizado estuvo compuesto por una mezcla de peat moss, vermiculita, agrolita y fertilizante de liberación lenta en una proporción de 2:1:1:0.1.

Los sitios de plantación se establecieron a tres metros de la orilla del río. Para el establecimiento de la plantación se utilizaron individuos de alrededor de tres meses en fase de plántula (sin presencia de hojas y ramas secundarias) y de entre cinco y seis meses en fase juvenil (con presencia de hojas y ramas secundarias). La distancia de la plantación fue de 2 x 2 m. La planta quedó distribuida en seis hileras de diez individuos intercalados un individuo en fase de plántula y uno en fase juvenil de tal manera que en ningún momento se juntaran dos individuos en la misma fase de desarrollo.

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar, los cuales quedaron representados por los tres sitios de plantación. En cada bloque se probaron dos tratamientos: fase plántula y fase juvenil (Rodríguez, 2000). Las variables de respuesta que se midieron para cada bloque fueron: 1. El diámetro basal utilizando un vernier digital; y 2. La altura empleando un flexómetro. Para los análisis estadísticos se utilizaron pruebas t de student.

## Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas en las mediciones registradas entre plántulas y juveniles en algunos casos para la longitud y en otros para el diámetro, probadas con una prueba de "t" de student para datos pareados con un  $\alpha=0.05$  (Cuadro 1). Las plántulas presentaron diferencias en los tres sitios donde se



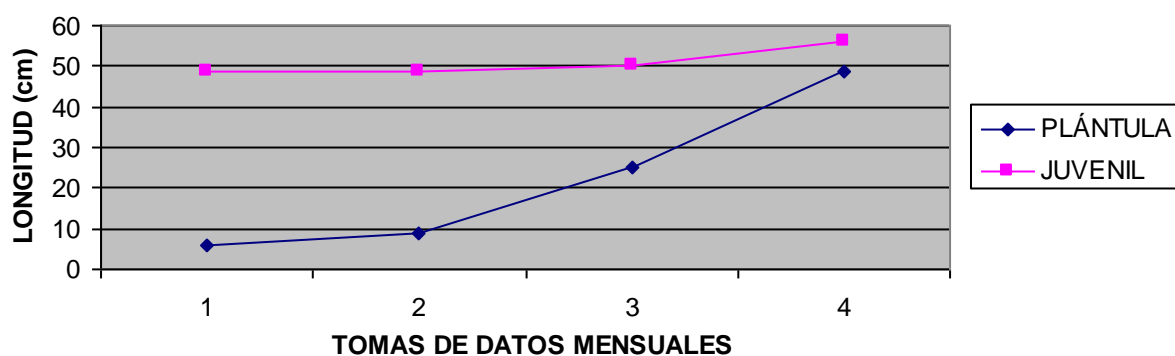


establecieron las plantaciones; mientras que los juveniles sólo mostraron diferencias en algunos casos para longitud y diámetro basal. Cabe destacar que el comportamiento de crecimiento en diámetro para los juveniles fue igual en los tres sitios, mientras que en la longitud destacó el sitio 02.

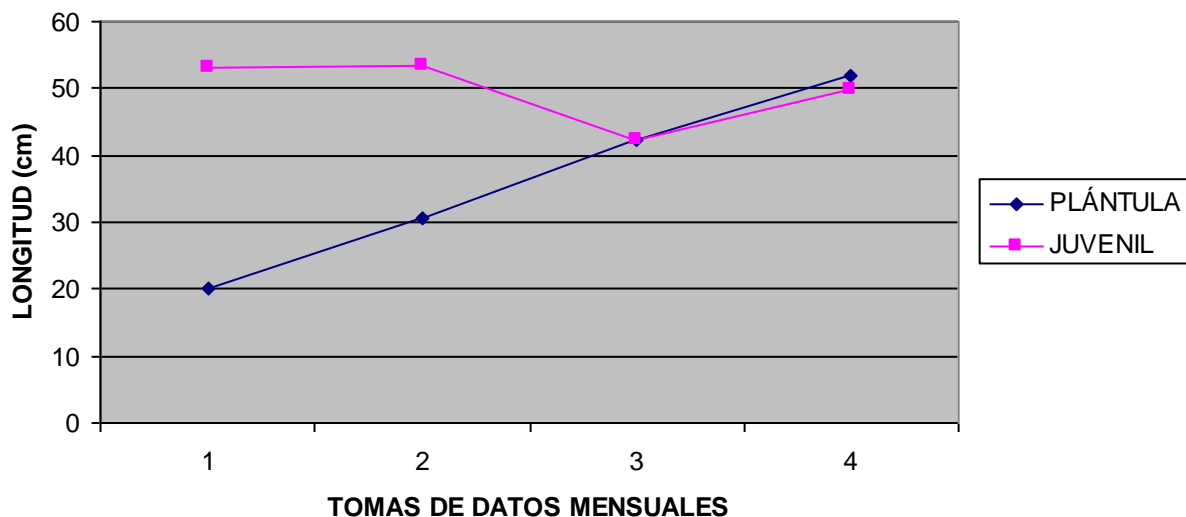
**Cuadro 1. Comparaciones de medias entre sitios de plantación y fases de desarrollo.**

Sitio	Fase	Variable	T0		T1		T2		T3	
			Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
1	Plántulas	Longitud	05.72	=	08.85	≠	25.00	≠	48.60	
		Diámetro	00.55	≠	00.96	≠	01.09	≠	01.51	
	Juveniles	Longitud	48.70	=	48.70	=	49.93	=	56.00	
		Diámetro	00.88	≠	01.30	=	01.37	≠	01.62	
2	Plántulas	Longitud	19.98	≠	30.74	≠	42.20	≠	52.00	
		Diámetro	00.65	≠	01.14	≠	01.31	≠	01.51	
	Juveniles	Longitud	53.22	=	53.55	≠	42.43	=	49.87	
		Diámetro	01.02	≠	01.46	≠	01.35	≠	01.58	
3	Plántulas	Longitud	12.82	≠	23.64	≠	34.53	≠	39.40	
		Diámetro	00.60	≠	01.09	≠	01.27	=	01.30	
	Juveniles	Longitud	47.13	=	48.93	=	51.18	=	48.66	
		Diámetro	00.86	≠	01.29	≠	01.45	=	01.46	

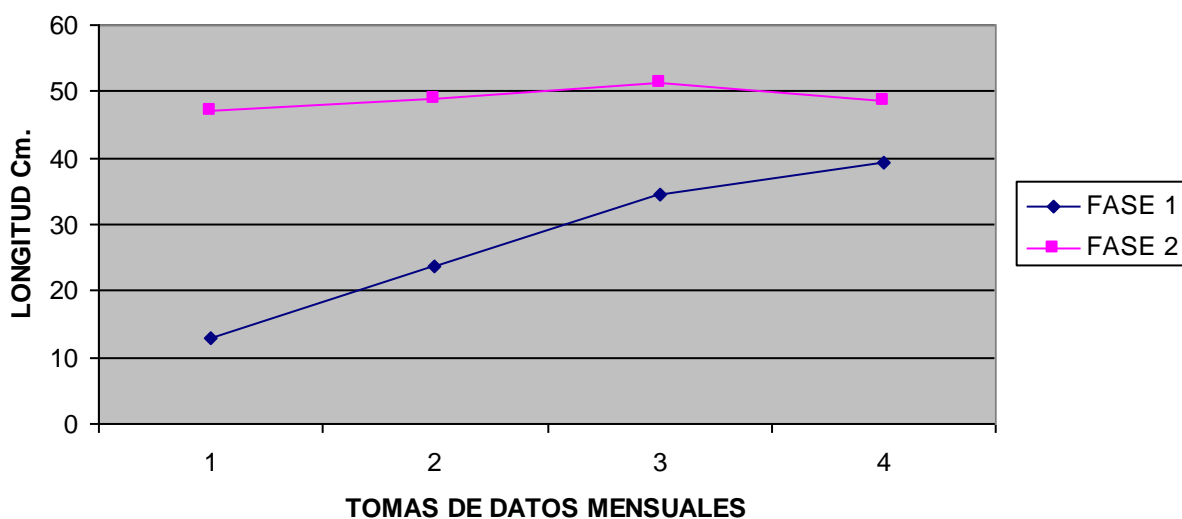
El crecimiento longitudinal promedio de las plántulas a lo largo del periodo de registro en los tres sitios fue evidentemente, considerándose más importante que el de los juveniles debido a que durante el mismo lapso de tiempo las plántulas lograron alcanzar casi la misma talla que presentaron los juveniles en la última toma de datos (Figuras 1, 2 y 3).



**Figura 1. Comparación de medias longitudinales registradas en el sitio 1 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**

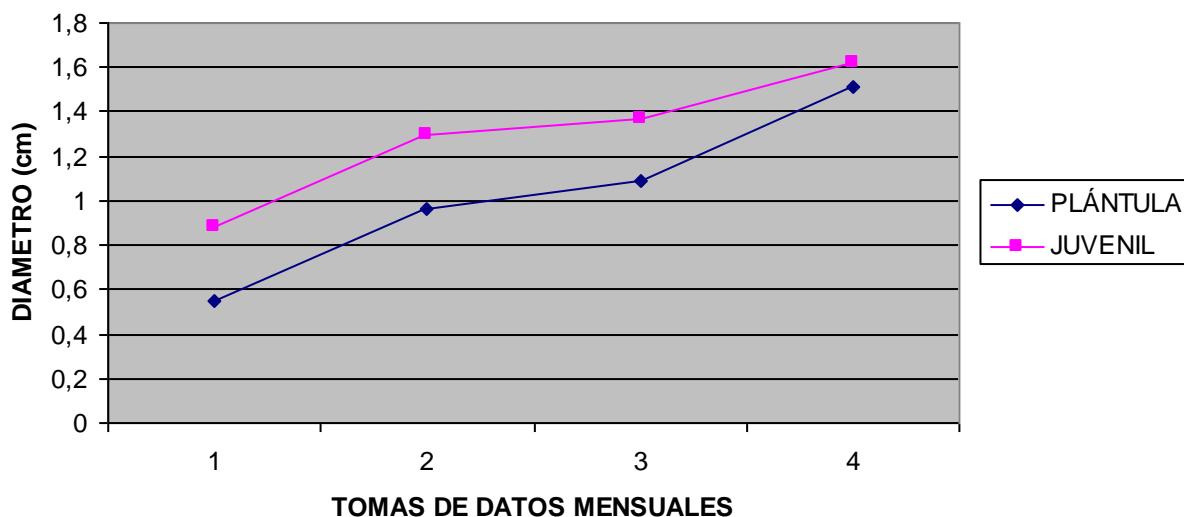


**Figura 2. Comparación de medias longitudinales registradas en el sitio 2 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**

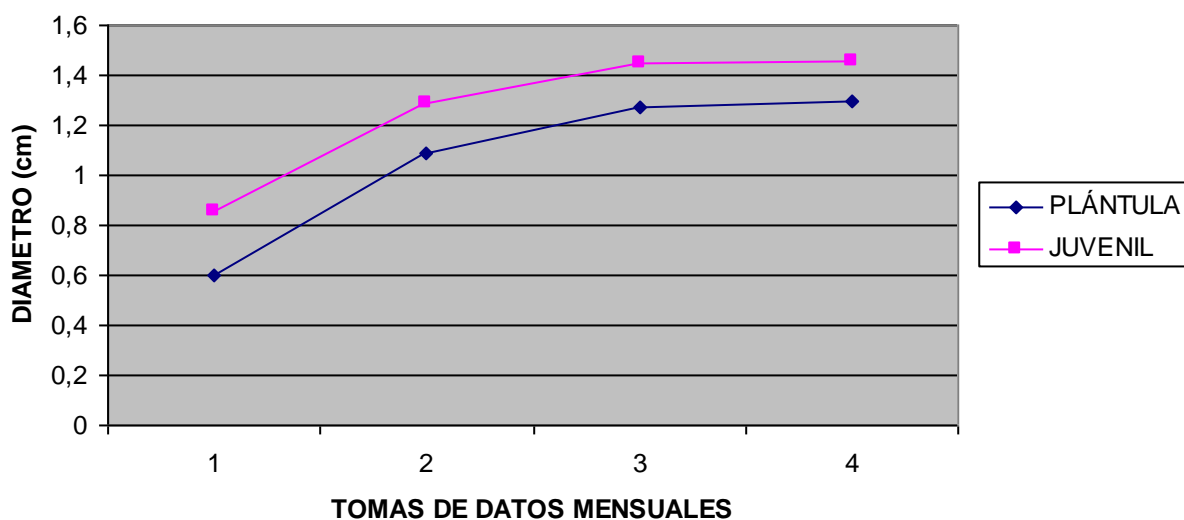


**Figura 3. Comparación de medias longitudinales registradas en el sitio 3 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**

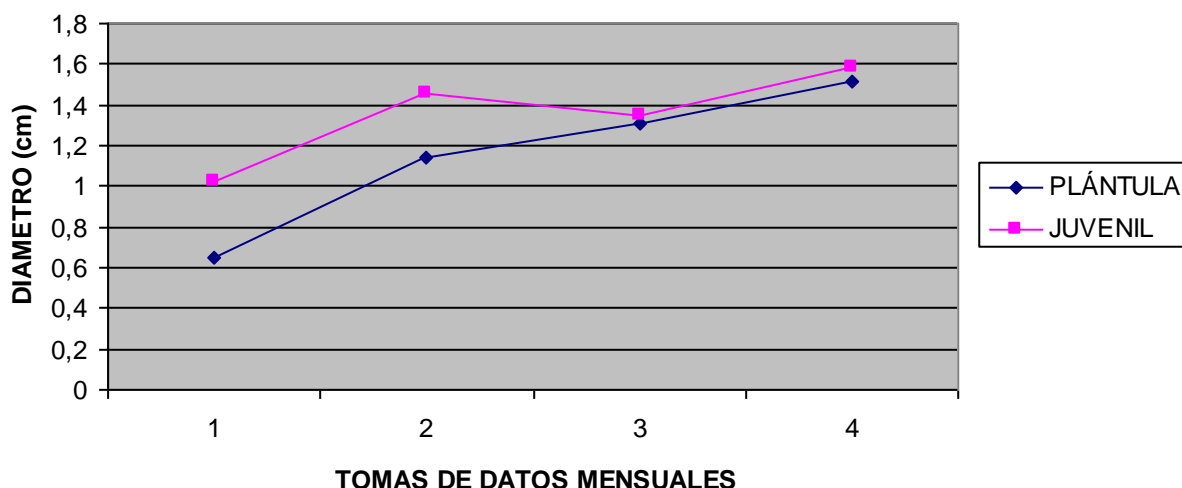
Por su parte, el patrón de crecimiento del diámetro basal que registraron las plántulas y juveniles fue muy similar en los sitios de plantación 1 y 3 (Figuras 4 y 5). Destacando que durante las dos últimas mediciones realizadas en el sitio 2, las plántulas casi igualaron a el diámetro de los juveniles (Figura 6).



**Figura 4. Comparación de las medias de los diámetros registrados en el sitio 1 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**



**Figura 5. Comparación de las medias de los diámetros registrados en el sitio 3 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**



**Figura 6. Comparación de las medias de los diámetros registrados en el sitio 2 en plántulas y juveniles durante cuatro periodos de registro.**

El presente estudio tuvo como finalidad probar dos fases de crecimiento de *A. galeottiana* con fines de establecimiento para la conservación de la especie. Ante esto, cabe resaltar la necesidad de realizar proyectos de forma experimental con fines de reforestación o restauración de áreas prioritarias, tomando en cuenta la utilización de muchas especies, pero con un número limitado de individuos y evaluar durante un corto plazo de al menos un año el éxito en cuanto a la germinación, sobrevivencia y crecimiento (Gutiérrez y Ricker, 2012).

Para el caso de *A. galeottiana*, los registros de crecimiento en altura y diámetro basal se efectuaron durante las cuatro estaciones del año. La forma como se presentó el crecimiento longitudinal de las plántulas con respecto a las juveniles nos sugiere que esta especie presenta cierto carácter al disparar su crecimiento de una manera más rápida en fase de plántula. Se puede pensar que al estar más pequeñas entran en competencia por la luz como sucede regularmente, sin embargo, por las distancias a las que fueron sembradas (2 x 2) y las condiciones de la plantación, lo anterior no tendría ninguna relación con lo observado y registrado en campo, sino a las condiciones propias de la especie. Tal es el caso de *Andira inermis* la cual, a pesar de estar reportada como una planta de crecimiento rápido, los individuos en fase de plántula crecen lentamente durante el primer año (Marín y Flores, s/a).





No obstante, en *A. galeottiana* se observó que después de un periodo aproximado de un año, estas alcanzan la longitud y diámetro de un juvenil, mientras que los registros de la fase juvenil mostraron que al entrar en esta etapa fisiológica la especie sufre un cambio que hace que la planta empiece a crecer de forma más lenta, lo que significaría que en las subsecuentes tomas de datos las plántulas, ahora juveniles, presentarían un patrón de crecimiento como el que presentaron los juveniles. Al respecto, algunos autores sugieren la utilización de plantas de aproximadamente 70 cm de altura, así como la medición de algunos parámetros del sitio como lo es la salinidad y el pH, lo cual puede contribuir de manera significativa en la correcta selección de sitios y por ende a un mayor éxito en el establecimiento de las plantaciones (Rodríguez *et al.*, 2007).

En otro sentido, es importante observar detenidamente el comportamiento del crecimiento de diámetro basal de la especie, pues en ambos estados fisiológicos (plántula y juvenil) y en los tres sitios presentaron un patrón definido, lo cual podría indicar que la especie presenta un crecimiento constante en la fase de plántula, siendo menos constante en la fase de juvenil.

Con relación a los resultados, hay que considerar que para un buen éxito dentro de una plantación será fundamental tomar en cuenta tanto las características propias de la especie como las preferencias y condiciones de los sitios de plantación, considerando además los factores de clima, suelo y aportes de agua (Gutiérrez y Ricker, 2012).

## Conclusiones

1. Las plantas de *A. galeottiana* en un estado fisiológico de plántula presentaron un rápido crecimiento y adaptabilidad en los tres sitios. 2. Los juveniles mostraron menor crecimiento, lo que sugiere que los individuos en esa etapa fisiológica empiezan a crecer de forma más lenta. 3. Se sugieren otras variables de medición como lo es la cantidad de hojas y de brotes vegetativos producidos.



## Literatura citada

- Carmona, D. 2003. Rescate de *Andira galeottiana standl* en el nuevo camino de acceso a la refinería de Minatitlán. Inédito. Universidad Veracruzana-PEMEX. México.
- CONABIO. 2005. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Ficha Técnica: *Andira galeottiana standl*. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalización/doctos>.
- Hilton, T. C. 2000. IUCN Red List Threatened Species. I, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 61 p.
- Gutiérrez, G y M. Ricker. 2012. Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración del Parque Ecológico Tuzandepetl. Informe Convenio Específico PEPUNAM No. 420401868. 103 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Banco de información climatológica. <http://www.inegi.gob.mx>.
- Loa, E. 1994. Los manglares de México: Sinopsis general para su manejo. En Suman, O.D. (editor) El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. 255 p.
- Marín, W. A. y E. M. Flores. s/a. *Andira inermis* (W.Wright) Kunth ex DC. 3 p.
- Pennington, T. 1993. (Ph. D. Dissertation) Manuscript on *Andira*.
- Pennington, T. y J. Sarukhán. 1998. Árboles Tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 p.
- Rodríguez, A. 2000. Métodos de Investigación Pecuaria. Trillas, México. 208 p.
- Rodríguez, L. E., Y. Aguilar D. y L. Garibay P. 2007. Reforestación del manglar en la zona afectada por el canal artificial en Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz. Informe Técnico Pemex-UV. 16 p.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México. 504 p.
- UICN. 2004. IUCN Red List of Threatened Species. United Kingdom.
- Vázquez, M. 1998. Biodiversidad y Problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. México.



- Vázquez, Y. C. y A. Batis. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Boletín de la sociedad Botánica de México. 58: 75-84.
- Vázquez, M. y A. Fernández M. 1993. Problemática ambiental en el estado de Veracruz. In: Investigación Ecológica. Xalapa, México. Pp. 15-23.



## LAS PLANTACIONES DE *Bambusa oldhamii* Y *Guadua angustifolia* EN EL ESTADO DE PUEBLA

Martha Elena Fuentes López<sup>226\*</sup>, Idalia Zaragoza Hernández<sup>227</sup>, Edna Elena Suárez Patlán<sup>226</sup>, Casimiro Ordóñez Prado<sup>226</sup> y Noel Carrillo Ávila<sup>226</sup>

### Resumen

La morfología, la anatomía y el lugar en el que se desarrolla la especie de interés son de importancia trascendente en los aspectos silvícolas. Particularmente en las especies de bambú, el tipo de rizoma, la altura que alcanza la planta, sus necesidades climáticas y de suelo influyen de manera significativa en el establecimiento de una plantación. Con el fin de contribuir al acervo de información sobre el bambú, este estudio tuvo como objetivo describir la silvicultura aplicada a *Bambusa oldhamii* y *Guadua angustifolia*, en la sierra nororiental del estado de Puebla. La información se obtuvo mediante la aplicación de 38 cuestionarios a productores de bambú de las especies mencionadas. Estas plantaciones se localizan en los municipios de Acateno, Ayotoxco, Cuetzalan, Hueytamalco, Jonotla, Tenampulco, Teziutlán y Tlatlauquitepec. La información proporcionada por el 95% (38) de los productores de bambú confirma la importancia que tienen las dos especies principales objeto de este estudio que cohabitan en la región. La especie *B. oldhamii* ocupa la mayor superficie, de acuerdo con las estadísticas reportadas con 116.8 ha, mientras que *G. angustifolia* ocupa una superficie plantada de 84.7 ha. El municipio de Hueytamalco es el principal productor de ambas especies, seguido de Ayotoxco. Los entrevistados en los dos municipios poseen el 75% de la superficie plantada de *B. oldhamii* y el 68% de *G. angustifolia*. Según las encuestas realizadas, el establecimiento de la plantación es manual; donde el 79% de los productores aplicaron un espaciamiento de 5 m x 5 m de distancia para ambas especies. La

<sup>226</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito.

\*fuentes.martha@inifap.gob.mx

<sup>227</sup> Consultor independiente. Zona Metropolitana.





principal labor de mantenimiento es el deshierbe, seguido de los aclareos y del control de plagas. La cosecha es poco documentada debido a lo esporádico de esta actividad. En la sierra nororiental la silvicultura aplicada al bambú en ambas especies varía significativamente, aunque prevalecen las plantaciones que reciben las labores mínimas de mantenimiento y cosechas eventuales.

**Palabras clave:** bambú, labores, manejo, silvícolas

## Introducción

Los ecosistemas forestales ofrecen servicios que son imprescindibles para el ser humano. Estos servicios brindados son tanto o más valorados que los productos tangibles (Aguirre-Calderón, 2015). En consecuencia, se destinan terrenos para la producción de materias primas que al mismo tiempo representan un servicio. De ahí se deriva la importancia de la silvicultura como la disciplina aplicada que conduce al desarrollo adecuado de los recursos forestales necesarios para la sociedad.

Las actividades que se aplican en el manejo de los recursos forestales obedecen a los objetivos que cada propietario o silvicultor tiene. Asimismo, las especies que existen en los distintos ecosistemas también diferencian las labores que se ejecutan sobre las mismas. La silvicultura ejercida sobre un bambusal se distingue de las especies forestales maderables, así como de las no maderables.

El conjunto de variables trascendentes en la silvicultura del bambú, se focalizan en la morfología y la anatomía de cada especie. El tipo de rizoma, la altura, sus necesidades climáticas y de suelo, influyen significativamente en su silvicultura, la cual es específica para cada especie y varía de acuerdo a su procedencia y a la zona de plantación.

En México existen especies introducidas distribuidas principalmente en las regiones tropicales y costeras del país, entre ellas se encuentran *Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii*, *Bambusa vulgaris*, *Dendrocalamus asper*, *Phyllostachys*



*aurea*, entre otras (Pérez *et al.*, 2009; Pérez, 2014; Aguirre *et al.*, 2018). En la sierra nororiental del estado de Puebla las especies *G. angustifolia* y *B. oldhamii* son las más importantes por el volumen que representan sus existencias (Pérez *et al.*, 2009; Aguirre *et al.*, 2018). Esta situación conmina a documentar el desarrollo de ambas especies.

La información existente hasta la fecha para el estado de Puebla cubre aspectos económicos y sociales referente a los productores o comunidades en las que se han establecido plantaciones de bambú, así como los aspectos de biomasa y sobre el contenido de carbono. La información localizada hasta el momento denota la necesidad de abordar otros temas ineludibles para aprovechar adecuadamente las plantaciones de bambú, que se orienten a formas de aprovechamiento integral, formas de transformación, diseño de productos, diseño estructural, usos y comercialización de las especies de bambú. Con el fin de contribuir al acervo de información sobre el bambú, este trabajo tuvo como objetivo describir la silvicultura aplicada a las plantaciones de *G. angustifolia* y *B. oldhamii* en la sierra nororiental del estado de Puebla. El estudio estableció como hipótesis que ambas especies no reciben manejo en su silvicultura. Es decir, que los productores sólo realizaron la plantación, pocos productores raramente aplicaron labores de mantenimiento y eventualmente han efectuado la cosecha de cañas de bambú. Esto se atribuye al desconocimiento del comportamiento tecnológico y estructural del bambú, de sus formas de aplicación, de todos los servicios que esta especie es generadora. Se carece de una cultura para el uso del bambú como producto sustituto de la madera. Debe propiciarse mayor difusión y participación.

## **Materiales y métodos**

La información plasmada en este documento se obtuvo mediante la aplicación de cuestionarios (encuestas o instrumentos) a 38 productores de bambú del estado de Puebla que tienen como especies principales *G. angustifolia* y *B. oldhamii*. Los entrevistados también denominados informantes tienen sus plantaciones en los



municipios de Acateno, Ayotoxco, Cuetzalan, Hueytamalco, Jonotla, Tenampulco, Teziutlán y Tlatlauquitepec.

La región de estudio se encuentra en la sierra nororiental de la entidad, en los límites con el estado de Veracruz. En los ocho municipios existen las condiciones climáticas (Cuadro 1) para el desarrollo de bambusales de las especies de interés y de otras del mismo género.

La carencia de un estudio previo o de una línea base concentradora de datos de los productores de bambú en el estado de Puebla, condujo a buscar alternativas de localización de los informantes. La comunicación con los dueños de las plantaciones de bambú se logró por medio de los datos de contacto proporcionados por personas involucradas en la temática del bambú. Estas personas clave fueron algunos productores de bambú, asesores técnicos, asistentes a foros, cursos y talleres en temas relacionados al bambú, así como instituciones gubernamentales (SEMARNAT, CONAFOR y gobiernos municipales) e instituciones no gubernamentales.

Los instrumentos utilizados están compuestos de preguntas cerradas que indagan sobre las especies y actividades realizadas en el bambusal, propiedad de cada uno de los entrevistados. Las entrevistas se realizaron cara a cara en los domicilios fiscales, en las plantaciones o bambusales, en eventos científicos, en transferencias o en sitios acordados exprofeso para la entrevista. Esta actividad se realizó entre la última semana de septiembre y la penúltima de noviembre de 2018. Una vez colectada la información se trasladó a una base de datos, misma que fue utilizada para determinar las estadísticas descriptivas plasmadas en esta publicación.



**Cuadro 1. Características de los municipios de ubicación de las plantaciones.**

Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Tipo de suelo principales
Acateno	20° 00' 20° 12'	97° 07' 97° 19'	60 - 600	22 - 26	1400 - 3600	Phaeozem (46%) Regosol (38%) Vertisol (15%)
Ayotoxco	19° 59' 20° 09'	97° 22' 97° 28'	100 - 600	20 - 26	2400 - 3600	Regosol (62%) Phaeozem (29%) Nitosol (3%)
Cuetzalan	19° 57' 20° 06'	97° 23' 97° 35'	180 - 1600	18 - 26	1900 - 4100	Leptosol (61%) Acrisol (19%) Andosol (12%)
Hueytamalco	19° 52' 20° 12'	97° 12' 97° 23'	100 - 1900	16 - 26	1500 - 3600	Regosol (52%) Andosol (25%) Phaeozem (2%)
Jonotla	20° 00' 20° 10'	97° 27' 97° 36'	100 - 1100	20 - 26	2400 - 4100	Leptosol (48%) Regosol (37%) Phaeozem (8%)
Tenampulco	20° 08' 20° 15'	97° 19' 97° 30'	10 - 400	22 - 26	1900 - 2100	Regosol (74%) Vertisol (14%) Cambisol (9%)
Tlatlauquitepec	19° 38' 20° 03'	97° 23' 97° 37'	300 - 2900	10 - 24	600 - 4100	Andosol (68%) Acrisol (12%) Phaeozem (5.5%)
Teziutlán	19° 46' 19° 58'	97° 19' 97° 25'	700 - 2400	12 - 22	100 - 3600	Andosol (73%)

Fuente: INEGI, 2009. (Fuente de datos por municipio).

## Resultados y discusión

Se entrevistaron a 38 productores. Informaron que las primeras plantaciones de bambú en la región estudiada se establecieron alrededor del año 2000. En esas fechas no existían viveros vecinos o cercanos a los municipios de interés, por lo tanto, los proveedores que atendieron la necesidad de plántula fueron de otras entidades de la república. Los entrevistados que estuvieron en posibilidad de informar sobre el origen del bambú plantado mencionaron como sus proveedores a particulares del estado de Veracruz.

En años recientes se han establecido plantaciones de bambú en el estado de Puebla, de tal manera que hasta la conclusión de las entrevistas se observó la





presencia de estas especies de uno hasta 18 años de edad. Esto difiere a lo encontrado por Aguirre *et al.* (2018), quienes mencionan plantaciones de 35 años en la región nororiental. Se observó que estos autores incluyeron en su estudio a personas que poseen bambú sólo como cultivo de traspatio, considerando a informantes que no fueron incluidos en la presente investigación por no contar con una superficie mínima de una hectárea.

De acuerdo a lo manifestado por los entrevistados, en los ocho municipios existen 116.8 ha de *B. oldhamii* y 84.7 ha de *G. angustifolia*. La especie *B. oldhamii* se encuentra en la propiedad de 30 productores y se cuantificó la misma cantidad de propietarios de plantaciones de la Guadua. El municipio de Hueytamalco es el principal productor de las ambas especies, seguido de Ayotoxco. Entre los dos municipios concentran el 75% de la superficie plantada de *B. oldhamii* y el 68% de *G. angustifolia*. La importancia de ambos municipios en la producción de bambú también fue reportada por Aguirre *et al.* (2018).

Los entrevistados brindaron información sobre las actividades realizadas en el cultivo del bambú, mismas que inician con la preparación del terreno y culminan con la cosecha de la producción de la plantación. Estas labores se realizan de forma manual. Más detalles de la silvicultura de las plantaciones de bambú se indican en los siguientes párrafos. Para describir el trasplante o colocación de la planta en el terreno destinado a la plantación se utilizó el término establecimiento.

### **Limpieza del terreno**

El 79% mencionó que realizó chapeo o remoción de la vegetación existente en el lugar destinado a la plantación. En el resto de los casos no tuvieron que hacer esta actividad debido a que los terrenos eran utilizados como agostadero, lo que permitía las siguientes labores sin ningún contratiempo.

### **Trazado**

Esta actividad fue realizada por el 95% de los productores. El otro 5% de los entrevistados manifestaron que no realizó esta actividad o no disponen de algún registro de las labores. Esto se atribuye a que fueron zonas que previo a la plantación



tenían cultivos agrícolas o frutícolas cuya ubicación ayudó a realizar el hoyado sin realizar propiamente un trazado.

### **Hoyado**

La plantación requiere de manera obligada de esta actividad. El 79% de los informantes afirmaron que entre plantas existe una distancia de 5 m para ambas especies. Este dato es ratificado por Aguirre *et al.* (2018). Las personas que mencionaron un distanciamiento diferente al anterior fueron 16% de los productores y el restante 5% no cuenta con esta información. Los hoyos se hicieron utilizando herramientas manuales como cavador, pico, pala o barreta.

### **Plantación**

Según las características del lugar para el establecimiento de la plantación, trasladaron las plantas de bambú por medio de vehículos, animales de carga, carretillas o fuerza humana. La plantación la realizaron de forma manual.

### **Fertilización**

Sólo el 24% informó haber aplicado algún fertilizante, actividad realizada manualmente. Entre los fertilizantes utilizados se encuentran la urea, sulfato de amonio y abonos orgánicos. La mayoría de dueños de las plantaciones afirmaron que no fue necesario fertilizar. Según sus observaciones, el buen desarrollo de la planta no ameritaba la aplicación de fertilizantes. Kleinhenz y Midmore (2001), recomiendan la fertilización entre dos o tres semanas antes de hacer la plantación, aplicando estiércol vacuno, urea, superfosfato triple y muriato de potasio. La forma de manejo efectuada por los productores no fue conforme a lo sugerido, sin embargo, las plantaciones no tuvieron mayores problemas para su desarrollo.

### **Control de plagas**

El 32% de los informantes indicaron que tuvieron problemas de plagas en sus plantaciones, uno conocido comúnmente como tuza. Para controlar a este roedor utilizaron trampas y rodenticidas, ambos se aplican de manera manual. El control



de plagas ocurrió con mayor frecuencia en sitios del municipio de Hueytamalco y Tenampulco, principalmente en *G. angustifolia*.

### **Cercado**

Los productores que construyeron un cercado fueron sólo el 5%. Los entrevistados que no lo tienen indicaron que no fue necesario debido a la colindancia del terreno con algún cuerpo de agua o predios previamente cercados o bien por ser zonas alejadas de agentes que pudieran causar algún daño a la plantación.

### **Deshierbes**

El 66% de los productores informó que realizó esta labor. De ellos, el 13% mencionó el uso de herbicidas en esta actividad, el resto dijo que el deshierbe lo hizo de forma manual. La actividad la realizaron durante los primeros 2 o 3 años de la plantación.

### **Podas**

Según la morfología de las especies, sólo *G. angustifolia* requiere de esta actividad para su adecuado manejo. Esto significa que 79% de los productores tuvo la necesidad de realizar esta tarea; sin embargo, de estos sólo una tercera parte informó de las podas para sus bambusales.

### **Aclareos**

Los entrevistados que realizaron aclareos a los bambusales fueron el 47% de los productores. Esta actividad también es necesario efectuarla en culmos sobremaduros o muertos. Prácticamente las herramientas que se necesitan sólo son machete y serrote.

### **Control de la producción**

Sólo el 8% de los productores reportó que mantiene este control y seguimiento de los culmos de bambú. Esta labor la realizan identificando los culmos que se producen, marcando por medio de colores o números la producción de cada año.



## Cosecha

Esta actividad está poco documentada, debido a que se ha hecho de manera esporádica o sólo para autoconsumo. Existe un 8% de productores que han cosechado con fines comerciales y elaboran registros más precisos de esta actividad. La experiencia de estas personas más la información de los productores que conoce el proceso de cosecha indica que *B. oldhamii* tiene mayor facilidad de cosecha que *G. angustifolia*. Las ramas con espinas que tiene esta última dificultan su cosecha. De forma que aprovechar un culmo de esta especie implica el doble de tiempo que *B. oldhamii* y en plantaciones sin mantenimiento se multiplica el tiempo, al menos al triple.

La mayoría de los productores comentó que las labores de manutención antes mencionadas se realizaron hasta los tres años de edad del bambú. Esto es congruente con el tiempo de mantenimiento recomendado por Banik (2015), quién además sugiere la protección contra fauna silvestre que gusta de consumir brotes. Los productores de la región de estudio no tuvieron estos problemas en los brotes, sin embargo, es una variable que se debe considerar según las características de cada región. Con respecto, a las personas que dejaron que las plantaciones se desarrollaran sin labores de mantenimiento, afirman que los culmos tienen las características suficientes para ser comercializados, pero el costo de extracción incluiría la limpieza del sitio para acceder, seleccionar y cosechar los culmos. Una aclaración referente a la sobrevivencia de estas últimas plantaciones es que en esos sitios de Ayotoxco, Cuetzalan y Jonotla las malezas no proliferaron con la rapidez de otras áreas de la región. Así como ocurre en el municipio de Hueytamalco, en donde los productores reportaron la facilidad que tuvo la maleza para desarrollarse, situación que persiste a la fecha.

La información vertida por los productores indica que después del establecimiento de la plantación el 65% (131.28 ha) de la superficie de los bambusales recibió labores mínimas de mantenimiento, es decir deshierbes y aclareos. Estas plantaciones se encuentran en terrenos de 16 productores ubicados en los municipios de Acateno, Ayotoxco, Hueytamalco y Teziutlán. En este conjunto de propietarios se encuentran





los que tienen mayor experiencia en los temas de cosecha del bambú, así como procesos posteriores a cosecha.

A excepción de los predios que fueron potreros, los bambusales tenían uso agrícola, incluso se plantó bambú intercalado con algunos cultivos. Sin embargo, al paso del tiempo los cultivos desaparecieron. La combinación de bambú con cultivos agrícolas está recomendada para las etapas iniciales de la plantación (Banik, 2015). La condición inicial de las plantaciones complicó el registro de la inversión aplicada a la plantación. Así ocurrió porque las actividades que se realizaron sobre el bambú se hicieron de manera paralela al cultivo o viceversa. Esta situación de los bambusales la confirma el estudio de Aguirre *et al.* (2018), quién menciona la diversificación de los predios de los productores con la incorporación de bambú en los cultivos agrícolas.

Finalmente, una aclaración sobre la superficie de las plantaciones. De acuerdo a la información recabada, existen otras plantaciones en la región nororiental de Puebla cuyos propietarios no fueron localizados, aunque se tiene conocimiento de que poseen alrededor de 50 ha de *B. oldhamii* y 13 ha de *G. angustifolia*.

## Conclusiones

1. La silvicultura de las plantaciones de *B. oldhamii* y *G. angustifolia* de la sierra nororiental del estado de Puebla se limita al establecimiento del bambusal, cuando se realizan actividades de mantenimiento estas se focalizan a deshierbes, aclareos y en algunos casos podas. El manejo de plagas está dirigido a especies de roedores, problema prácticamente no documentado.
2. Las plantaciones se concentran principalmente en dos municipios y en menos del 50% de los productores de la región, quiénes también son los que ha prestado mayor atención al mantenimiento de los bambusales.



## Literatura citada

- Aguirre, C. J. F., J. Cadena I., B. Ramírez V., J. P. Juárez S., L. Caso B. y D. Martínez C. 2018. Sistemas de producción de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa oldhamii* Munro) en la sierra nororiental de Puebla, México. *Agroproductividad*, 11(8):167-175.
- Aguirre, C. O. A. 2015. Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21: 17-28.
- Banik, R. L. 2015. Bamboo Silviculture. *In: Liese, W. and Kölh, M. (Eds.) Bamboo The plant and its uses.* Springer, Germany. pp. 113-174.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Acateno, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21002.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21002.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ayototlán de Guerrero, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21025.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21025.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cuetzalan del Progreso, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21043.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21043.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Hueytamalco, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21076.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21076.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).



- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jonotla, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21088.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21088.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tenampulco, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21158.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21158.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Teziutlan, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21174.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21174.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlatlauquitepec, Puebla. Disponible en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21186.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21186.pdf). (Consultado el 18 de septiembre de 2018).
- Kleinhenz, V. and Midmore, D. J. 2001. Aspects of bamboo agronomy. *Advances in agronomy*, 74: 99-145.
- Pérez, G. N., M. Rueda G., G. E. Rojo M., R. Martínez R., B. Ramírez V. y J. P. Juárez S. 2009. El bambú (*bambusa spp.*) como sistema agroforestal: una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 5(3): 335-346.
- Pérez, V. L. 2014. Validación de variedades de bambú con potencial para el Sur de Sinaloa. Fundación Produce, A. C. México. 10 p.



## ACTORES DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL BAMBÚ EN PUEBLA

Martha Elena Fuentes López<sup>228</sup>, Edna Elena Suárez Patlán<sup>228</sup>, Idalia Zaragoza Hernández<sup>229</sup>,  
Casimiro Ordóñez Prado<sup>228</sup> y Noel Carrillo Ávila<sup>228</sup>

### Resumen

El uso del bambú como materia prima para la elaboración de productos terminados en México se encuentra en sus etapas iniciales. Esta situación explica la limitada documentación que existe en torno al bambú en sus diferentes temáticas, desde su cultivo hasta su uso final. El objetivo de esta investigación fue identificar y describir los elementos de la cadena productiva del bambú en el estado de Puebla. Al carecer de una línea base y de estudios previos con registros iniciales de los actores de bambú en el estado de Puebla, se procedió a identificarlos en sus hogares, congresos, foros, talleres, cursos y otros eventos. Posteriormente se les aplicaron cuestionarios dirigidos en sus diferentes ubicaciones y eslabones: proveedores de planta, productores, transformadores, intermediarios y comercializadores de bambú. Se obtuvo, para el año 2018, que existen 43 personas que participan directamente en la cadena productiva, mismas que se localizan espacialmente en ocho municipios de la región nororiental del estado de Puebla. Los productores representaron la mayor proporción de la población, participando con el 91%; los que se dedican a la comercialización de productos de bambú se contabilizaron en 28%; quienes se dedican a la elaboración de algún producto de bambú o realizan algún tipo de construcción representaron el 23%; los productores de planta de bambú constituyeron el 9% de la población muestreada y el 7% ha operado como intermediario en la comercialización. En la cadena productiva de bambú, un mismo individuo participa hasta en cinco eslabones, de ahí se concluye que el número de actores participantes en la producción y comercialización de productos, para el

<sup>228</sup> Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
[fuentes.martha@inifap.gob.mx](mailto:fuentes.martha@inifap.gob.mx)

<sup>229</sup> Consultor independiente. Zona Metropolitana. [yayizar@yahoo.com.mx](mailto:yayizar@yahoo.com.mx)





estado de Puebla es reducido, comparativamente con lo que ocurre en otras cadenas del área forestal y agropecuaria. Esta situación denota el estado incipiente de la cadena productiva de bambú en el estado.

**Palabras clave:** guadua, productores, transformadores, comercializadores

## Introducción

El territorio mexicano cuenta con áreas de distribución natural y endémica de bambú, condición que denota su potencial para la producción de este grupo de especies en determinadas zonas del país. Las regiones que reúnen las condiciones climáticas y de suelo para el desarrollo de plantaciones de esta especie, del también llamado “pasto gigante”, se encuentran en las costas y selvas del país. De tal forma que, los principales estados productores son: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Sinaloa y Veracruz, donde se comercializa principalmente como material de construcción, muebles y artesanías.

Una perspectiva del área plantada con bambú señalada por Rodríguez (2006), quien en su investigación encontró que entre 2004 y 2005, la Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Puebla había reportado una plantación de 500 ha. A su vez, Pérez (2014), refiere que en 2012 México tenía 4,054 ha plantadas de bambú, distribuidas en Veracruz (2,304 ha), Puebla (1,000 ha), Tabasco (650 ha) y Chiapas (100 ha), lo que señala que, para el estado de Puebla, la superficie plantada se duplicó. Sin embargo, las estadísticas disponibles y reportadas por diferentes fuentes no se encuentran actualizadas a la fecha y es muy probable que la superficie real sea superior o inclusive menor a la reportada.

El uso del bambú, como materia prima para elaboración de productos terminados en México, se encuentra en sus etapas iniciales, situación que se refleja con los escasos estudios documentados sobre el tema. Las publicaciones existentes se sustentan en tesis, reportes, acuerdos, bases de datos y artículos científicos que versan sobre la importancia social, económica y ambiental de los bambusales. En



ellos se plasman las iniciativas del sector gubernamental y no gubernamental, de los programas de apoyo, así como financiamiento, el fomento de plantaciones y cultivo del bambú (Pérez *et al.*, 2009).

La limitada documentación que existe sobre el mercado y comercialización del bambú en México se reduce a enunciar las oportunidades que tiene para emprender negocios, sobre los productos que se elaboran a pequeña escala, las necesidades de impulsar la cadena productiva, la iniciativa del gobierno para fomentar el uso del bambú, entre otras publicaciones que hasta el momento no dan explicación del funcionamiento del mercado o de cómo se encuentra estructurada la cadena productiva. Isaza (2009) refiere que el concepto de cadena ofrece un marco conceptual útil para comprender la articulación de diferentes unidades empresariales, de cara al proceso de generación de valor y el papel que cumple cada una de las empresas que intervienen en el mismo. Al mismo tiempo aporta elementos valiosos en el diseño de políticas que favorecen la consolidación de ventajas competitivas (Castellanos *et al.*, 2001; Isaza, 2009; Klooster, 2006; Laguna, 2010).

Particularmente, en el estado de Puebla existen antecedentes de la creación de un consejo, de asociaciones en torno al bambú e incluso la creación de un programa orientado a atender la cadena productiva; sin embargo, no existen documentos de dominio público que describan como está conformada. Otros estudios refieren la falta de mercado, de la existencia de un comercio incipiente, desarticulado y descuidado del bambú en la entidad poblana. Por lo que la necesidad de conocer la conformación de la cadena productiva dio lugar a esta investigación que tuvo como objetivos identificar y describir a los elementos de la cadena productiva del bambú en el estado de Puebla, bajo la hipótesis que la cadena se encuentra incipiente, no está definida de forma explícita y que necesita fortalecerse.



## Materiales y métodos

El estudio se realizó mediante cuestionarios (instrumentos), mismos que se aplicaron a personas relacionadas con la producción de bambú en el estado de Puebla. Los entrevistados se ubicaron en los municipios de Acateno, Ayotoxco, Cuetzalan, Hueytamalco, Jonotla, Tenampulco, Teziutlán y Tlatlauquitepec. Los instrumentos se diseñaron con reactivos específicos para aplicarse a actores con intervención directa en la cadena, entre ellos se encuentran los proveedores de planta, productores de bambú (bambusal), transformadores, intermediarios y comercializadores. Asimismo, se incluyeron preguntas generales para ser respondidas por asesores técnicos, académicos o personas con cualquier otro papel en torno a la producción, transformación o comercialización del bambú. Las preguntas fueron de tipo estructurado y semiestructurado, agrupadas por temas, con el objeto de facilitar la toma y el registro de los datos. El levantamiento de información de campo o encuestas se realizó en los meses de septiembre y noviembre de 2018.

La identificación de los informantes se realizó a partir de los datos de contacto proporcionados por personas involucradas en temas de bambú. Los participantes entrevistados fueron localizados mediante listas de asistencia en los diferentes foros, cursos y congresos realizados en el estado de Puebla y Veracruz o mediante información proporcionada por los mismos productores de la región; se incluyeron a académicos, asesores técnicos y representantes de organizaciones, además de la información proporcionada por instituciones gubernamentales (SEMARNAT, CONAFOR y gobiernos municipales) y organismos no gubernamentales.

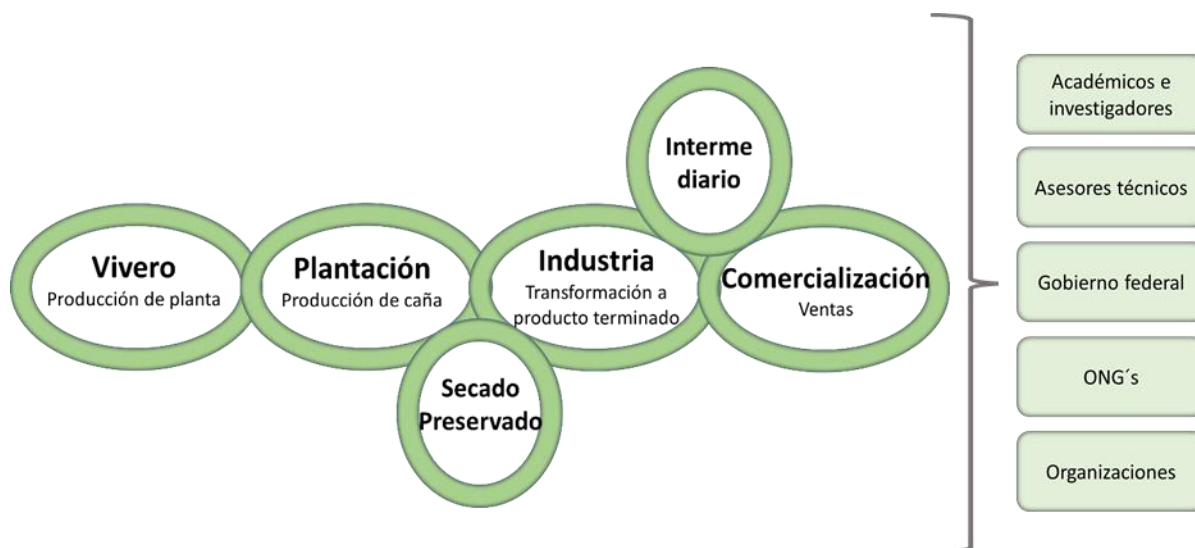
La meta fue encuestar a todos los productores existentes en el estado de Puebla, recopilando sus referencias y datos de contacto. De esta forma se integró una primera base de datos que registró a todos los productores de bambú en el estado de Puebla. La información se recolectó mediante una entrevista personalizada en los domicilios fiscales, en eventos científicos, en transferencias o en sitios acordados exprofeso para la entrevista. A partir de los datos obtenidos se clasificaron los informantes según el papel que desempeñan en la cadena productiva. Derivado de



la información recopilada, se obtuvieron estadísticas descriptivas, que se utilizaron en la caracterización de los diferentes actores de la cadena.

## Resultados y discusión

El levantamiento de información permitió confirmar la presencia de proveedores de planta, productores de bambú, transformadores, intermediarios y comercializadores en la cadena productiva del bambú en el estado de Puebla (Figura 1). Aunque algunos autores como Cifuentes (2011), Córdoba (2012) y Van der Heyden y Camacho (2006), señalan que el mapeo de una cadena se realiza a nivel de producto, por la complejidad de las interacciones que ocurren en este sector, sólo fue posible visualizar al conjunto de productos de bambú que se elaboran en la región, mismos que se visualizan como tema de análisis.



**Figura 1. Actores de la cadena productiva del bambú en el estado de Puebla.**

Los productores representaron la mayor proporción de la población, participando con el 91%; los que se dedican a la comercialización de productos de bambú se contabilizaron en 28%; quienes se dedican a la elaboración de algún producto de bambú o realizan algún tipo de construcciones representaron el 23%, los





productores de planta de bambú constituyeron el 9% de la población muestreada y el 7% ha operado como intermediario en la comercialización. Estos eslabones son calificados como actores directos de la cadena y, en algún momento del proceso, se convierten en dueños del grupo de productos conforme lo señalan Salazar y Van der Heyden (2004).

### **Proveedores de planta**

En este grupo se incluyeron a los que producen plantas de bambú; son personas físicas (75%) y morales (25%). Los representantes de los productores de planta tuvieron, en promedio, 51 años de edad; cinco de cada 10 estudiaron la licenciatura, el resto tiene educación básica o media superior. Los varones representan tres cuartas partes de los proveedores de planta de bambú. Su actividad económica principal es diferente a la producción de planta, es decir, se dedican a la producción de café o bien, ofrecen asesoría técnica. Los entrevistados refirieron que tienen ingresos mensuales de \$2,700.00 a \$34,999.00. Los productores de planta también poseen plantaciones de bambú y participan activamente en el fomento del cultivo. El 75% de los miembros de este eslabón también pertenecen al eslabón de transformación y comercializan directamente sus productos, pero solo el 25% de estos actores ha operado como intermediarios. Un 50% de los proveedores afirmaron que asesoran a otros productores de bambú. Cabe aclarar que la producción de bambú fue visualizada como un producto forestal. De tal forma que las personas que realizan la proveeduría de plantas son identificadas como el primer eslabón de la cadena productiva de forma similar a los productos forestales maderables (Cuevas, 2011; Ramírez y Ramírez, 2012).

### **Productores de bambú**

La información recolectada en campo indicó que la producción de bambú es realizada principalmente por personas físicas (95%). En lo que respecta a género, el 79% de los propietarios de las plantaciones correspondió al sexo masculino. La edad de los dueños y poseedores de los bambusales osciló entre 33 y 82 años. El nivel de escolaridad de los entrevistados se encontró de la siguiente forma: 46% cursó sus



estudios básicos (preescolar, primaria y secundaria), 36% cuenta con una licenciatura o un grado mayor de escolaridad, 15% tiene estudios de nivel medio superior (preparatoria) y sólo el 3% es analfabeta. Para el 15% de los integrantes del eslabón de productores, la producción forestal representó su principal actividad económica, mientras que el 62% tuvo como actividad principal la producción agrícola (cultivos como: café, plátano, cítricos, pimienta, vainilla, maíz y litchi) o la actividad pecuaria (ganado vacuno). Según la información vertida por los productores encuestados, 41% de ellos percibe ingresos mensuales menores a \$2,700.00, el 15% entre \$2,700.00 y \$6,799.00, mientras que el 26% de los productores tiene ingresos mensuales entre \$6,800.00 y \$11,599.00. El restante 17% tiene ingresos que superan los \$11,600.00. El 10% de los productores de este eslabón también son proveedores de planta, 15% elabora algún tipo de producto, 8% hace las funciones de intermediario en la compra-venta de productos y únicamente 18% comercializa el bambú en forma de cañas para la construcción. Las personas que conforman este componente de la cadena se encuentran ubicados en los ocho municipios en los que se desarrolló el estudio.

### **Transformadores**

Ochenta y tres por ciento de los entrevistados de este eslabón estuvo conformado por personas físicas y el resto tuvieron la personalidad moral. En todos los casos estuvieron representados por varones, cuya edad osciló entre los 32 y los 85 años de edad. Su nivel de estudios fue variable, ya que en el grupo de transformadores se tuvo desde la primaria completa hasta la licenciatura o mayor nivel de escolaridad. Tres de cada 10 personas afirmaron que su actividad económica principal es la forestal, 20% consideraron como su actividad principal la agrícola (en cultivos cítricos, pimienta y vainilla). Un 20% señaló refieren la transformación de productos de bambú como su actividad principal, el restante 30% no se identificó en una actividad principal. Los ingresos promedio mensuales para dos quintas partes (40%) de los miembros de este eslabón fue menor de \$2,700.0, un 30% percibe entre \$2,700.00 y \$6,800.00 y el restante 30% percibe más de \$6,800.



Los integrantes de este eslabón realizan actividades de preservación y secado del culmo para propósitos ingenieriles o para la construcción (80%). Un grupo importante (50%) elaboran algún producto de bambú con mayor grado de proceso, otro grupo (40%) se dedica a realizar algún tipo de construcciones. Los productos diferentes a los destinados a la construcción se refieren a las artesanías, papel artesanal, muebles, palillos o alimento animal a partir de hojas. El 30% de los transformadores también han ocupado el rol de proveedores de planta, esto es, un porcentaje similar al que ha fungido como intermediario. Los que han establecido y registrado sus plantaciones representan el 60% y todos los transformadores comercializan los productos que laboran. Los centros de trabajo de este eslabón se localizaron en los municipios de Ayotoxco, Cuetzalan, Hueytamalco, Tlatlauquitepec y Teziutlán.

### **Intermediarios**

De las encuestas se obtuvo que sólo el 7% de los actores han participado como intermediarios con enfoque en la compra-venta de culmos para la construcción. Las personas intermediarias fueron físicas, con una edad entre 53 y 64 años y, de ellos, el 67% estuvo representado por el sexo masculino. La educación que poseen estas personas fue de la primaria completa hasta la preparatoria. Dos terceras partes (67%) de los miembros de este eslabón señalaron como su principal actividad económica la producción forestal (producción de bambú) y el resto indicaron dedicarse a la agricultura (en cítricos y vainilla). Uno de cada tres (33%) señaló que su ingreso promedio mensual es cercano a \$2,700.00 y el 67% restante mencionó que percibe entre \$2,700.00 y \$11,600.00. El bambú que comercializan lo adquieren en la misma región y tiene como destino otro estado de la república. Las personas con este rol realizan la preservación y el secado o presecado de los culmos. Sus centros de operación se encuentran en los municipios de Ayotoxco, Hueytamalco y Teziutlán. Los miembros de este eslabón también son productores de la cadena productiva, con 37% que produce palillos o alimento animal a partir del bambú y un porcentaje equivalente refirió haber participado con actividades de construcción. Se considera que este eslabón podría incluirse o estudiarse en el mismo eslabón de



comercialización, todo dependerá del enfoque de análisis que se realice (Cayeros et al., 2016; Córdoba, 2012).

### **Comercializadores**

A excepción de las artesanías, en esta cadena productiva no se identificó a alguien que se dedicara exclusivamente a la comercialización de productos de bambú. Dicho de otra forma, los comercializadores son los propios productores o transformadores y también pueden jugar el rol de intermediarios. Las artesanías se venden en establecimientos o puestos ambulantes en las zonas de afluencia o turísticas, principalmente en la ciudad de Cuetzalan. En referencia al total de informantes entrevistados, el 28% afirmó que ha realizado actividades de comercialización de productos a base de bambú. A nivel de eslabón, los productores que realizan la compra-venta de sus productos representaron el 21% en ese componente de la cadena. Con respecto a los transformadores, el 85% mencionó haber comercializado directamente sus productos. En el eslabón de comercializadores se encontraron sólo a personas físicas, cuyas edades oscilaron entre 32 y 85 años, además de pertenecer principalmente al género masculino (85%). Referente a escolaridad, los comercializadores entrevistados indicaron que culminaron sus estudios básicos o superiores. La actividad de los integrantes de este componente de la cadena se focaliza a la comercialización de culmos preservados y secados para la construcción.

La producción de artículos de bambú también involucra a otros agentes que intervienen en el proceso de forma indirecta, entre ellos se encuentran los asesores técnicos, el gobierno federal, académicos e investigadores, organizaciones o asociaciones y organizaciones no gubernamentales (ONG's). Hasta la culminación del trabajo de campo, en la cadena no se detectó en la cadena la participación indirecta de fuentes de crédito y financiamiento, transportistas u otros similares (Van der Heyden, 2006). En el caso del bambú en Puebla, la participación de los asesores técnicos se enfoca a otorgar asesorías en la producción de plantas, al manejo de las plantaciones y su tramitación ante el gobierno federal. A través del gobierno federal se han otorgado algunos apoyos al sector forestal y con algunos





productores de bambú. La participación de académicos e investigadores fortalece la oferta de cursos, congresos, foros, talleres e investigación en diferentes temas, pero con mayor relación en la producción de bambú. Por su parte, las organizaciones o asociaciones contribuyen en la gestión de proyectos, fomentan, transforman y comercializan productos artesanales a base de bambú. Las ONG´s excluyen todas aquellas acciones lucrativas.

La cadena productiva de bambú tiene dos características sobresalientes, la primera se refiere a los múltiples roles que desempeñan los actores, participando en los diferentes eslabones de la cadena. La segunda se refiere a la limitada participación de los intermediarios en la cadena productiva. Es decir, que la comercialización es directa de los transformadores a los consumidores. Por el tipo de productos elaborados, se identificaron a los siguientes consumidores: las cabañas construidas con bambú tienen como consumidores a los prestadores de servicios turísticos; los artículos elaborados como guías o tutores de cultivos agrícolas, son empleados por los agricultores; las hojas y la parte tierna de la punta en las plantas se utilizan en zoológicos, como alimentos de animales; otros artículos como los muebles, productos decorativos, artículos de cocina, variedad de artesanías, palillos y cerveza, tienen consumidores diversos en todos los estratos sociales. Esto representa una ventaja para los productores o transformadores quienes tienen información directa del mercado y el poder de la negociación (Cifuentes, 2011; Córdoba, 2012; Márquez et al., 2015).

## Conclusiones

1. La cadena productiva del bambú en el estado de Puebla es emergente.
2. Está compuesta por actores directos como son: proveedores de planta, productores de caña de bambú, transformadores, intermediarios y comercializadores.
3. Los actores indirectos son los asesores técnicos, académicos, investigadores, organizaciones, instituciones gubernamentales y no gubernamentales.



4. Los productores representan la mayor cantidad de involucrados en la cadena productiva.
5. Un mismo actor es parte de uno o hasta cinco eslabones en la cadena productiva, lo que define una reducida cantidad de actores participantes desde la producción hasta la comercialización de productos de bambú, comparativamente con otras cadenas del área forestal y agropecuaria.
6. Entre las principales demandas identificadas en la cadena productiva de bambú, se obtuvieron a) mejorar el manejo y la sustentabilidad de las plantaciones de bambú; b) fomentar y fortalecer la organización para competir en los diferentes mercados nacionales, con la visión de lograr aumentos en la producción y en la capacidad de transformación; c) consolidarse como proveedores confiables, eliminando cuellos de botella y el intermediarismo en la comercialización; d) mantener la comunicación y la colaboración permanente entre los integrantes de cada eslabón para lograr su posicionamiento y la competitividad.

### Literatura citada

- Castellanos, O., J. Rojas, L. Villarraga y E. Ustate. 2001. Conceptualización y papel de la cadena productiva en un entorno de competitividad. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales* 18:87-98.
- Cayeros A., S. E., F. J. Robles Z. y E. Soto C. 2016. Cadenas Productivas y Cadenas de Valor. *Revista Educateconciencia* 10(11):2-12.
- Cifuentes-Álvarez, W., M. J. Pérez y M. Gil-Casares. 2011. Metodología de análisis de cadenas productivas bajo el enfoque de cadenas de valor. Fundación CODESPA. Madrid, España. 84 p.
- Córdoba, D. M. 2012. Procesos de intervención con enfoque de Cadena Productiva y su contribución a la articulación a mercados de productores de pequeña escala. p. 369-396. *In: Contreras G., A. G. (ed.). Las Relaciones Internacionales de la Pobreza en América Latina y el Caribe.* CLACSO. Buenos Aires, Argentina.
- Cuevas-Reyes, V. 2011. Análisis del enfoque de cadenas productivas en México. *Textual análisis del medio rural latinoamericano* 56: 83-93.



- Isaza C., J. G. 2009. Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales. Sotavento, 11. <https://ssrn.com/abstract=1507966> (Consultado el 15 de junio de 2019).
- Klooster, D. 2006. El manejo de los recursos de uso común: mercados, cadenas productivas y certificación. Temas clave, recomendaciones y preguntas. p. 76-81. *In*: Merino P., L. y J. Robso (comp.). El manejo de los recursos de uso común: mercados, cadenas productivas y certificación. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. The Christensen Fund, Fundación Ford, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México.
- Laguna R., C. E. 2010. Cadenas productivas, columna vertebral de los clusters industriales mexicanos. *Economía mexicana nueva época* 19(1):119-170.
- Márquez B., S. R., A. V. Ayala G., I. Mamani O., M. K. Miranda R. y R. A. Luna O. 2015. Cadenas de valor, agroclusters y agroparques. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LXII Legislatura. México, D.F. 234 p.
- Pérez-García, N., M. Rueda-González, G. E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz, B. Ramírez-Valverde y J. P. Juárez-Sánchez. 2009. El bambú (*Bambusa* spp.) como sistema agroforestal: una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Ra Ximhai* 5(3):335-346.
- Pérez, V. L. 2014. Validación de variedades de bambú con potencial para el Sur de Sinaloa. Fundación Produce, A. C. México. 10 p.
- Ramírez-Rojas, J. L. y Y. Ramírez-Vázquez. 2012. Diagnóstico situacional de la cadena productiva forestal Cofre de Perote, Veracruz: resultados del eslabón de viveros. *Ciencia Administrativa* 1:27-40.
- Rodríguez R., J. C. 2006. El bambú como material de construcción. *Ciencia Tecnológica* 31:67-69.
- Salazar-González, M. y D. Van der Heyden. 2004. Metodología de análisis de cadenas productivas con equidad para la promoción del desarrollo local. Línea Andina. Lima, Perú. 109 p.
- Van del Heyden, D. y P. Camacho. 2006. Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas. 2da ed. Plataforma RURALTER. Quito, Ecuador. 122 p.



## CONTENIDO RELATIVO DE AGUA, ÁREA FOLIAR Y PRODUCCIÓN DE UNA ESPECIE FORESTAL NO MADERABLE (*Hylocerus undatus*) COMO ALTERNATIVA AGRÍCOLA

Jeremías Nataren Velázquez<sup>230\*</sup>, Ana Lid del Ángel Pérez<sup>230</sup> y Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>230</sup>

### Resumen

En el Campo experimental Cotaxtla se desarrolló un trabajo con tres selecciones de pitahaya de cuatro años de edad. Las mediciones se realizaron a las 2:00, 6:00, 10:00, 14:00, 18:00 y 22:00 horas; asimismo, se tomaron las temperaturas en diferentes partes de la planta. La plantación se estableció el 28 de julio del 2005 con un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, a una distancia de 5 x 2 m. La unidad experimental fue de un árbol por repetición. El contenido relativo de agua (CRA) presentó diferencia estadísticamente significativa en los diferentes horarios para los tres cultivares, siendo similares los muestreos 6:00 am, 10:00 am, 18:00 pm, 22:00 pm y 2:00 am, pero diferentes al muestreo de las 14:00 pm, el cual obtuvo los mejores valores. En el muestreo de 14:00 pm se presentaron diferencias estadísticas siendo Tanith y Rosa del sureste las de mayor CRA con 73.7 % y 78.3 % respectivamente, lo que indica que Andrea es menos eficiente para almacenar agua en sus tejidos. En cuanto a rendimiento Andrea fue la mejor con 3903.6 Kg.

**Palabras clave:** transpiración de planta, rendimiento, cultivares

---

<sup>230</sup> Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Campo Experimental Cotaxtla. Km 34.5 carretera federal Veracruz. Córdoba, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. correo electrónico: [nataren.jeremias@inifap.gob.mx](mailto:nataren.jeremias@inifap.gob.mx) y [jere\\_465@hotmail.com.mx](mailto:jere_465@hotmail.com.mx)





## Introducción

México es parte importante del centro de origen mesoamericano de las cactáceas. Este grupo de plantas se caracteriza no sólo por ser atractivo como planta de ornato, sino también porque constituye una fuente importante de alimentos y una actividad redituable en aquellas regiones donde las condiciones climáticas y edáficas son adversas (Legaria *et al.*, 2005). Las cactáceas se encuentran distribuidas en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Veracruz, Chiapas, Guerrero, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Colima y Sinaloa (Castillo *et al.*, 1996).

*Hylocereus* es uno de los géneros de las cactáceas y, de las 16 especies formalmente descritas que lo conforma, 12 se encuentran en México y varias de ellas podrían tener su lugar de origen en este país (Yoldi, 2000). Particularmente, la especie *H. undatus* (pitahaya) se considera la de mayor importancia económica en México, dado que sus frutos son apreciados y fácilmente comercializados en mercados locales y regionales, además de tener demanda en los mercados nacionales y extranjeros (Ortiz, 1999). Los dos tipos más cultivados de pitahaya en las regiones de México, se caracterizan por tener frutos con pulpa blanca, pero difieren por el color de su cáscara, en uno es rojo y en el otro es amarillo claro; este último se conoce también como pitahaya blanca (Castillo *et al.*, 2003).

La pitahaya (*H. undatus*), nativa del bosque tropical Mesoamericano, tiene amplia demanda en mercados locales e internacionales. En los últimos años, los cultivos no tradicionales han adquirido gran importancia para el país como alternativa rentable para sustituir, en algunas zonas, a los granos básicos; esto se debe a que el gobierno federal, algunos estatales y los propios productores han tratado de promover su adecuado manejo y comercialización, en conjunto con algunos centros de investigación y enseñanza. La pitahaya es el fruto de una cactácea que se ha consumido en América por generaciones (Castillo *et al.*, 2003).

La mayoría de las áreas de producción de pitahaya son de huerto familiar, donde se reproducen a través de semilla o esquejes. La plantación empieza a producir al segundo año, cuando su propagación es por esquejes. La densidad por hectárea es



de 1,000 a 1,200 plantas (Meraz, *et al*, 2003). Asimismo, El contenido relativo de agua (CRA) en el tallo de estas plantas representa, en buena medida, del estrés sobre todo cuando el déficit de agua es severo; el valor del potencial del agua está correlacionado lineal y significativamente con el CRA (Bennett *et al.*, 1987).

Tiene una amplia demanda en el mercado internacional y se le considera una fruta exótica de sabor característico dulce y gran contenido de agua (Yoldi, 2000); se conoce relativamente poco del crecimiento de los cactus y, sin embargo, tienen importancia comercial (Castillo-Martínez *et al.*, 2005). Por todo lo anterior se evaluó la adaptación, calidad y rendimiento de tres selecciones de pitahayas colectadas en el trópico mexicano.

## Materiales y métodos

**Localización.** El trabajo se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), localizado en el km 34.5 carretera Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Se ubica a 18°16' LN y 96° 16' LW del meridiano de Greenwich, a una altitud de 40 msnm; presenta un clima AW<sub>0</sub>, temperatura promedio anual de 24 °C, precipitación anual de 1200 mm y suelos tipo vertisol pélico.

**Descripción física de los materiales genéticos plantados.** Los materiales de pitahaya previamente fueron colectados en las siguientes zonas: la selección Tanith con características de cáscara amarilla y pulpa blanca fue colectada en el norte de Veracruz, en el municipio de Papantla; la selección Andrea de cáscara roja y pulpa blanca fue colectada en el centro de Veracruz, en el municipio de La Antigua, Veracruz; mientras que la selección Rosa del Sureste, de cáscara rosada y pulpa blanca, procedió del estado de Quintana Roo.

**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, utilizando una planta con competencia



completa como unidad experimental; la densidad de plantación fue de 1,000 plantas por hectárea, sembradas a una distancia de 5m x 2m. Se utilizaron, como tutor, postes de concreto de 2.5 m de longitud y tubos galvanizado de una pulgada de diámetro y tres metros de longitud establecidos en forma de "T". Las variables que se midieron fueron las siguientes:

**Contenido relativo de agua (CRA).** Para esta variable fue tomada, en cada unidad experimental, una muestra de 2 cm de diámetro de la parte media del tallo. La muestra fue pesada en fresco, de forma inmediata y sumergida en agua limpia durante ocho horas hasta alcanzar la turgencia. Posteriormente fue pesada y sometida, en una estufa de aire forzado, durante 48 h a 100 ° C, para obtener el peso seco. Los muestreos se realizaron en época de seca, inicio de lluvia y en el momento de la inducción floral del cultivo en seis diferentes horas: 6:00 am, 10:00 am, 14:00 pm, 18:00 pm, 22:00 pm y 2:00 am; aunado a lo anterior, en los horarios antes mencionado, fue tomada con un termómetro infrarrojo la temperatura de las plantas muestreadas. Para el cálculo del CRA se utilizó la siguiente fórmula:

$$CRA (\%) = \frac{PF - PS}{PT - PS} * 100$$

Dónde:

CRA= Contenido relativo de agua (%)

PF= Peso fresco (g)

PS= Peso seco (g)

PT= Peso turgente (g)

**Longitud, diámetro de fruto y número de brácteas.** Para esta variable se utilizaron cinco frutos en desarrollo a los cuales, con un vernier digital, se les midió la longitud, desde la base del fruto hasta la parte apical, así como el diámetro en la parte central del fruto y el número de brácteas de la parte basal hasta la apical.



**Rendimiento.** Para esta variable fueron cosechados y pesados todos los frutos en madurez fisiológica de la planta y el rendimiento se obtuvo en kg ha<sup>-1</sup> en cada una de las tres selecciones en estudio.

**Volumen y área foliar.** Para determinar esta variable se midieron nueve tallos de cada planta (dos grandes, tres medianos y cuatro chicos) y a cada tallo se le midió el diámetro y longitud de cada costilla, utilizando la siguiente fórmula:

$$AT = \sqrt{S}(s - a)(s - b)$$

$$s = a + b + c/2$$

El resultado de la operación se multiplicó por la longitud total de los tallos

Donde:

AT= Área total

$\sqrt{S}$ = Raíz cuadrada de la superficie

s= superficie,

a= lado 1

b= lado 2

c= lado 3

**Análisis estadístico.** Los datos de las variables en estudio fueron analizados con el ANVA y con las pruebas de comparación de medias de tukey ( $P \leq 0.05$ ), así como por la diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ) del programa de Diseño Experimental FAUANL, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## Resultados y discusión

### Contenido relativo de agua (CRA)

En el Cuadro 1 se observa el contenido relativo de agua de tres selecciones de pitahaya, en seis diferentes horarios durante el día, en el cual se aprecia que las selecciones Tanith y Rosa del Sureste, a las 14:00 horas, mostraron diferencias estadísticas en el CRA, lo que indica que 'Andrea' es menos eficiente para almacenar





agua en sus tejidos; al comparar las temperaturas de la planta, en diferentes horas del día, se encontró significancia a las 2:00 pm con temperaturas más altas; el resto de los muestreos fueron estadísticamente iguales, esto indica que Andrea es más vulnerable a las altas temperaturas en comparación con las otras selecciones, ya que su pérdida de agua de las 10:00 a las 14:00 horas fue de 12.8 %, en comparación con Tanith con 2.4 %, mientras que Rosa del sureste no es afectada por la temperatura. La humedad promedio del suelo fue de 23 %.

**Cuadro 1. Contenido Relativo de Agua en tres Selecciones de Pitahaya.**

Selección	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Tanith	82.72	80.28	78.36A	77.11	82.9	77.55
Andrea	77.76	73.24	64.92B	71.32	75.84	69.68
Rosa del sureste	84.33	77	78.36A	79.13	80.4	75.09
Nivel de significancia	NS	NS	*	NS	NS	NS
CV (%)	8.94	10.5	5.74	6.08	5.92	6.27

### Volumen y área foliar

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis, no se presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las tres selecciones de pitahaya en área foliar y volumen, como se observa en el Cuadro 2; sin embargo, Andrea es la que presentó mejores resultados en comparación con las otras dos selecciones evaluadas con 228% y 282.1% de superioridad de área foliar y volumen, respectivamente. Según Andrade *et al.* (2006), en un trabajo que realizó con tallos de pitahayas en diferentes microambientes, menciona que el área foliar de *H. undatus* es mayor en el periodo de nortes, cuando la tasa de elongación del tallo es menor que en el periodo de lluvias; sin embargo, menciona que una menor área específica del tallo en el periodo lluvioso podría estar relacionada con una menor eficiencia de uso del agua y con la mayor cantidad de luz.



### Cuadro 2. Comparación de medias en volumen y área foliar de tres selecciones pitahaya.

Selecciones	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Tanith	72887.3	33444.3
Andrea	217840.2	94352.6
Rosa del sureste	66331.0	49532.0
Significancia estadística	NS	NS
CV (%)	186.1	140.7

NS= no significativo; C: V= Coeficiente de variación.

### Rendimiento

En el Cuadro 3 se muestra el rendimiento en cuatro cortes realizados durante el periodo de cosecha y el rendimiento total de cada una de las tres selecciones. Como se puede observar, a los 731 y 756 días muestra fue que Andrea y Rosa del sureste presentaron diferencia estadística significativa. Osuna (2004), en su trabajo sobre validación de un huerto de pitahaya en Sinaloa, menciona que al segundo año de establecida la huerta obtuvo un rendimiento de 3.5 t por ha, como se observa en el Cuadro 6, con la misma edad Andrea y Rosa del sureste presentaron mejores resultados en rendimiento que los mencionados por dicho autor, mientras que Tanith se manifestó por debajo del rendimiento citado por el autor.

### Cuadro 3. Rendimiento en tres Selecciones de Pitahaya de cinco años de establecidas.

Selecciones	Peso fruto (gr)	Diámetro de fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)	Numero de brácteas	Rendimiento (kg/planta)
Tanith	301a	7.74a	8.55	21	7.05a
Rosa del Sureste	322a	7.5ab	9.24	20ab	4.83ab
Andrea	163b	6.04b	7.04	19b	7.97a
Significancia estadística*	*	*	ns	*	*
% C.V.	47.6	17.48	24.55	16.68	24.31

Letras diferentes dentro de la misma columna indican medias con diferencias estadísticas significativas NS=no significativo; ( $p \leq 0.05$ ); C.V.= Coeficiente de variación



## Conclusiones

1. La selección Andrea fue menos eficiente para almacenar agua en sus tejidos que Tanith y Rosa del Sureste.
2. Para la caracterización, hasta ahora los resultados en longitud, grosor, número de brácteas, longitud y diámetro de brácteas en frutos no hay evidencias claras sobre la superioridad de alguna selección.
3. Andrea y Tanith superaron, en rendimiento, a Rosa del sureste en este año de producción.

## Literatura citada

- Andrade, J. L., E. Rengifo, M. F. Ricalde, J. L., Simá, J. C. Cervera y G. Vargas S. 2006. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agrosistema de Yucatán, México. *Agrociencia* 40:687- 697.
- Bennett, J. M., T. R. Sinclair, R. C. Muchow and S. R. Costell. 1987. Dependence of Stomatal Conductance on leaf Water Potential, Turgor Potential, and Relative Water Content in Field-Grown Soybean and Maize. *Crop Science* 27(5):984-990.
- Castillo, M. R., H. Calix y C. A. Rodríguez. 1996. Guía técnica para el cultivo de pitahaya. Universidad de Quintana Roo, INIFAP y Universidad Autónoma de Chapingo. Chetumal, México. 158 p.
- Castillo M., R., M. Livera M., A. E. Brechu F. y J. Márquez-Guzmán. 2003. Compatibilidad sexual entre dos tipos de *Hylocereus*. *Rev. Biol. Trop* 51(3-4):699-705.
- Castillo-Martínez, R., M. Livera-Muñoz y G.J. Márquez-Guzmán. 2005. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia* 39(2):183-194.
- Legaria S., J. P., Ma. E. Alvarado C. y R. Gaspar H. 2005. Diversidad genética en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth. Britton y Rose). *Revista Fitotecnia de México* 28(3):179-186.



- Meraz, A., C. Gómez y R. Schwentesius. 2003. Pitahaya de México, Producción y Comercialización en el Contexto Internacional. *In*: Flores V., C. A. (ed). p. 99-116. Pitayas y Pitahayas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, Nuevo León, México. 15 p.
- Ortiz H., Y. D. 1999. Pitahaya un nuevo cultivo para México. Limusa IPN. México. 111 p.
- Osuna, E. T. 2004. Validación de un huerto de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la zona centro de Sinaloa: fenología y determinación de madurez del fruto para cosecha. Memoria Anual, Ejercicio Operativo, 2005, 60-63.
- Yoldi, M. 2000. Compatibilidad sexual en pitahaya. Revista Claridades Agropecuarias Vol.1. México, D. F. 44 p.





## ATRIBUTOS PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE NATIVA MADERABLE *Trema micrantha* L. (Blume) EN EL SOMBREADO DE CAFETALES

Rosalío López Morgado<sup>231</sup> y Luis Eduardo García Mayoral<sup>232\*</sup>

### Resumen

Actualmente la intensificación de procesos de producción primaria de café ha reducido la diversidad biológica del agroecosistema, por lo que estudios de especies arbóreas que permitan incrementar la rentabilidad y riqueza de la biodiversidad asociada al cafetal, sobre todo en su estrato de sombreado, son relevantes. El ixpepe, *Trema micrantha*, es una especie de crecimiento rápido que prospera favorablemente en sitios perturbados, en fase de sucesión secundaria de la vegetación, por lo que de manera natural crece dentro de plantaciones de café, donde además de brindar sombra, proporciona otros productos y servicios. En este trabajo se presenta un análisis de la productividad de un cafetal durante ocho ciclos anuales de cultivo bajo manejo agroforestal, que incluyó el sombreado de *T. micrantha*, además de otras especies, en dos distribuciones espaciales: 1. Hileras sencillas con 3,333 cafetos y 278 árboles; 2. Hileras dobles con 2,666 cafetos y 333 árboles. Los datos que se utilizaron en los análisis, están referidos a la respuesta de los cafetos al sombreado de *T. micrantha* y al comportamiento de variables dasonómicas de esta especie. Rendimientos promedio de café pergamino, de 32.9 Qq/ha en hileras simples (HS) y de 23.7 Qq/ha en hileras dobles (HD), fueron registrados, debido a lo cual la productividad por hectárea en función de la densidad de cafetos, propició una diferencia estadística significativa. Mientras que los valores de las variables de altura y diámetro de fuste en diferentes edades, posibilitaron generar modelos de crecimiento de los árboles de sombra de *T. micrantha* bajo los dos arreglos de plantación, con lo cual se estimó el volumen de madera acumulado

<sup>231</sup> Instituto nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. C.E. Cotaxtla / CIRGOC.

<sup>232</sup> Instituto nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. C.E. Valles Centrales de Oaxaca/CIRPAS.  
[garcia.eduardo@inifap.gob.mx](mailto:garcia.eduardo@inifap.gob.mx)



en el tiempo y se precisaron turnos de aprovechamiento para la especie en mención. Finalizándose con un análisis financiero preliminar que permitió comparar la rentabilidad de un cafetal convencional *versus* otro bajo manejo agroforestal que comprendió el aprovechamiento maderable de *T. micrantha*.

**Palabras clave:** diversidad arbórea, rendimiento, sombra, café cereza, densidad de población.

## Introducción

El café en México se produce bajo un estrato de sombreado, en el que se mantiene una estructura arbolada, ya sea del bosque original o de especies introducidas, estimándose que el 70% del café se cultiva entre la vegetación natural, bajo los llamados sistemas sombreados (Moguel y Toledo, 2004; Toledo y Moguel, 2012), donde los productores eliminan algunos árboles, dejando entre 40 y 80% de cobertura como sombra para el cultivo (Moguel y Toledo, 1999).

Los agroecosistemas de café, con diversos estratos de vegetación y diversas especies vegetales, suscitan una cobertura arbórea compleja que ayuda a mantener una alta riqueza de especies, incluso en cafetales que se encuentran a grandes distancias de los fragmentos de bosque remanentes (Moorhead *et al.*, 2010). La diversidad de especies encontrada en los cafetales bajo sombra es similar a la encontrada en bosques naturales (García *et al.*, 2015; Tejada-Cruz y Sutherland, 2004). Sin embargo, la intensificación de los procesos de producción primaria de café impacta directamente en la biodiversidad asociada al cafetal, afectando poblaciones de especies locales (Rojas *et al.*, 2012).

En cafetales veracruzanos se han encontrado alrededor de 107 especies de árboles de sombra: 83 nativas y 24 exóticas (López-Gómez *et al.*, 2008), las que además de servir como sombra para el cultivo, conforman en conjunto una estructura arbórea que favorece ambientes apropiados para proveer refugio a diversos organismos, tanto vegetales como animales (Manson *et al.*, 2008). También mejoran la fertilidad



del suelo al aportarle materia orgánica y hojarasca, además de limitar el crecimiento de arvenses y contribuir a la conservación de agua y suelo entre otros servicios ecosistémicos (Méndez y Bacon, 2005; Moguel y Toledo, 1999; Muschler, 1999).

A pesar de su importancia en la conservación de la diversidad de árboles nativos a nivel regional, los cafetales sombreados de México y América Latina, en general, están bajo presión para que aumenten su productividad o sean transformados a otros usos del suelo (Gordon *et al.*, 2007; Guhl, 2008; Perfecto *et al.*, 2007; Rojas *et al.*, 2012). Por ello, cada vez es más importante que los cafeticultores comprendan el papel que juegan las especies asociadas a sus cafetales y cómo puede aprovecharse dicha biodiversidad, para favorecer la rentabilidad de las fincas de café (Jose, 2009; Pagiola y Ruthenberg, 2006; Perfecto *et al.*, 2007). Esta situación ha sido el punto de partida para reconsiderar el manejo técnico y aspectos socioeconómicos de los sistemas de producción de café (López *et al.*, 2008; PROMECAFÉ, 2002).

El cultivo de café bajo sombra es uno de los sistemas productivos más amigables con el entorno (Guhl, 2009) ya que, aun cuando la introducción del cultivo ha alterado los ecosistemas originales, como las selvas y los bosques de niebla, este no ha sido tan perturbador como otros usos del suelo (Ortiz y Pineda, 2008). Así, el estudio de los sistemas agroforestales de café (SAF-Café) ha ganado importancia en los últimos años (Manson *et al.*, 2008), al ser considerados como una alternativa para disminuir la degradación de los recursos base: agua, suelo y biodiversidad, en las regiones cafetaleras del país (López *et al.*, 2013b); sin embargo, aún es limitado el conocimiento sobre manejo silvícola y aprovechamiento de los árboles, así como la asociación árbol- café (Muschler, 1999).

Debido a que no existen criterios universales para seleccionar las especies apropiadas para el sombreado de cafetales, la inclusión o exclusión de alguna especie forestal maderable para conformar un dosel de sombra es un tema complejo; a nivel local, los productores seleccionan las especies para sombra con base en su conocimiento sobre los árboles y los bienes y servicios que aporta al cultivo y al hogar. Criterios como la familiaridad, la facilidad de propagación y manejo, así como la interacción benéfica con los cultivos, los usos o beneficios y el valor económico en el mercado, son los más utilizados por los productores para



seleccionar los árboles para sombra (Linkimer *et al.* 2002; Quintanar y Roa, 2015; Yépez *et al.* 2002). La capacidad para generar biomasa y la velocidad en que ésta se degrada, así como la capacidad para inhibir la presencia de “maleza” en sus cercanías, también son criterios de elección (Alcántara, 2009). Prefiriendo como árboles para sombra a especies multipropósito, que además de cumplir con el papel principal de proporcionar sombra a los cafetales, tengan la ventaja de producir alguna cosecha (Escobar, 2008).

Las especies de crecimiento rápido, llamadas “pioneras”, exigentes de claros en los ecosistemas forestales (Pennington y Sarukhan, 2012), al ser introducidas en el sombreado de cafetales, pueden alcanzar su ciclo de turno antes de los 15 años, caso contrario para las especies de crecimiento lento, también llamadas especies “clímax”, que pueden demandar más de 30 años para su aprovechamiento (Burns *et al.* 1998). *Trema micrantha*, al igual que *Coffea arabica*, presentan un modelo arquitectónico de crecimiento denominado “Roux” (Hallé, 1978; Tomlinson, 1983) el cual es característico por presentar un eje ortotrópico monopodial que muestra continuo crecimiento, atributos que propician fustes rectos, lo cual en el caso de *T. micrantha*, generaría aprovechamientos maderables.

Por lo que antecede, este trabajo busca aportar información sobre especies nativas de crecimiento rápido, como *T. micrantha*, que persisten en los cafetales, pero que es poco valorada para su posible asociación con el cultivo bajo un esquema de manejo agroforestal, lo que podría contemplarse como alternativa para incrementar la rentabilidad de la actividad mediante la diversificación productiva de la finca de café, a la vez que se preservan especies locales.

## **Materiales y métodos**

Se utilizaron los datos de crecimiento de un experimento sobre sistemas agroforestales de café (SAF-Café) con árboles de sombreado de interés forestal, establecido en las instalaciones del INIFAP, en el Sitio Experimental Teocelo,





ubicado en el municipio de Teocelo, Veracruz. La variedad de café asociada con las especies forestales fue Oro Azteca.

El experimento se estableció en bloques al azar con cuatro repeticiones, bajo un diseño factorial de tratamientos 4 x 2 en parcelas divididas, siendo los factores de estudio el espaciamiento de los cafetos y cuatro especies arbóreas de sombra. En el primero, los árboles y los cafetos se establecieron en dos arreglos espaciales: en hileras sencillas con una densidad de 3,333 cafetos  $\text{ha}^{-1}$  (2m entre líneas x 1.5m entre plantas) y 278 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (6 x 6m), el segundo arreglo fue en hileras dobles con 2,666 cafetos  $\text{ha}^{-1}$  (1.5m x 1.5m entre cafetos, formando hileras dobles y 3.5 m entre hileras dobles para formar un sistema de avenidas, donde la avenida proporciona el espacio para plantar especies forestales maderables, pudiéndose establecer en este segundo arreglo de plantación 333 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (6 x 5m). En los cafetos se registró el rendimiento de café cereza durante ocho ciclos de cultivo, en las dos densidades de plantación y bajo la sombra de diferentes especies arbóreas, entre ellas *T. micrantha*.

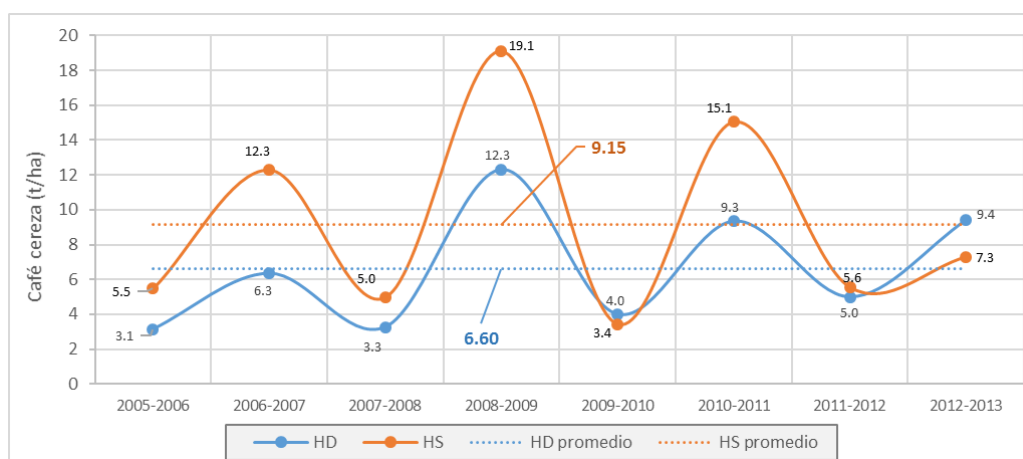
Los árboles tuvieron un manejo agroforestal que fomentó fustes rectos sin ramificaciones, a la vez que se optimizaba la productividad del cafetal al procurarse un porcentaje de sombra homogénea de alrededor del 60% (Farfán, 2017), asumiéndose que los efectos del manejo entre árboles y cafetos fue el mismo en cada arreglo. Las variables dasonómicas medidas en los árboles, se registraron a edades de 1.42, 2.42, 3.25, 5.83, 7.75 y 8.83 años, realizándose el análisis para determinar su crecimiento a través del tiempo y determinar turnos de aprovechamiento. El ajuste de los modelos de crecimiento se realizó con el PROC MODEL de SAS versión 8, mediante la adecuación de curvas no lineales (SAS, 1999). Determinándose los valores iniciales para que el programa precisara los valores de los parámetros de los modelos, lo cual es un procedimiento iterativo hasta obtener una  $r^2$  aceptable.



## Resultados y discusión

### Rendimiento de café cereza

El rendimiento fue determinado por la densidad de cafetos, donde la distribución de HS mostró un rendimiento medio de 9.1 t/ha de café cereza (32.9 Qq/ ha), superior en casi 38% a las 6.6 t/ha de café cereza (23.72 Qq/ha) obtenidas en HD (Figura 1). En ambos casos, la relación cereza-pergamino fue en promedio, durante los ocho ciclos de cosecha, de 278 kg de frutos/Qq de café pergamino. También cabe resaltar que el rendimiento promedio por planta fue mayor por 272 g en la densidad alta, lo cual podría deberse a la menor densidad de árboles y, en consecuencia, a la menor competencia por recursos.



**Figura 1. Rendimiento de café cereza en ocho ciclos de cosecha en dos arreglos espaciales.**

### Variables dasonómicas y ajuste de modelos de crecimiento

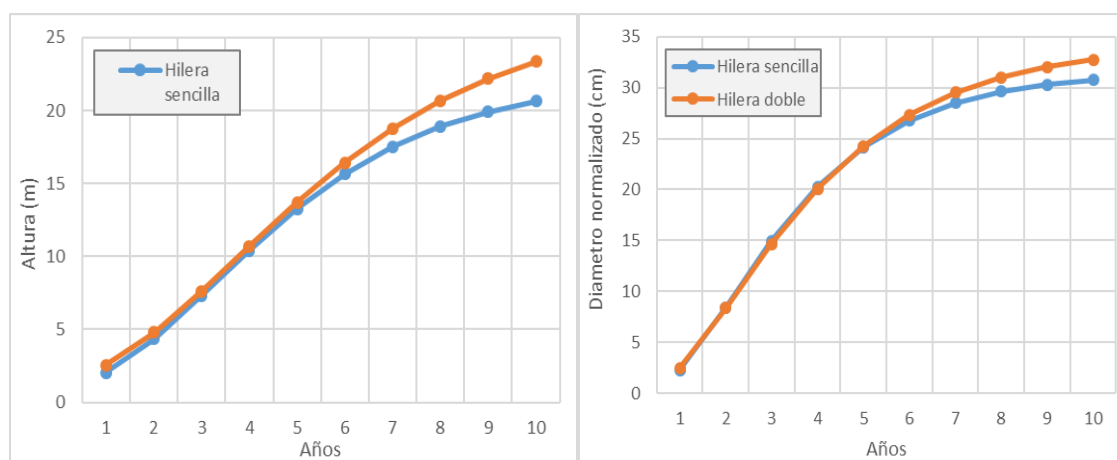
Los registros de datos sobre las variables de altura y diámetro en diferentes edades, permitieron generar modelos de crecimiento en los árboles de sombra de *T. micrantha* bajo las dos densidades de plantación. Los modelos que mejor se ajustaron en los dos arreglos de plantación fueron el de Gompertz para la variable altura y el de Chapman-Richards, para la variable diámetro a la altura del pecho, con un coeficiente de determinación por arriba de 0.93 (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Modelos de ajuste para dos variables de crecimiento de *T. micrantha* bajo diferentes arreglos espaciales del cafetal.**

Variable	Arreglo espacial	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
Altura	Hilera sencilla	$Y = 22.30941 e^{-3.505165e^{-.38158*t}}$	0.9617
	Hilera doble	$Y = 26.88675 e^{-3.228113e^{-.313248*t}}$	0.9660
Diámetro	Hilera sencilla	$Y = 31.51788(1 - e^{-0.471135*t})^{2.674672}$	0.9361
	Hilera doble	$Y = 34.22687(1 - e^{-0.399924*t})^{2.362267}$	0.9597

La especie en referencia mostró una asíntota de 22.3 m para el arreglo de 278 árboles/ha y 26.88 m (Figura 2), que se acerca al esperado de 30 metros en el arreglo de 333 árboles/ha. En las curvas de crecimiento en diámetro se observa una tendencia de continuar creciendo a mayores dimensiones; los indicadores de crecimiento de la asíntota para el diámetro son de 31.5 y 34.2 cm para los arreglos de 278 y 333 árboles por ha; sin embargo, en la literatura hay registros de individuos de hasta 70 cm (Gutiérrez y Dorantes, 2004; SIRE, 2007).



**Figura 2. Curvas de crecimiento para dos variables dasonómicas en dos arreglos espaciales.**

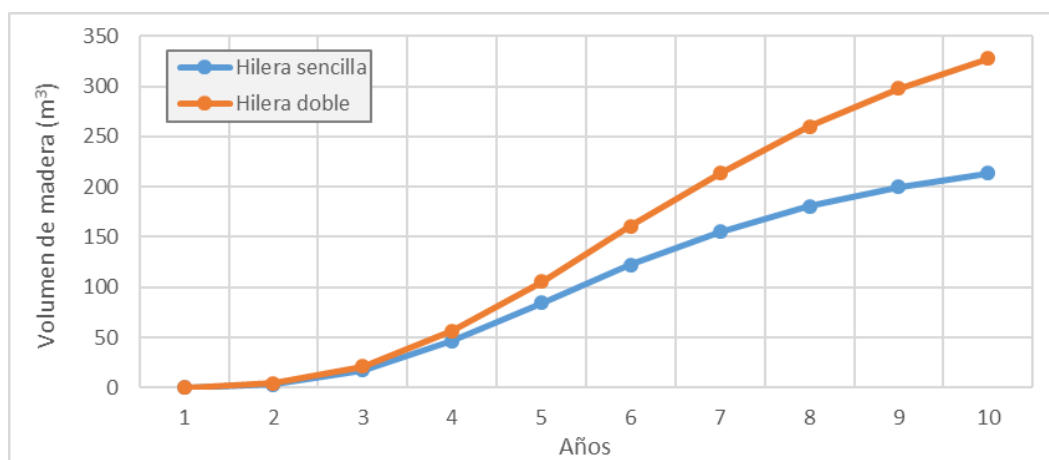
Las ecuaciones que se ajustaron a las curvas de crecimiento de altura y diámetro, pueden usarse en la toma de decisiones, respecto al uso de los árboles de sombreado del cafetal, dentro de un plan de producción de café bajo sistemas agroforestales con fines de producción de madera, adyacente a la cosecha de café cereza. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que, en poblaciones de árboles tropicales, la función del crecimiento es una expresión multivariante en espacio y



tiempo, que responde a factores endógenos y exógenos, por lo que las tasas de crecimiento varían de manera importante tanto por causas interespecíficas, como por razones de tipo intraespecífico (Ramírez *et al.*, 2009).

### Volumen de madera de *T. micrantha*

A partir de las funciones de crecimiento de altura y diámetro presentadas, se estimó el volumen promedio de madera por árbol por año y, enseguida, se multiplicó por un factor de forma de 0.5 que se ha utilizado en este tipo de estudios, al considerarse el fuste del árbol semejante a un cilindro (López *et al.*, 2013a). Posteriormente se extrapoló a hectáreas multiplicando el volumen individual por la densidad de árboles por hectárea, desde el primer hasta el décimo año que es el intervalo de edades con registro de datos en el experimento; finalmente, el cálculo resultante fue una estimación del volumen promedio de madera a través del tiempo (Figura 3).



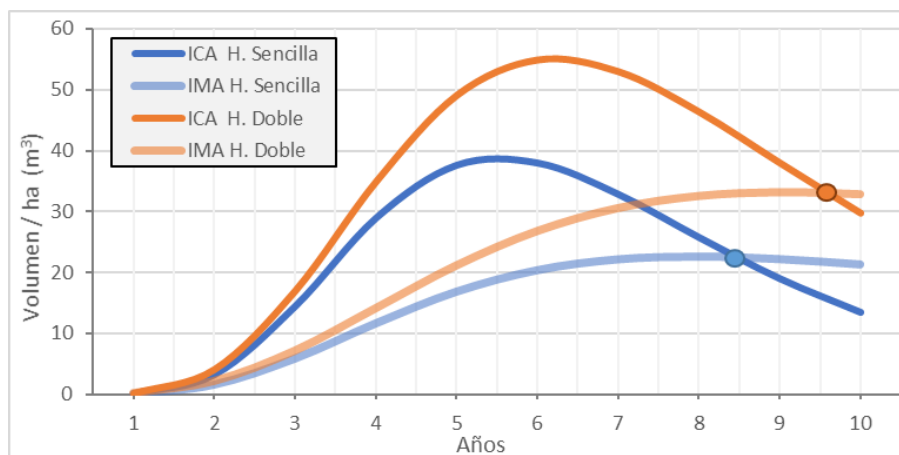
**Figura 2. Volumen de madera acumulada de *Trema micrantha* en dos densidades de plantación.**

Finalmente se determinaron las tasas absolutas de incremento corriente anual (ICA) y el incremento medio anual (IMA) en función de la edad; así como estimar el tiempo de turno en ambos arreglos (HS y HD). Así, el tiempo determinado para aprovechamiento, fue de alrededor de los 8.5 y 9.6 años, para las densidades de 278 y 333 árboles por hectárea respectivamente; ya que es cuando el ICA y el IMA se cruzan, lo cual se conoce como turno técnico para el aprovechamiento de la





plantación (Figura 3), con volúmenes acumulados de madera de 191.22 (HS) y 316.85 (HD)  $\text{m}^3/\text{ha}$ .



**Figura 3. Turno técnico de aprovechamiento de *T. micrantha* conforme al criterio de cruce del ICA y el IMA, para dos densidades de plantación.**

Se observó que los incrementos corrientes anuales se van acrecentando con el tiempo hasta un máximo, donde después comienzan a ser menores. La acumulación de madera por año es menor después del sexto año, el incremento medio anual llega a su máximo a los 8 años; posteriormente el promedio disminuye. Se estima que después del sexto año la media está por arriba de  $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ , lo cual es un punto de referencia que se tiene para la definición de plantaciones forestales comerciales de rápido crecimiento (Cossalter y Pye-Smith, 2003).

Los incrementos medios anuales (IMA) que presenta *T. micrantha*, con un poco más de  $22 \text{ m}^3/\text{ha}$ , pueden ser considerado como propios de especies de rápido crecimiento (Cossalter y Pye-Smith, 2003). El volumen individual de madera con corteza de las especies forestales está basado conforme a resultados obtenidos en especies de rápido crecimiento, para los que se emplearon coeficientes de alrededor de 0.5, cuando se aplicó la fórmula de volumen de un cilindro (Whitmore y Otárola, 1976; Xiong, 1990). El volumen comercial se estimó considerando que una troza debe tener un mínimo de 10 cm de diámetro para que sea una dimensión comercial; en función a esto, se restó la parte de trozos que tenían menos de ese diámetro (alrededor del 20%). Cabe recalcar que las estimaciones de variables dasonómicas están íntimamente ligadas a las condiciones de ambiente del Sitio

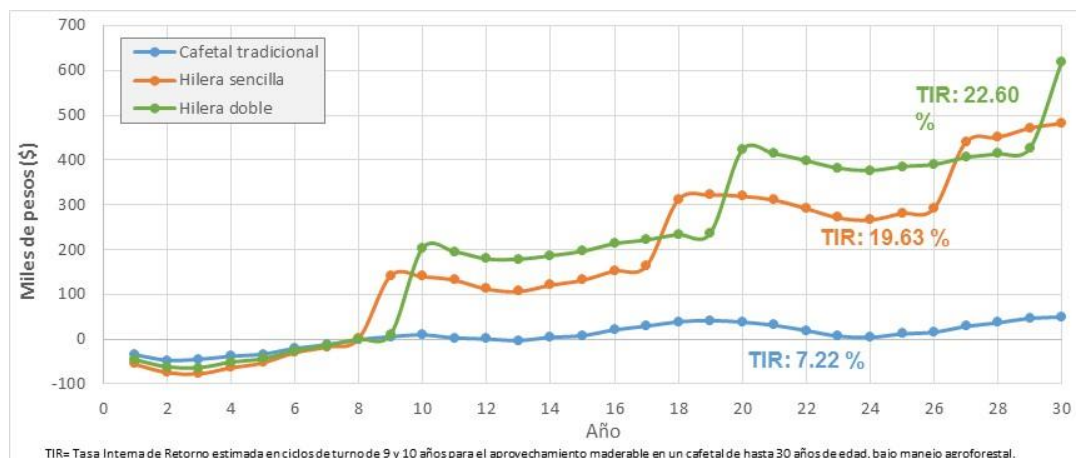


Experimental Teocelo, así como a los arreglos de plantación y su interacción con los cafetos que rodean los árboles, cuyos datos obtenidos se reflejan en los resultados de crecimiento promedio.

Se destacan los resultados relacionados con *T. micrantha* por ser la especie nativa en el experimento, además de suponer facilidad para transferir sus bondades tecnológicas ante el amplio conocimiento regional de la especie y su presencia alta en los cafetales de la zona centro del estado de Veracruz y del país (López *et al.*, 2013b). Su distribución se extiende desde el sur de Florida hasta Colombia y Venezuela en Sudamérica.

### **Análisis financiero**

Se analizaron los dos arreglos de plantación en el SAF-Café, así como un cafetal con manejo tradicional (sin aprovechamiento forestal), generándose un análisis de rentabilidad considerando los ingresos obtenidos por la producción de café cereza y la producción de madera a través del tiempo. El valor comercial de la madera se estimó en \$3.00 por pie tabla, el cual es alrededor de la mitad del valor promedio en la región para una especie de alto valor maderable. Se puede observar que en ambos sistemas los primeros ingresos netos se obtienen a los ocho años de establecido el cafetal, debido al alto costo de establecimiento y el inicio de la producción hasta el año tres. Los SAF-Café con sombra, de *T. micrantha*, generan un flujo de efectivo considerable al momento de su aprovechamiento maderable; la corrida financiera consideró 30 años de un cafetal productivo bajo manejo agroforestal (López *et al.*, 2013a), encontrándose ingresos al turno de aprovechamiento de \$127,200.00 y \$190,800.00 para las densidades de 278 y 333 árboles por hectárea respectivamente. La tasa interna de retorno (TIR) del cafetal tradicional fue la más baja (7.22%), incrementándose alrededor de tres veces más, en los sistemas bajo manejo agroforestal (Figura 4).



**Figura 4. Comportamiento de la tasa interna a través de un periodo de 30 años respecto a la producción de madera en un SAF-Café con sombra predominante de *Trema micrantha*.**

Es preciso mencionar que *T. micrantha*, como especie de crecimiento rápido, presenta ventajas económicas, principalmente por el tiempo para la obtención de ingresos, si se compara con especies de alto valor maderable (preciosas tropicales) que tardarían alrededor de 25 a 30 años para su turno de aprovechamiento; asimismo, presenta menor riesgo de inversión si se considera como una plantación forestal comercial debido a la alta resiliencia a plagas o catástrofes ambientales, por ser una especie nativa.

Los resultados confirman la naturaleza de crecimiento rápido de *T. micrantha*, con incrementos anuales mayores a 20 m<sup>3</sup> por ha, mientras que el análisis financiero permite comparar la rentabilidad de un cafetal convencional con otro bajo manejo agroforestal con aprovechamiento maderable de *T. micrantha*, observándose que la TIR tuvo incrementos de 7.22 % a 19.63 % y a 22.60 % en HS e HD respectivamente.

## Conclusiones

1. Las curvas de crecimiento presentaron buen ajuste a los modelos utilizados en los dos diferentes arreglos de plantación dentro de un sistema agroforestal de café (SAF-Café)



2. Es preciso asentar la trascendencia que tienen este tipo de investigaciones, ya que permiten generar planteamientos en el uso de especies forestales maderables y predecir el rendimiento forestal en volúmenes de madera por hectárea, conforme a las especies establecidas en la plantación para conformar el estrato de sombreado, compuesto en su mayor parte por árboles maderables, como un componente tecnológico a fin de lograr mayor eficacia en la productividad y rentabilidad de la finca de café.
3. Las prácticas silvícolas que el cafeticultor hace sobre el recurso forestal de la finca se limitan al aprovechamiento selectivo de los individuos con valor comercial.
4. El manejo silvícola del rodal coetáneo que conforma el estrato de sombreado, ayuda a mejorar la productividad y rentabilidad de la finca, al mismo tiempo que contribuye con la conservación de especies forestales maderables que formaron parte del bosque primario que el cafetal sustituyó.

### Literatura citada

- Alcántara M., O. 2009. Conocimiento ecológico local relacionado con el manejo de agroecosistemas cafetaleros en el centro de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 93 p.
- Burns, R. M., M. S. Mosquera y J. L. Whitmore. 1998. Árboles útiles de la región de América del Norte. Comisión Forestal de América del Norte. Publicación No. 3. Washington, D. C., EE-UU. 291 p.
- Cossalter, C. and C. Pye-Smith. 2003. Fast-Wood Forestry. Myths and Realities. Center for International Forestry Research (CIFOR). Jakarta, Indonesia. 50 p.
- Escobar B. G. 2008. El sombrío en los cafetales: un sistema, una estrategia para la seguridad alimentaria. p: 258-296. *In*: Memorias Concurso redSan 2007. Iniciativa Americalatina y Caribe sin hambre. FAO. Santiago, Chile.
- Farfán, 2007. Producción de café en sistemas agroforestales. p. 161-200 *In*: Arcila P. J., V. F. Farfan, B. A. Moreno, G. L. F. Salazar y G. E. Hincapié (ed). Sistemas de producción de café en Colombia. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Chinchiná, Cenicafé.





- García M., L. E., J. I. Valdez H., M. Luna C. y R. López M. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21(3):69-82.
- Gordon, C., R. Manson, J. Sundberg and A. Cruz-Angón. 2007. Biodiversity, profitability, and vegetation structure in a Mexican coffee agroecosystem. *Agriculture, ecosystems & environment* 118(1-4):256-266.
- Guhl, A. 2009. Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales* 32:114-125.
- Gutiérrez, C. L. y J. Dorantes L. 2004. Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz: potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, con opción para establecer plantaciones forestales comerciales. CONAFOR-CONACYT-Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 378 p.
- Hallé, F., R. A. A. Oldeman and P. B. Tomlinson. 1978. *Tropical Trees and Forests. An Architectural Analysis*. Springer, Berlín. 441 p.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76:1-10.
- Linkimer, M., T. Benjamín, C. Harvey y R. Muschler. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36):37-43.
- López, M. R., G. J. Salazar y P. G. Díaz. 2008. Producción de café bajo sistemas agroforestales (SAF-café): resultados experimentales. p. 123-132. *In: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Libro Científico No. 5. Veracruz, México.
- López-Morgado, R., G. Díaz P., J. G. Salazar G., R. A. Guajardo P., J. L. Martínez R. y L. E. García. 2013b. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 183 p.
- López, M. R., J. M. P. Vázquez Alvarado, R. Martínez Vera y M. A. López Ramírez. 2013a. Rentabilidad de fincas de café. p. 423-460. *In: R. López M., G. Díaz P., A. Zamarripa C. (ed.) El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz.



- López-Gómez, A. M., G. Williams-Linera and R. H. Manson. 2008. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124:160-172.
- Manson, R. H., A. Contreras, F. López-Barrera. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. p. 1-14. *In*: Manson R., H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (ed.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. INECOL-INE. México, D.F.
- Méndez, V. E. y C. Bacon. 2005. Medios de vida y conservación de la biodiversidad arbórea: las experiencias de las cooperativas cafetaleras en El Salvador y Nicaragua. *LEISA Revista de Agroecología* 20:27-30.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43:40-51.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*. 13: 11-21.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:2-7.
- Moorhead, L. C., S. M. Philpott and P. Bichier. 2010. Epiphyte biodiversity in the Coffee agricultural matrix: Canopy stratification and distance from forest fragments. *Conservation Biology* 24(3):737-746.
- Muschler, R. G. 1999. Árboles en cafetales. Proyecto Agroforestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)- Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Materiales de enseñanza Núm. 45. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Ortiz, C. G. y M. R. Pineda L. 2008. Las fincas de café: sitios de conservación *In Situ* de biodiversidad. p.231-249. *In*: Díaz-Fleischer, F., J. Galindo-González, L. R. Sanchez-Velázquez (ed.). *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Pagiola, S. y I.M. Ruthenberg. 2006. La venta de biodiversidad en una taza de café: el café de sombra y la conservación forestal en Mesoamérica. p. 207-240. *In*: Pagiola, S., J. Bishop y N. Landell-Mills (ed.). *La venta de los servicios ambientales forestales*. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México, México.



- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2012. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de especies. 3ra. Edición. Fondo de Cultura Económica - Ediciones Científicas Universitarias-UNAM. México, D. F. 523 p.
- Perfecto, I., I. Armbrecht, S. M. Philpott, L. Soto-Pinto and T. V. Dietsch. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. p. 225-261. *In*: Tschardtke, T., C. Leuschner, M. Zeller and E. Guhardja (ed.) Stability of Tropical Rainforest Margins. Springer Berlin Heidelberg, Alemania.
- PROMECAFÉ. 2002. La diversificación productiva en fincas de café. Boletín PROMECAPÉ 94:1.
- Quintanar, O. J. y D. R. Roa. 2015. Selección y establecimiento de árboles para sombra en la zona cafetalera de Coatepec, Veracruz. p. 456-459. *In*: Martínez, H. J. (coord.). Memorias de la XXVII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Ramírez, A. H., M. Acevedo, M. Ataroff y A. Torres L. 2009. Crecimiento diamétrico de especies arbóreas en un bosque estacional de los llanos occidentales de Venezuela. ECOTRÓPICOS 22(2):46-63.
- Rojas S., A., K. Hartman, U. y R. Almonacid, M. 2012. El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. Ambiente y Desarrollo 16(30):93-104.
- SAS Institute Inc. 1999. ETS User's Guide, Version 8. Cary, NC, USA. 1546 pp.
- SIRE (Sistema de Información para la Reforestación). 2007. SIRE-Paquetes Tecnológicos. Ficha técnica para la reforestación. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn. CONAFOR-CONABIO.  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/878Acrocarpus%20fraxinifolius.pdf> (Consultado:18/06/2013).
- Tejeda-Cruz, C. y W. J. Sutherland. 2004. Bird responses to shade coffee production. Animal Conservation 7(2):169-179.
- Toledo, V. M. y P. Moguel. 2012. Coffee and Sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. Journal of Sustainable Agriculture 36(3):353-377.
- Tomlinson, P.B. 1983. Tree architecture. American Science 71:141-149.
- Whitmore, J L. y A. Otárola T. 1976. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. Turrialba 26(2):201-204.



Xiong, Y. G.1990. Final technical report of Paulownia project (phase II). The Chinese Academy of Forestry. International Development Research Centre (IDRC), Canada.

<http://archive.idrc.ca/library/document/086352/> (Consultado:18- junio- 2013).

Yépez C., R. Muschler, T. Benjamín y M. Musálem. 2002. Selección de especies para sombra en cafetales diversificados de Chiapas, México. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36):10.





## CRECIMIENTO INICIAL EN DIÁMETRO Y ALTURA DEL CLON IAN-710 DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.

Carlos Rutilio Monroy Rivera<sup>233\*</sup>, Olga Santiago Trinidad<sup>233</sup>, Edgar Hernández Máximo<sup>233</sup> y Rolando Misael Tlaxcala Méndez<sup>233</sup>

### Resumen

La supervivencia y el establecimiento de las plantas en campo están condicionadas por las características fisiológicas y morfológicas de la especie, en combinación con los factores ambientales. En este trabajo se evaluó el crecimiento de las plantas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. producidas en vivero bajo once tratamientos formados por cinco mezclas de sustratos, dos tamaños de contenedor y un testigo. El experimento se estableció en campo con un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. A nivel tratamiento, las variables evaluadas fueron crecimiento en altura y diámetro, para esas dos variables después de 23 meses en campo. Las relaciones funcionales diámetro-altura, edad-altura y edad-diámetro, fueron ajustadas al modelo Korsun no lineal para el tratamiento de mayor y menor crecimiento, con los mejores ajustes en sus parámetros. El modelo de predicción utilizado, para la estimación de los crecimientos presentó un ajuste aceptable al patrón de crecimiento en altura y diámetro de los datos registrados en campo para el clon de hule IAN-710 en el área de estudio.

**Palabras clave:** mezclas de sustratos, tratamientos, modelo Korsun.

---

<sup>233</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental El Palmar. Km 16 Carr. Tezonapa-El Palmar. Tezonapa, Veracruz, México. \*[monroy.carlos@inifap.gob.mx](mailto:monroy.carlos@inifap.gob.mx)



## Introducción

El árbol del hule, *Hevea brasiliensis* Müll.Arg., pertenece a la familia Euphorbiaceae y es un importante cultivo comercial que se establece, principalmente, para la producción de látex y, como producto secundario, la madera. Es la principal especie arbórea que se cultiva comercialmente para la industria del hule, ya que suministra más del 99% del consumo mundial de hule natural (De Burger *et al.*, 1995). Se utiliza para la producción de más de 40,000 productos, incluyendo 400 dispositivos médicos (Mooibroek y Cornish, 2000), pero la mayor demanda es de la industria llantera. Es una materia prima insustituible debido a su estructura molecular y de alto peso molecular ( $>10^6$  daltonss), que le dan la capacidad de elasticidad, resistencia a la abrasión y al impacto, características que no se pueden obtener fácilmente con polímeros artificiales (Priyadarshan *et al.*, 2009). Se cultiva en las zonas tropicales húmedas que, por lo general, presentan condiciones propicias para el establecimiento de plantaciones comerciales, principalmente en lugares con lluvias bien distribuidas y precipitación promedio anual de 1450 a 3000 mm (Compagnon, 1998; INIFAP, 2008; Priyadarshan *et al.* 2009). La calidad de los materiales es la columna vertebral de cualquier cultivo de plantación; esto es más pertinente en el hule teniendo en cuenta su largo período pre-productivo (5 a 9 años) y la vida económica productiva (30 años promedio); es por ello que se establecen materiales injertados, de alto rendimiento y que reduzcan el tiempo de preproducción, mismos que son seleccionados de acuerdo a la zona de plantación (Priyadarshan *et al.*, 2009; Ribeiro y Cassia, 2002).

El hule, en México, es uno de los cultivos con gran potencial, ya que reúne todos los requisitos para desarrollarse sustentablemente en lo ambiental, social y económico. Permite la recuperación de suelos con diferentes niveles de degradación. El cultivo requiere de una gran cantidad de mano de obra y es accesible al pequeño productor, en sistemas de bajo costo como los sistemas agroforestales. Sin embargo, aún es incipiente la información sobre el comportamiento de la especie bajo diferentes formas de producción, tamaños de contenedor, sustratos y, en general, estándares de calidad de planta. El conocimiento del desempeño de la



especie, tanto en vivero como en plantación, permitirá establecer plantaciones con mayor tasa de supervivencia, mejor desempeño y rendimiento, mejorando la rentabilidad del cultivo y fomentando el establecimiento de las plantaciones. En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue estimar los crecimientos de plantas injertadas de *H. brasiliensis* del clon de hule IAN-710 mediante el ajuste de modelos de predicción.

## Materiales y métodos

**Ubicación del experimento.** El experimento se estableció en el Campo Experimental “El Palmar” del Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Tezonapa, Veracruz, México, localizado en el km 16 de la carretera municipal Tezonapa-Palmar (18° 31' 13" N y 96° 47' 40" O y 180 m de altitud). La temperatura media anual de la región es de 24°C. En el periodo que va de 2009 a 2014 se registró una precipitación de 11,390 mm, equivalente a 1,898 mm anuales; en la estación invernal se observó una precipitación promedio de 43 mm durante un periodo de cinco años (2009-2013).

**Establecimiento y diseño experimental.** La planta que se utilizó en el experimento se produjo en dos tamaños de contenedor y cinco mezclas de sustratos, con un testigo en bolsa de plástico y tierra como sustrato. Para el establecimiento de la plantación, el terreno se preparó retirando las malezas en forma mecánica y con el paso de una rastra para remover el suelo, posteriormente se realizó el trazado y balizado. Las plantas se establecieron bajo un diseño de marco real con una distancia de 6 m entre filas y 3 m entre plantas.

El experimento se estableció en noviembre del 2012 y se distribuyeron 11 tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento. En cada bloque se establecieron 10 plantas por cada tratamiento. Para evitar el efecto de orilla, en el perímetro de todo el experimento se colocó una hilera de plantas (bordo). En el Cuadro 1 se describen los tratamientos bajo los que



se produjeron las plantas en vivero y que posteriormente se establecieron en campo. Cabe mencionar que las plantas en vivero se produjeron en 11 tratamientos, pero para fines de este trabajo solo se considero el tratamiento de mayor y menor crecimiento, lo cuales fueron el T<sub>9</sub> compuesto por 25% de cachaza y 75% cascarilla de café composteados y T<sub>3</sub> con 75% de cachaza y 25% de cascarilla de café composteadas producidas en contenedor de 2 L, respectivamente.

**Cuadro 7. Descripción de los tratamientos establecidos en campo de plantas de *H. brasiliensis* producidas en diferentes sustratos y tamaños de contenedor.**

Tratamientos	Tamaño de contenedor	Sustratos			
		Turba (%)	Fibra de coco (%)	Vermiculita y agrolita (%)	Compostas de cachaza y cascarilla de café (%)
T <sub>1</sub>	1.5 L	50		30 + 20	
T <sub>2</sub>	1.5 L		50	30 + 20	
T <sub>3</sub>	1.5 L				75 + 25
T <sub>4</sub>	1.5 L				50 + 50
T <sub>5</sub>	1.5 L				25 + 75
T <sub>6</sub>	2.0 L	50		30 + 20	
T <sub>7</sub>	2.0 L		50	30 + 20	
T <sub>8</sub>	2.0 L				75 + 25
T <sub>9</sub>	2.0 L				50 + 50
T <sub>10</sub>	2.0 L				25 + 75
T <sub>11</sub> (Testigo)	Bolsa de polietileno negro (5 L)	100% tierra			

**Variables evaluadas.** Las mediciones se realizaron a los 5, 8, 11, 14, 17, 20 y 23 meses, las cuales fueron utilizadas en el ajuste de los modelos de predicción del crecimiento donde se incluyó el diámetro a cuello y altura total de cada una de las plantas por tratamiento. Se utilizó el paquete de análisis de datos STATISTICA 8.0 (1992) para Windows. Las ecuaciones de regresión fueron elegidas de acuerdo a los mejores valores de bondad de ajuste (Proporción de varianza, C.V. y R.).

## Resultados y discusión

A los 17 meses, después del establecimiento de la plantación, el mayor crecimiento en altura se presentó en el T<sub>9</sub>, compuesto por 25% de cachaza y 75% cascarilla de

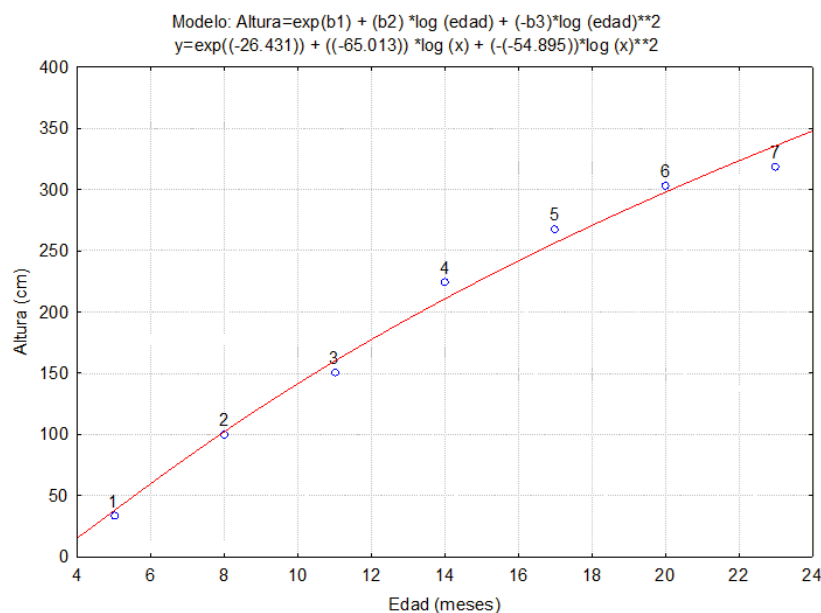




café composteados con 3.21 m, seguido del T<sub>11</sub> (testigo) con 3.09 m, pero éste no fue diferente de los tratamientos T<sub>1</sub> (50% turba) y T<sub>4</sub> (50% de compostas), con 3.01 y 3.03 m respectivamente. Estos crecimientos están 35% por debajo de los reportados en Colombia con el mismo clon (IAN-710), donde a los 12 meses alcanzaron una altura de 4.97 m (Vélez y Nieto, 2013). Diferentes autores coinciden en que además del manejo que se le da a la plantación, el crecimiento y rendimiento de los árboles de hule dependen del genotipo, condiciones climáticas y del suelo, principalmente la humedad, determinante para la absorción de nutrientes que se da en la capa superficial en la época de lluvias y en las capas más profundas en la temporada de escasez de agua (Goncalves, 2001; Sanjeeva *et al.*, 1998).

### **Función altura-edad**

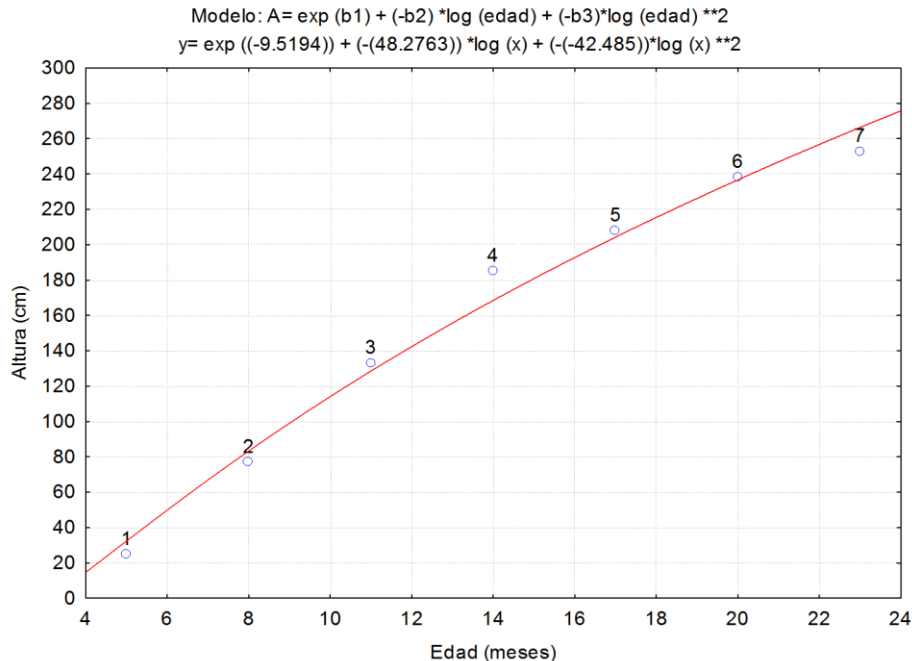
Los datos registrados del tratamiento T<sub>9</sub>, como el mejor tratamiento, fueron la base para realizar el ajuste de la función no lineal edad-altura representado por el modelo propuesto por Korsun (Oliver y Larson, 1990). Los datos altura-edad, mediante análisis de regresión, indicaron evidencia altamente significativa de la relación existente entre el crecimiento en altura y la variable edad expresada en forma no lineal para *H. brasiliensis*, lo cual fue indicado por los intervalos de confianza de los coeficientes de regresión del modelo, con valores numéricos al 95%, así como por la proporción de varianza explicada, que fue de un 98.95% y con un coeficiente de correlación de 99. La ecuación de crecimiento elegida del tratamiento T<sub>9</sub> genera una curva de crecimiento que estima la altura esperada de los cinco a los 23 meses de edad de la plantación del árbol de hule en el área de estudio (Figura 1).



**Figura 1. Relación entre la altura y la edad para el tratamiento T<sub>9</sub> del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

La ecuación indica un crecimiento en altura de 3.5 metros a los 24 meses de edad, con un elevado nivel de precisión. Los datos altura-edad del tratamiento T<sub>3</sub>, mediante análisis de regresión, indicaron evidencia altamente significativa de la relación existente entre el crecimiento en altura y la variable edad, expresada en forma no lineal para *H. brasiliensis*, lo cual fue indicado por los intervalos de confianza de los coeficientes de regresión del modelo, con valores numéricos al 95%, así como por la proporción de varianza explicada, que fue de un 98.64% y con un coeficiente de correlación de 99.0.

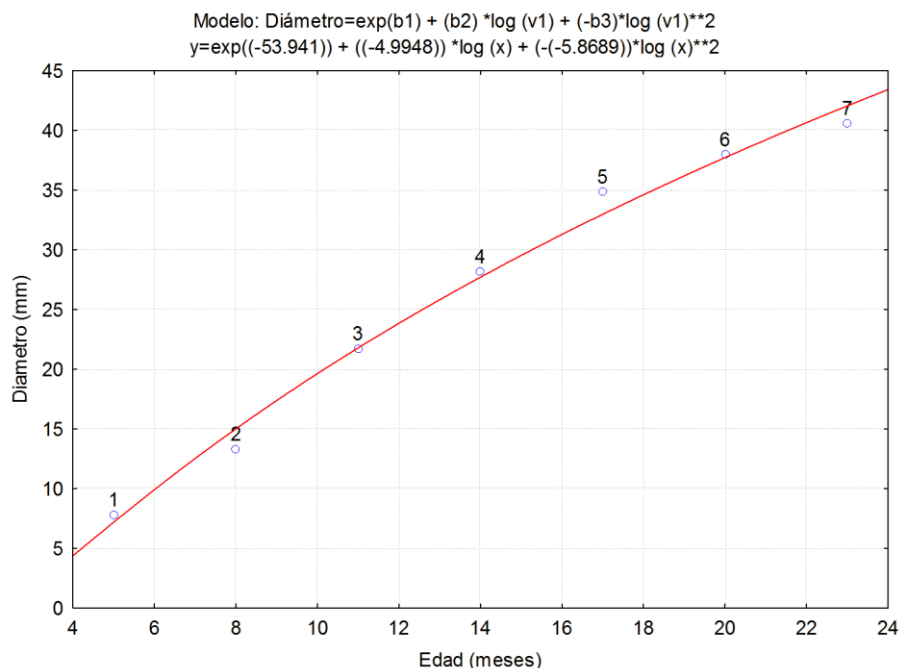
La ecuación de crecimiento elegida del tratamiento T<sub>3</sub> genera una curva de crecimiento que predice la altura esperada de los cinco a los 23 meses de edad de la plantación del árbol de hule en el área de estudio (Figura 2). La ecuación estima un crecimiento en altura de 2.7 metros a los 24 meses de edad, con un elevado nivel de precisión, una diferencia de 80 cm, menor que el tratamiento T<sub>9</sub>.



**Figura 2. Relación entre la altura y la edad para el tratamiento T<sub>3</sub>, del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

### **Función diámetro-edad**

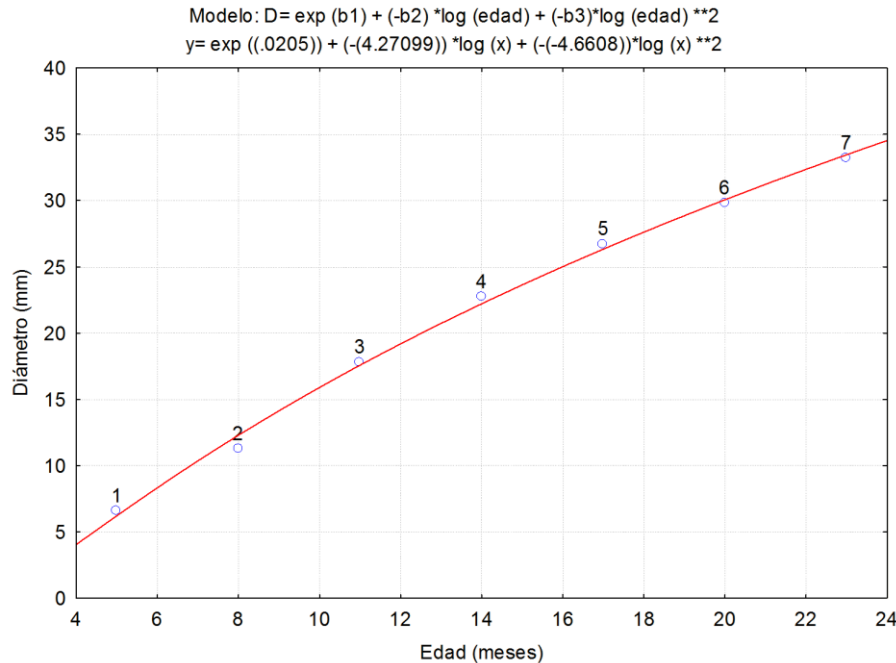
De forma paralela, para el tratamiento T<sub>9</sub>, los resultados de los datos diámetro-edad mediante análisis de regresión indicaron evidencia altamente significativa de la relación existente entre el crecimiento en diámetro y la variable edad expresada en forma no lineal para *H. brasiliensis*, lo cual fue indicado por los intervalos de confianza de los coeficientes de regresión del modelo, con valores numéricos al 95%, así como por la proporción de varianza explicada, que fue de un 99.03% y con un coeficiente de correlación de 99.51. En la Figura 3 se observa una confiable predicción del modelo a partir de los cinco meses de edad y hasta 24 meses, con un diámetro estimado de 4.4 cm al cuello de la planta al final del período de medición, para el tratamiento T<sub>9</sub>.



**Figura 3. Relación entre el diámetro y la edad para el tratamiento T<sub>9</sub> del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

Para el tratamiento T<sub>3</sub>, los resultados de los datos diámetro-edad mediante análisis de regresión indicaron evidencia altamente significativa de la relación existente entre el crecimiento en diámetro y la variable edad expresada en forma no lineal para *H. brasiliensis*, lo cual fue indicado por los intervalos de confianza de los coeficientes de regresión del modelo, con valores numéricos al 95%, así como por la proporción de varianza explicada, que fue de un 99.68% y con un coeficiente de correlación de 99.51. En la Figura 4, se observa una confiable predicción del modelo a partir de los cinco meses de edad y hasta 24 meses, con un diámetro estimado de 3.3 cm al cuello de la planta al final del período de medición, para el tratamiento T<sub>3</sub>.





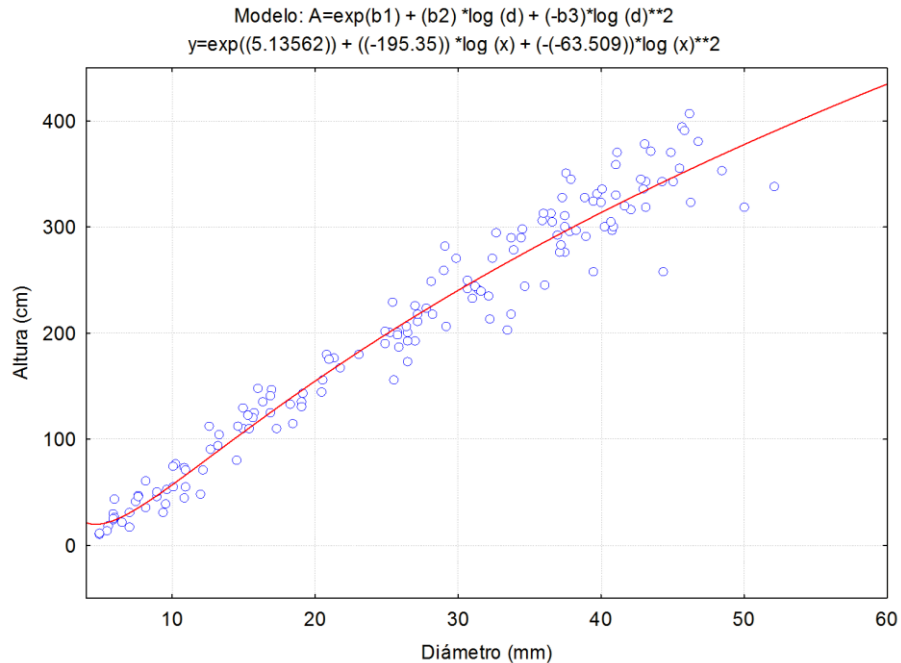
**Figura 4. Relación entre el diámetro y la edad para el tratamiento T<sub>3</sub> del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

### **Función diámetro-altura**

La curva hipsométrica resultante del ajuste de los datos altura-diámetro mediante regresión, está representado por el modelo:

$$A = \exp(5.13562) + (-195.35) \cdot \log(d) + (-63.509) \cdot \log(d)^{**2}$$

Este modelo presentó una proporción de varianza explicada del 95.64% y un coeficiente de correlación de 97.79, que genera una curva que representa la predicción de la altura en función del diámetro para la especie en estudio. En relación a los parámetros obtenidos, los resultados del ajuste no lineal señalan que existe evidencia altamente significativa de que los parámetros estimados b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub>, contribuyen al ajuste del modelo elegido. En la Figura 5 se presenta la relación entre la altura y el diámetro, expresado a través de una curva ajustada que fue la que mejor representó el comportamiento de la variable dependiente.

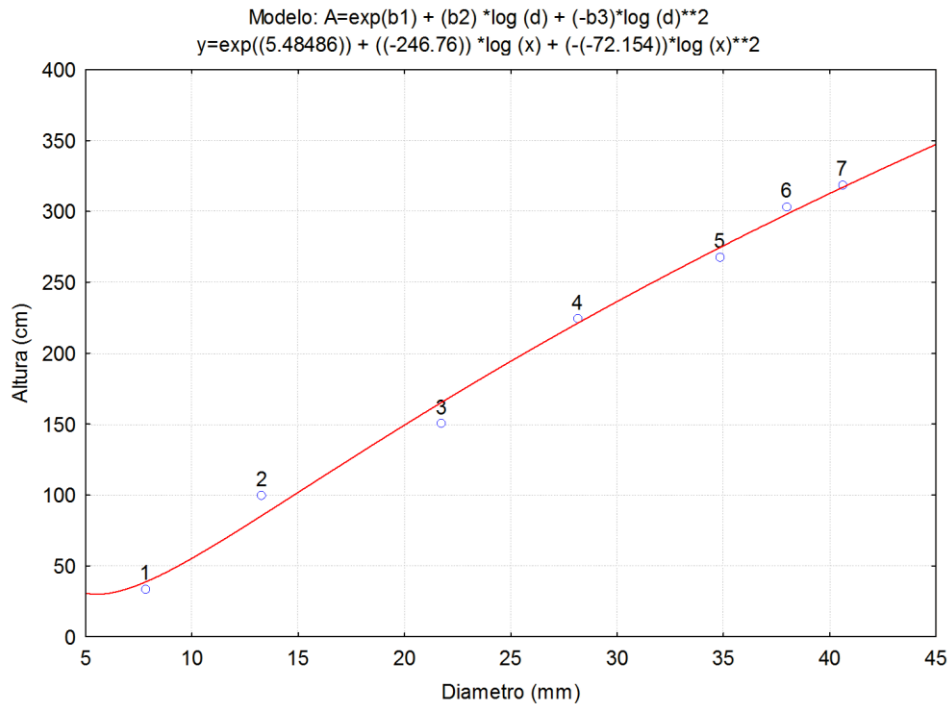


**Figura 5. Relación entre la altura y el diámetro del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

La curva hipsométrica resultante del ajuste de los datos altura-diámetro mediante regresión, está representado por el modelo:

$$y = \exp((5.48486)) + ((-246.76)) \cdot \log(x) + (-(-72.154)) \cdot \log(x)^2$$

Este modelo presentó una proporción de varianza explicada del 99.24% y un coeficiente de correlación de 99.62, que genera una curva que representa la predicción de la altura en función del diámetro para la especie en estudio. En relación a los parámetros obtenidos, los resultados del ajuste no lineal señalan que existe evidencia altamente significativa de que los parámetros estimados  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ , contribuyen al ajuste del modelo elegido.



**Figura 6. Curva hipsométrica de la altura en función del diámetro del clon de hule (*H. brasiliensis*) IAN-710, en Veracruz, México.**

## Conclusiones

1. El ajuste de los modelos no lineales de crecimiento, generados para el clon de hule IAN-710, representan la tendencia de desarrollo en altura, diámetro en función de la edad y la función diámetro-altura estimados de los 5 a los 23 meses de establecida la plantación en campo.
2. Cada curva representa el valor promedio esperado de crecimiento en etapas iniciales para los tratamientos  $T_9$  y  $T_3$ , con el sustrato utilizado en la etapa de vivero.
3. El modelo de predicción utilizado, para la estimación de los crecimientos, presentó un ajuste aceptable al patrón de crecimiento en altura y diámetro de los datos registrados en campo para el clon de hule IAN-710 en el área de estudio.



## Literatura citada

- Compagnon, P. 1998. El caucho Natural, biología-cultivo-producción. Consejo Mexicano del hule-CIRAD. México, D.F.
- De Burger, K., V. Haridasan, H. P. Smit, R. G. Unni and W. Zant. 1995. The Indian Rubber Economy: History, Analysis and Policy Perspectives. Manohar Publishers. New Delhi. 233 p.
- Goncalves, P. S., N. Bartonelo, E. L. Furtado., R. Sambugaro and O. C. Bataglia. 2001. Desempenho de clones de siringueira da serie IAC 300 selecionados para a regioo noroeste do Estado de Sao Paulo. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira 36(4):589-599.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Potencial productivo del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Agromapas <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/>. (23 mayo de 2019).
- Mooibroek, H. and K. Cornish. 2000. Alternative sources of natural rubber. Applied Microbiology and Biotechnology 53:355–365.
- Oliver, C.D. and B.C. Larson. 1990. Forest Stand Dynamics. McGraw-Hill.Inc. New York. 67 p.
- Priyadarshan, P. M., P. S. Goncalves and K. O. Omokhafe. 2009. Breeding *Hevea rubber*, Chapter 13. In: Jain, S. M. and P. M. Priyadarshan (eds.). p. 469-484. Breeding Plantation Tree Crops. Tropical Species. Rubber Research Institute of India. Kerala, India.
- Ribeiro, C. y C. E. Cassia. 2002. Desempenho de cinco clones jovens de siringueira na regioo do planalto occidental Paulista. Bragantia 61(3):237-245.
- Sanjeeva, R. P., C. K. Saraswathyamma and M.R. Sethuraj. 1998. Studies on the relationships between yield and meteorological parameters of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). Agricultural and Forest Meteorology 90:235-245.
- STATISTICA 8.0. 1992. Analisis software Tulsa: StatSoftTM
- Vélez S., D. y V. Nieto R. 2013. Desempeño inicial de los clones de chaucho en el municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. Colombia Forestal 16(2):186-199.



# Acuicola





## HISTORIA DE VIDA DE *Poecilia catemacensis*

Marcos Hernández López<sup>234</sup>, María Isabel Jiménez García<sup>234\*</sup>, Leonardo Navarro Ángulo<sup>235</sup>,  
Luis Alfredo Ortega Clemente<sup>234</sup> y Carlos Iván Pérez Rostro<sup>234</sup>

### Resumen

*Poecilia catemacensis* es una especie amenazada, en estado de vulnerabilidad y endémico del lago de Catemaco, Veracruz, México. Sin embargo, su información se ve limitada a datos puntuales de su biología y pesquerías, no existiendo datos sobre su biología reproductiva. Por tanto, se determinó la edad, longitud y peso a la que hembras y machos alcanzan la madurez sexual, fertilidad y fecundidad, e índice de condición bajo condiciones de laboratorio semicontroladas. Se seleccionaron 10 lotes de reproductores a razón 3:1 (hembras y machos), las cuales procedían de organismos nacidos en cautiverio de un año de edad. Colocándose en un sistema de recirculación acuícola, obteniéndose 14 camadas con un tamaño promedio de  $9.5 \pm 7.1$  crías por camada. Las crías se alimentaron tres veces al día, realizándose biometrías cada dos semanas hasta alcanzar su maduración sexual. La edad promedio de maduración sexual en machos fue de  $19.0 \pm 4.0$  semanas y  $21.5 \pm 2.1$  semanas en hembras. La longitud y peso promedios al alcanzar la madurez sexual fue de  $46.4 \pm 5.1$  mm y  $3.8 \pm 0.6$  g en hembras y  $43.1 \pm 5.4$  mm,  $3.37 \pm 0.75$  g en machos. La fecundidad de las hembras fue de  $44.6 \pm 15.8$  ovas y la fertilidad de  $3.7 \pm 3.26$  embriones. Encontrándose una correlación negativa entre el índice de condición con la fecundidad ( $p < 0.001$ ) y fertilidad ( $p < 0.001$ ). Los datos obtenidos en esta investigación integran por vez primera información concerniente a las historia de vida de *P. catemacensis*, lo cual es un requisito básico indispensable para poder continuar con estudios que pretendan abordar aspectos para el aprovechamiento de poblaciones naturales, desarrollo de estrategias de conservación,

<sup>234</sup> Instituto Tecnológico Nacional de México, Sede Boca del Río. \*[isajim09@yahoo.com.mx](mailto:isajim09@yahoo.com.mx)

<sup>235</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



establecimiento de relaciones entre taxones, así como información acerca de la influencia de las condiciones ambientales en la estructura poblacional de la especie y comprender posibles estrategias biológicas o en su caso, evidenciar patrones biológicos que estén ligados al éxito adaptativo de ésta especie.

**Palabras clave:** *Poeciliidae*, biología reproductiva, ovovivíparo

## Introducción

El lago de Catemaco se encuentra ubicado en el sureste de México en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, posee un paisaje y biodiversidad que resulta un recurso valioso para los pobladores locales, debido a la generación de empleos e ingresos relacionados con la pesca y el turismo (Serio-Silva, 2006). Una de las características de este cuerpo de agua es su gran número de endemismos presentes, que en el caso de la ictiofauna comprende a especies de las familias: *Characidae*, *Pimelodidae*, *Cichlidae*, *Poeciliidae*, *Clupeidae* y *Synbranchidae* (Miller *et al.*, 2009). Dentro de la familia *Poeciliidae* se encuentra *Poecilia catemaconis*, la cual es considerada como especie amenazada (Jelks *et al.*, 2008) y en estado de vulnerabilidad, esto basado en: la destrucción, reducción o modificación de su hábitat, sobre explotación para uso comercial, recreacional, científico o educativo, erradicación intencional o indirecta, área de distribución restringida, así como la presencia de organismos no nativos, hibridación y competencia por depredación (Jelks *et al.*, 2008).

Sin embargo, la información que se tiene actualmente sobre *P. catemaconis* es escasa pues se limita a su descripción taxonómica y sus pesquerías, mientras que aspectos de su biología se limitan a solo observaciones puntuales (Miller *et al.*, 2009; Lorán *et al.*, 2013).

Por otra parte, se han estudiado las enfermedades infecciosas que aquejan a *P. catemaconis*, encontrándose ocho especies de helmintos y cuatro de protozoarios, ocupando todos los órganos y tejidos (Ramírez, 2014), siendo necesario continuar



generando información acerca de su desarrollo que permita integrar sus historias de vida, puesto que tanto el conocimiento básico de su ecología, como el de su biología reproductiva resulta indispensable para la conservación de especies amenazadas (Ramirez-García *et al.*, 2018). Por tanto, el objetivo de esta investigación fue obtener los datos básicos para integrar la historia de vida (edad y longitud a la que hembras y machos alcanzan la madurez sexual, fertilidad, fecundidad, tasas de crecimiento) de *P. catemacónis*.

## Materiales y métodos

Los organismos utilizados en este estudio fueron mantenidos en dos sistemas de recirculación acuícola, constando con filtración mecánica y biológica.

Cada sistema contaba en total con 344 L de agua recirculando en 16 contenedores de plástico transparente con capacidad de 20 L, para albergar a los lotes de reproductores, éstos se conformaron por hembras y machos en una proporción 3:1, cada contenedor fue provisto con una tapa de tela tul. Cada compartimiento fue provisto de un refugio, de rafia simulando la vegetación acuática, esto debido a que las hembras presentan canibalismo hacia sus crías (Llanos y Scotto, 2016).

**Alimentación** .La alimentación de las crías (1-3 días de nacidas) se basó en alimento seco en polvo (Wardley con 43% de proteína) *ad libitum* suministrado cuatro veces al día y con anguililla del vinagre (*Turbatrix aceti*) en la quinta y última toma, los juveniles (4 días en adelante) y adultos se alimentaron tres veces al día *ad libitum*, con alimento (Wardley con 43% de proteína), triturado en el caso de juveniles y hojuelas enteras en el caso de los adultos, la última toma para ambos fue con *Artemia franciscana* alimentada con alga *Nannochloropsis oculata*.

**Selección de peces reproductores.** Se utilizaron 10 lotes de poecílicos reproductores, cada uno formado por hembras y machos en una proporción 3:1 de acuerdo con Maya y Marañón (2001). Tales ejemplares se seleccionaron de un lote





de *P. catemacónis* nacidos en cautiverio, los cuales se encontraban libres de parásitos (protozoarios y metazoarios) y estaban bien adaptados al manejo.

Se seleccionaron organismos de un año de edad con una longitud total promedio de 7.49 cm  $\pm$  0.04 cm en machos, y en el caso de las hembras 7.53 cm  $\pm$  0.44 cm.

Cada lote reproductor se mantuvo durante dos meses en un compartimento del sistema de recirculación acuícola, tiempo durante el cual comenzaron a nacer las primeras crías, éstas se separaron por camadas (14 en total) en un compartimento de un segundo sistema de recirculación por un periodo de 19 a 25 semanas, a excepción de la camada siete, la cual fue inusualmente grande (31 crías).

**Parámetros de mantenimiento del agua.** Los parámetros fisicoquímicos que se midieron (Sonda YSI 55), en los sistemas de recirculación fueron: pH (7-7.5), oxígeno disuelto (5.6-6.2 mg/L), Gh (80 mg/L), NO<sub>2</sub> (0.10-0.12 mg/L) y NO<sub>3</sub> (5-10 mg/L) una vez por semana mediante kits colorimétricos (Nutrafin), mientras que el amonio <0.02 ppm y la temperatura (28-30°C) se midieron diario. Se Sifono y lavo el prefiltro mecánico semanalmente, recuperándose el agua evaporada diariamente.

**Longitud total y edad de madurez sexual en machos.** Para determinar la edad y longitud a la que se presentó la madurez sexual en los machos se realizaron biometrías cada dos semanas, hasta que se observó la completa formación del gonopodio, para esto, los machos fueron anestesiados para disminuir el estrés y la incidencia al trauma y facilitar su manipulación (Munday y Wilson, 1997; Ross y Ross, 2009 y Llanos y Scotto, 2016), el anestésico empleado fue preparado a partir de una solución madre de benzocaína al 1% la cual se diluyó en una solución 1:2 (anestésico: agua destilada).

**Longitud total, edad de madurez sexual y fecundidad de la primera reproducción en hembras.** Para determinar la longitud total a la cual las hembras alcanzan la madurez sexual, se realizaron biometrías cada dos semanas y posterior a un mes después de que los primeros machos de su misma camada completaran la formación del gonopodio, se disectaron y analizaron sus ovas (óvulos y ovocitos).



La edad de madurez sexual fue aquella en la que se encontrasen óvulos maduros, de acuerdo con Haynes (1995). Para determinar la fecundidad se consideró el número total de óvulos y ovocitos I y II en el momento en el que las hembras fueron analizadas.

**Determinación de la fertilidad de primera reproducción.** Se tomó como fertilidad el número total de embriones que contenía las hembras al momento de ser disectadas (Schoenherr, 1977). Al término de las disecciones las hembras y las ovas fueron preservadas en alcohol al 95%.

**Evaluación del crecimiento de las crías.** Para evaluar el crecimiento, los alevines que se obtuvieron por camada, fueron separados de acuerdo a su fecha de nacimiento, se realizaron biometrías cada quince días, en las cuales se determinó su peso con una balanza analítica con una precisión de 0.01 g, así como su longitud total con la ayuda de un vernier digital. Se determinó el índice de condición (K) de Fulton (Froese, 2006) con la fórmula:  $K = 100 * W/L^3$

Donde: K= Índice de condición, W= Peso (g) y L= Longitud (cm).

**Análisis estadístico.** Para comparar el peso y tamaño de los peces entre camadas, se realizaron análisis de varianza de una vía. Con el objetivo de determinar posibles diferencias entre el porcentaje de mortalidad y proporción de sexos dentro de camadas, se realizaron pruebas de Chi<sup>2</sup>. Finalmente, para analizar la asociación entre el peso, la longitud total y la edad de maduración sexual entre camadas, se realizaron correlaciones (Prueba de Pearson) con un nivel de significancia de  $p > 0.05$ . Para todas las pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico Statistica v10.0.

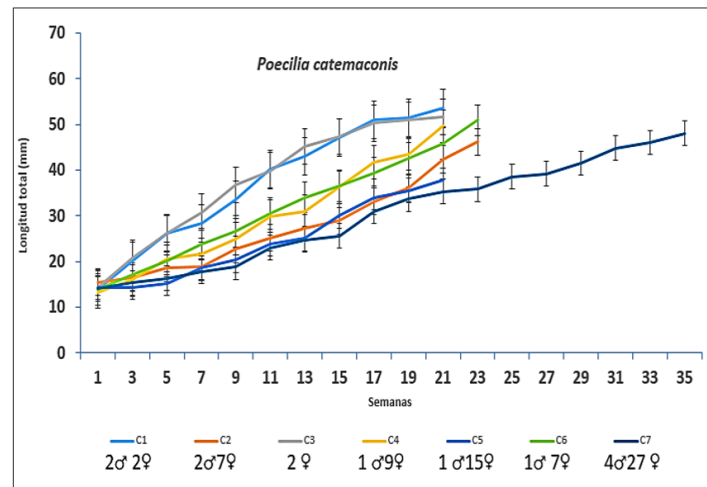
## Resultados y discusión

Se recuperaron 14 camadas de los 10 lotes reproductores, obteniendo 15 machos y 118 hembras con un total de 133 organismos. Con un promedio de  $9.5 \pm 7.1$  crías por

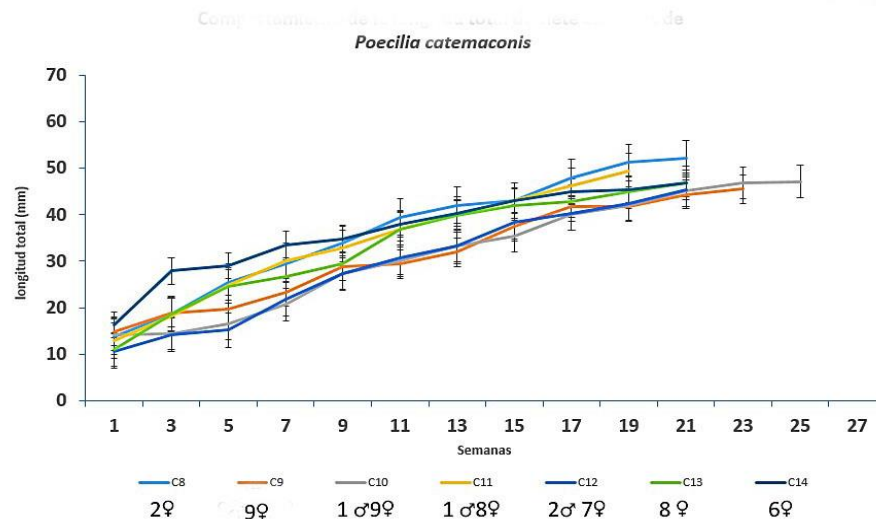


camada. Se registró el comportamiento de la longitud total hasta la maduración sexual de todos los organismos por camada obteniéndose que los machos maduran a  $19.0 \pm 4.0$  semanas a una LT de  $43.1 \pm 5.4$  mm, mientras que las hembras maduraron sexualmente a una edad de  $21.5 \pm 2.12$  semanas a una LT de  $46.4 \pm 5.1$  mm, destacando la camada siete que pese a haber alcanzado la madurez sexual más tarde que el resto, y a ser la camada con mayor número de organismos ( $N=31$ ), presentó valores de longitud total de  $48.02 \pm 4.14$  mm, siendo similares al resto de las camadas.

Con el fin de facilitar la visualización de los resultados, la información se separó en dos gráficas: de la camada uno a la siete (Figura 1), y de la ocho a la catorce (Figura 2).

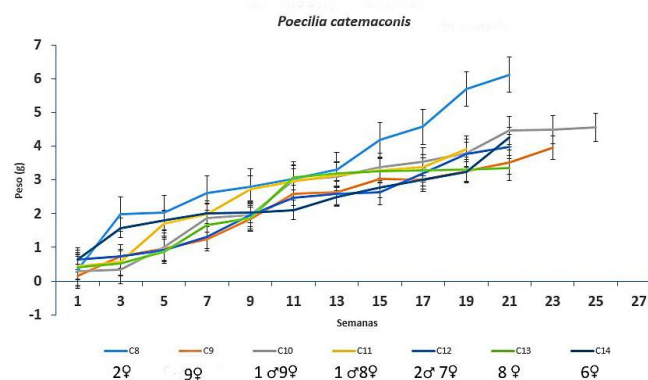


**Figura 1. Comportamiento de la longitud total de siete camadas de *Poecilia catemaconis* hasta alcanzar la madurez sexual, se indica la proporción de sexos por camada (C). N=80. Las barras indican  $\pm$  desviación estándar.**



**Figura 2. Comportamiento de la longitud total de siete camadas de *Poecilia catemacensis* hasta alcanzar la madurez sexual, se indica la proporción de sexos por camada (C). N=53. Las barras indican  $\pm$  desviación estándar.**

El peso registrado terminó hasta que maduraran sexualmente todos los organismos de cada camada de igual forma que para la LT (Figura 3), obteniéndose un peso promedio de  $3.8 \pm 0.6$  g en hembras y  $3.3 \pm 0.7$  g en machos. Se presentan dos grupos (camada 1 a 7 y de la 8 a la 14), para tener una mejor visualización de los resultados.

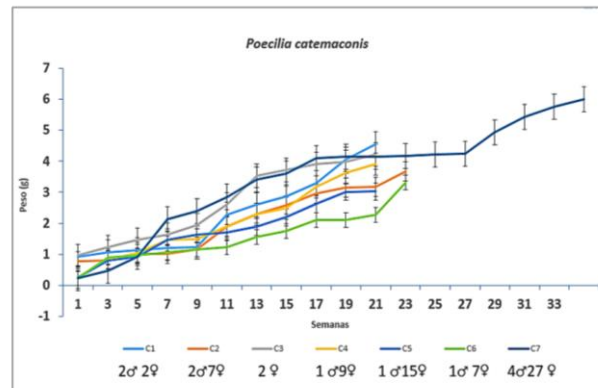


**Figura 3. Comportamiento del peso de siete camadas de *Poecilia catemacensis* hasta alcanzar la madurez sexual, se indica la proporción de sexos por camada (C) N=80. Las barras indican  $\pm$  desviación estándar.**





Al igual que para la longitud total, resalta la camada siete, que en la semana 27 empezó a aumentar de peso de manera exponencial, esto coincidió con el inicio de la transformación de la aleta anal a gonopodio en los machos de su misma camada (Figura 4).



**Figura 4. Comportamiento del peso de siete camadas de *Poecilia catemacensis* hasta alcanzar la madurez sexual, se indica la proporción de sexos por camada (C). N=53. Las barras indican  $\pm$  desviación estándar.**

Estos datos difieren a otras especies de la familia *Poeciliidae* como es el caso de *Phalloceros caudiomaculatus* en el que se analizaron hembras con una longitud estándar promedio de 23.9-38.2 mm obteniendo  $17.5 \pm 5.16$  crías por camada con un rango de 10-28 crías (Arias y Reznick, 2000), quienes estudiaron a ejemplares silvestres con las diferencias que esto conlleva: tales como el espacio disponible, tipo y frecuencia de alimentación, así mismo no se tiene registro de los parámetros de calidad de agua en los cuales fueron encontrados estos organismos, factores que pudieran estar asociados con el número de crías por camada (Maya y Marañón, 2001). De igual modo se tiene el registro de poecílicos con camadas relativamente grandes, tal es el caso de *Poecilia reticulata* en el cual se tiene el reporte de  $20.3 \pm 30.1$  crías por camada con un rango de 1-104, en hembras con una longitud y peso promedio de  $34.43 \pm 7.26$  mm y  $0.69 \pm 0.48$  g respectivamente (Urriola et al., 2004). Se observó que la madurez sexual en machos de *Poecilia catemacensis* se da a las  $19.0 \pm 4.0$  semanas, alcanzando una longitud total promedio de  $43.2 \pm 5.4$  mm, mientras que las hembras lo hicieron a las  $21.5 \pm 2.1$  semanas con una LT de  $46.4 \pm 5.1$  mm, así mismo, se ha reportado que los machos de algunas especies de poecílicos



considerados de pequeño tamaño ( $LP < 55$  mm) suelen madurar antes y a longitudes menores (Meffe, 1985).

Los datos obtenidos para *Poecilia catemacensis* durante este estudio (madurez sexual a una LT de  $43.2 \pm 5.4$  mm), difieren de otros reportados, en un estudio de campo en el que se determinó que la longitud mínima para su maduración sexual en su hábitat natural es de 64 mm, con una LT promedio de 78.5 mm (Loran *et al.*, 2013). Mientras que, en condiciones de laboratorio, se encontró una LT de  $63.5 \pm 0.70$  mm a una edad de  $50.4 \pm 0.9$  semanas al alcanzar la maduración sexual (Ramírez, 2014), se puede inferir como posibles causas de diferencia con éste estudio, el tipo de alimentación y la temperatura, mismos que son factores que afectan la madurez sexual en poecílidos (Policansky y Sohn, 1983; James y Sampath, 2003). Así mismo, la temperatura pudo influir, puesto que en el anterior estudio las temperaturas registradas fueron más bajas ( $26.26 \pm 1.80^\circ\text{C}$ ), mientras que en el presente estudio la temperatura fue mayor ( $28-30^\circ\text{C}$ ), coincidiendo con lo reportado para *Poecilia latipinna*, especie en la cual a temperaturas más frías tarda más en madurar sexualmente (Snelson, 1984). Otra hipótesis que pudiera estar asociada con la precocidad de peces es el hecho de que presenten una alta diversidad de especies de parásitos y/o abundancias relativamente elevadas (Poulin, 2011). Para los poecílidos de Catemaco, se han registrado un total de 26 parásitos, 5 especies de protozoarios y 21 metazoarios (Ramírez, 2014), habitando prácticamente todos los órganos y tejidos de los peces, lo cual permite inferir que las parasitosis, pueden jugar un papel particularmente relevante en las historias de vida de los poecílidos de Catemaco. Las hembras de *P. catemacensis* maduraron a  $21.5 \pm 2.1$  semanas con una longitud total de  $46.5 \pm 5.2$  mm. Estos datos difieren a lo reportado para *P. catemacensis*, puesto que en un estudio realizado *in situ* se reportó como talla mínima de madurez sexual en hembras una longitud total de 52 mm (Lorán *et al.*, 2013), siendo esta longitud mayor a la reportada en éste estudio, lo anterior se puede atribuir a la edad de las hembras, la cual no fue registrada por Lorán *et al.* (2013), al tratarse de un estudio de campo, es decir, con hembras silvestres; igualmente, la temperatura y el foto periodo pueden ser factores importantes relacionados con la madurez sexual en poecílidos (Schoenherr, 1977). Igualmente, otro estudio con *P.*



*catemaconis*, realizado en laboratorio, determinó que a una longitud total de  $69.7 \pm 5.0$  mm y 25 semanas, las hembras aun no alcanzaban la madurez sexual (Ramírez, 2014), contrario a los resultados obtenidos en este estudio, en los cuales se registraron hembras sexualmente maduras desde las 19 semanas de edad.

### **Índice de condición al momento de la maduración sexual en *Poecilia catemaconis***

Al momento de alcanzar la madurez sexual, los machos presentaron un índice de condición promedio de  $4.3 \pm 1.4$  y las hembras de  $3.9 \pm 0.9$ . Se tienen pocos estudios de índice de condición en Poecílidos uno de ellos es el reportado para *Poecilia sphenops* y *Pseudoxiphophorus bimaculatus* en el cual se obtuvieron índices de condición similares entre hembras y machos de ambas especies  $<0.2$  en *Pseudoxiphophorus bimaculatus* y  $<0.4$  en *Poecilia sphenops*. Observándose que los machos tienen un índice de condición mayor que las hembras (Ramírez-García et al, 2018), lo cual coincide con lo reportado en éste estudio, ya que para *Poecilia catemaconis* los machos tuvieron índices de condición mayores, lo cual pudiera estar relacionado con su longitud, puesto que se encontró una correlación negativa entre la longitud total y el índice de condición  $p=0.000002$   $r^2= 0.76$  para *P. catemaconis* de modo que a mayor longitud los organismos tenían un menor índice de condición.

Se ha reportado el índice de condición para machos de "guppies finos" *Poecilia reticulata*, en cuales a una longitud entre 17-31.5 mm se reportó un índice de condición de 26.76 (Urriola et al, 2004), lo cual, si bien difiere con los resultados obtenidos en éste estudio, donde se obtuvo en machos de *P. catemaconis* un índice de condición promedio de  $4.33 \pm 1.41$  a una longitud promedio de  $43.76 \pm 5.51$  mm. Las diferencias pueden atribuirse a la longitud total de los organismos puesto que se ha observado una relación entre la longitud total de la especie y su índice de condición (Han y Fang, 2010). Así mismo, se coincide con lo reportado para otros poecílidos puesto que, a pesos bajos, si bien la longitud es alta, el índice de condición resultara bajo (Frose, 2006).

Asi mismo, se analizó el comportamiento de la ganancia de peso y longitud total de *Poecilia catemaconis* hasta alcanzar la madurez sexual de las 14 camadas



obtenidas, destaca la camada número uno, la cual registro la mayor longitud total, siendo una camada con el mismo número de machos que de hembras (2:2). En cuanto a la ganancia de peso en ésta especie fue más notorio el incremento del mismo, coincidiendo con el inicio de la maduración sexual de los machos y posterior en hembras, siendo más evidente en las camadas dos, seis, siete y catorce, de entre las cuales la camada siete fue la que tardo más en madurar sexualmente. Del mismo modo, en éste estudio se encontró una correlación positiva entre la edad de maduración sexual en machos de *Poecilia catemacónis* y el peso ( $p=0.0014$  y  $p=0.0019$ ) respectivamente, de modo que entre más tiempo les tomo madurar sexualmente lo hicieron a un mayor peso que los que maduraron a tempranas edades, lo cual coincide con estudios previos, puesto que diversos estudios han demostrado que en camadas con un mayor número de hembras, se observa un incremento significativo de peso cuando éstas empiezan a madurar sexualmente (Reznick y Endler, 1982; Cabral y Marques, 1999; Gómez *et al.*, 1999; Pérez-Bote y López, 2005; Ramirez, 2014). De igual modo, durante el estudio los machos continuaron su crecimiento aun después de haber alcanzado la madurez sexual, coincidiendo con lo reportado para *Poecilia latipinna*, *Xiphophorus milleri*, *G. hoolbroki* (Snelson, 1984, Pérez y López, 2005; Ramirez, 2014).

### **Fecundidad y fertilidad en hembras de *Poecilia catemacónis***

Se obtuvo una fecundidad promedio de  $44.60 \pm 15.87$  óvulos y una fertilidad promedio de  $3.73 \pm 3.26$  embriones. La fecundidad y fertilidad estuvieron en general correlacionadas positivamente con el peso y longitud, sin embargo, negativamente con el índice de condición. En los machos, la edad de maduración sexual se asoció positivamente con el peso, mientras que el índice de condición se correlaciono negativamente con la longitud total en hembras y machos (Cuadro 1). La fecundidad y fertilidad estuvieron correlacionadas positivamente con el peso, longitud y/o índice de condición de las hembras de las camadas 7 y 10, y en particular de forma negativa con el peso e índice de condición de la camada 10. Solo se encontraron asociaciones entre la fecundidad y/o fertilidad para las hembras en 2 de 14 camadas, la 7 y 10 (Cuadro 2).





**Cuadro 1. Asociaciones significativas entre variables biométricas y reproductivas de las crías obtenidas de *Poecilia catemacensis*.**

**Cuadro 2. Correlaciones encontradas por camadas de *Poecilia catemacensis*. N=14.**



En este estudio solo se tomaron en cuenta organismos en su primera reproducción, al igual que lo reportado para otros poecílicos, como es el caso de Ramirez (2014). Los resultados difieren con los reportados para otras especies como *Poecilia reticulata*, especie para la cual se ha mencionado una fertilidad de  $56.1 \pm 43.6$  embriones con embriones entre 8.0-197 y una fecundidad de  $49.0 \pm 36.0$  ovas con entre 7-179 ovas (Urriola *et al.*, 2004). Si bien los valores reportados para la fecundidad de *P. reticulata* son similares a *P. catemacanis* ( $44.6 \pm 15.8$  ovas), difieren con respecto a la fertilidad, siendo un factor que puede influir en esto, ya que las hembras utilizadas no eran nulíparas, así mismo, se ha reportado que las variedades de *P. reticulata* han sufrido un proceso de domesticación, incrementado su fertilidad y colorido. De acuerdo con un estudio previo en laboratorio para *Poecilia catemacanis*, las hembras presentan una fecundidad de  $130.2 \pm 15.8$  ovas, si bien no se reportó la fertilidad (Ramirez, 2014), sin embargo, los datos de fecundidad difieren en gran medida de los aquí obtenidos. Al respecto, uno de los factores que influye en el tamaño al que las hembras maduran sexualmente, es la longitud total y la fecundidad, en donde se registro una correlación positiva significativa entre ambas variables  $p < 0.001$  y entre la longitud total de las hembras y la fertilidad  $p < 0.001$  en hembras de *P. catemacanis*, por lo que se puede atribuir ésta diferencia a que las hembras estudiadas por Ramirez (2014), tenían una LT mayor ( $69.66 \pm 5.03$  mm), en comparación con las de éste estudio ( $46.5 \pm 5.2$  mm). Pudiéndose atribuir estas diferencias al tamaño de las hebras y por consiguiente al tamaño de sus cámaras incubatrix, puesto que hembras de mayor tamaño tienen mayor capacidad de espacio para albergar embriones (Cheong *et al.*, 1984; Peña y López, 1995).

## Conclusiones

1. Los machos *Poecilia catemacanis* maduran sexualmente antes que las hembras.
2. La fecundidad y fertilidad tienen una correlación negativa con el índice de condición en *Poecilia catemacanis*.



3. *P. catemaconis* muestra una correlación negativa entre la longitud total del organismo y el índice de condición.
4. En *P. catemaconis* el peso está correlacionado positivamente con la fertilidad de las hembras. 4. Se encontró una correlación entre el peso de los organismos y la edad de maduración sexual.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México (TecNM), en particular al Instituto Tecnológico de Boca del Río, por las facilidades para realizar mis estudios de Posgrado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada, con número de registro 626811. A la M.C. Magdiel Alejandra Ramírez Barragán y Al Ing. Irán Luna Vivaldo por su apoyo en la realización de éste estudio.

## Literatura citada

- Arias, A. L. y D. Reznick. 2000. Life history of *Phalloceros caudiomaculatus*: a novel variation on the theme of livebearing in the family Poeciliidae. *Copeia* (3): 792-798.
- Cabral, J. A. y J. C. Marques. 1999. Life history, population dynamics and production of eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in rice fields of the lower Mondego River Valley, western Portugal. *Acta Oecologica* 20 (6): 607- 620.
- Cheong, R. T., S. Henrich, J. A. Farr y J. Travis. 1984. Variation in fecundity and its relationship to body size in a population of the least killifish, *Heterandria formosa* (Pisces: Poeciliidae). *Copeia* 720-726.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.



- Gómez-Márquez, J. L., J. L. Guzmán Santiago, y A. Olvera Soto. 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria Bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna “El Rodeo”, Morelos, México. *Biología Tropical* 47(3).
- Han, J. y Z. Fang. 2010. Estrogenic effects, reproductive impairment and developmental toxicity in ovoviparous swordtail fish (*Xiphophorus helleri*) exposed to perfluorooctane sulfonate (PFOS). *Aquatic toxicology* 99(2): 281-290.
- Haynes, J. L. 1995. Standardized classification of Poeciliid development for Life-History studies. *Copeia* 1:147-154.
- James, R y K. Sampath. 2003. Effects of meal frequency on growth and reproduction in the ornamental red swordtail, *Xiphophorus helleri*. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgah* 55(3):197-207.
- Jelks, H. L., S. J. Walsh, N. M. Burkhead, S. Contreras-Balderas, E. Diaz-Pardo, D. A. Hendrickson *et al.* 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries* 33(8): 372–407.
- Llanos, C. y C. Scotto. 2016. Comparación entre la obtención de crías por cruce natural versus la utilización de un inseminador artificial en el pez ornamental *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista AquaTIC* (40).
- Lorán-Núñez, R. M., F. R. Martínez, A. J. Valdez-Guzmán y E. R. Martínez-Lorán. 2013. Notas sobre la biología y la pesquería del guatopote azul *Poecilia catemacensis* del Lago de Catemaco, Veracruz. *Ciencia Pesquera* 21(2): 43–46.
- Maya-Peña, E. y S. Marañón- Herrera. 2001. Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (Pisces: Poeciliidae). *Hidrobiológica* 11(002): 157-162.
- Meffe, G. K. 1985. Life history patterns of *Gambusia marshi* (Poeciliidae) from Cuatro Ciénegas, Mexico. *Copeia* 898-905.
- Miller Rush, R., W. L. Minckley y N. Mark Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Primera edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. D. F.
- Munday, P. L. y S. K. Wilson. 1997. Comparative efficacy of clove oil and other chemicals in anaesthetization of *Pomacentrus amboinensis*, a coral reef fish. *Journal of Fish Biology* 51(5): 931-938.





- Peña, J. C. y Y. S. López. 1995. Fertilidad y fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). *Revista de biología tropical* 317-320.
- Pérez-Bote, J. y M. T. López. 2005. Life history pattern of the introduced eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Baird y Girard, 1854), in a Mediterranean-type river: The River Gadiana (SW Iberian Peninsula). *Italian Journal Zoological* 72: 241-248.
- Policansky, D y J. Sohn. 1983. Age, weight and the genetics of sexual maturation in the platyfish, *Xiphophorus maculatus*. *Copeia* (3): 770-774.
- Poulin, R., R. A. Paterson, C. R. Townsend, D. M. Tompkins y D. W. Kelly. 2011. Biological invasions and the dynamics of endemic diseases in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 56: 676- 688.
- Ramírez, M. 2014. Algunos aspectos reproductivos, de crianza y sanitarios de *Xiphophorus milleri*, *Poecilia catemacensis* y *Heterandria tuxtlaensis*, poecílicos endémicos del Lago de Catemaco, Veracruz. Instituto Tecnológico de Boca Del Río, Boca Del Río, Veracruz, México.
- Ramírez-García, A., J. P. Ramírez-Herrejón, M. Medina-Nava, R. Hernández-Morales y O. Domínguez-Domínguez. 2018. Reproductive biology of the invasive species *Pseudoxiphophorus bimaculatus* and *Poecilia sphenops* in the Teuchitlán River, México. *Journal of applied ichthyology* 34(1): 81-90.
- Reznick, D. y J. A. Endler. 1982. The impact of Predation on life History Evolution in Trinidadian Guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution* 36(1): 160-177.
- Ross, L. G., y B. Ross. 2009. *Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals*. John Wiley y Sons.
- Schoenherr, A. A. 1977. Dependent and density independent regulation of reproduction in the Gila Topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard). *Ecology* 58: 438-444.
- Serio-Silva, J. C. 2006. Las Islas de los Changos (the Monkey Islands): the economic impact of ecotourism in the region of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *American Journal of Primatology* 68(5): 499-506.
- Snelson, F. F. 1984. Seasonal maturation and growth of males in a natural population of *Poecilia latipinna*. *Copeia* (1): 252-255.



- Urriola Hernández, M., J. Cabrera Peña y M. Protti Quesada. 2004. Fecundidad, fertilidad e índice gonadosomático de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en Heredia, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 52(4): 945-950.
- Urriola Hernández, M., J. Cabrera Peña y M. Protti Quesada, 2004. Composición, crecimiento e índice de condición de una población de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae), en un estanque en Heredia, Costa Rica. *Revista de biología tropical* 52(1): 157-162.



## VARIACIÓN ESTACIONAL DEL RIESGO A LA SALUD POR CONSUMO DE OSTIÓN CONTAMINADO CON *Vibrio parahaemolyticus*

Francisco G. Alarcón Elvira<sup>236</sup>, Violeta T. Pardío Sedas<sup>236\*</sup>, David Martínez Herrera<sup>236</sup>, Rodolfo Quintana Castro<sup>237</sup>, Rosa M. Oliart Ros<sup>238</sup>, Karla M. López Hernández<sup>236</sup>, Argel Flores Primo<sup>236</sup>  
y Karen Ramírez Elvira<sup>236</sup>

### Resumen

*Vibrio parahaemolyticus* es una bacteria patógena causante de enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos marinos crudos, mal cocidos ó marinados por lo que ha sido considerada una amenaza potencial para los consumidores. Diversos estudios señalan la influencia estacional en su supervivencia por lo que la evaluación de riesgo microbiológico ha emergido como una herramienta para resguardar la salud pública. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la variación estacional en la abundancia de *V. parahaemolyticus* en ostión americano (*Crassostrea virginica*) fresco y el riesgo asociado a su consumo. La densidad total (*tlh+*) y patogénica (*tdh+ trh+* y *tdh/trh+*) de *V. parahaemolyticus* en ostión fresco en las épocas de nortes, secas y lluvias se determinó mediante la metodología de NMP-PCR. El riesgo por el consumo de ostión crudo contaminado a su llegada a los sitios de venta se calculó con el software FDA-Risk. Se observó la influencia estacional en las densidades de *V. parahaemolyticus*, siendo *tlh+* las más altas ( $p < 0.05$ ) en las épocas de nortes y secas (1.88 y 0.99  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente), seguidas de las densidades de *tdh+* y *tdh/trh+* en la época de secas (0.78 y 0.47  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente); las densidades de *trh+* fueron menores, pero no diferentes ( $p > 0.05$ ) en secas y nortes (0.37 y 0.38  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente). En la época de lluvias las densidades de *V. parahaemolyticus* *tlh+* y *trh+* disminuyeron ( $p < 0.05$ ) (0.55 y 0.22  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente) y las de *tdh+*

<sup>236</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. \*[vpardio@uv.mx](mailto:vpardio@uv.mx)

<sup>237</sup> <sup>2</sup>Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana.

<sup>238</sup> <sup>3</sup>Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz.



y *tdh+/trh+* no se detectaron. El riesgo (casos/100,000 servicios) por consumir 12 ostiones contaminados con *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+* y *tdh/trh+* en restaurantes/coctelerías ( $3.3 \times 10^{-3}$ ,  $1.3 \times 10^{-3}$ ,  $1.6 \times 10^{-3}$  respectivamente) y en puestos ambulantes contaminados con *tdh+* y *tdh/trh+* ( $5.2 \times 10^{-3}$  y  $2.5 \times 10^{-3}$  respectivamente) en época de secas y con *trh+* ( $1.6 \times 10^{-3}$ ) en puestos ambulantes en la época de lluvias, fue clasificado como medio. Es necesario mejorar la calidad sanitaria de la cadena de producción del ostión para mitigar el riesgo.

**Palabras clave:** *Crassostrea virginica*, consumo, época, establecimientos

## Introducción

*Vibrio parahaemolyticus* es una bacteria halófila, gram-negativa, que habita en ambientes acuáticos (Chung *et al.*, 2018). *V. parahaemolyticus* es una de las principales causas de gastroenteritis, infección aguda y septicemia. Los síntomas más comunes de la gastroenteritis incluyen fiebre, náuseas, diarrea acuosa y cólicos abdominales, comúnmente como consecuencia del consumo de mariscos incluyendo pescado, crustáceos y moluscos en estado crudo o mal cocidos (Su y Liu, 2007; Mala *et al.*, 2016). Con la finalidad de entender la patogenicidad de *V. parahaemolyticus*, diversos estudios han analizado la asociación de los factores de virulencia y los alimentos contaminados (Aagesen *et al.*, 2017). La virulencia de *V. parahaemolyticus* depende de la presencia de la hemolisina termoestable directa (TDH) decodificada por el gen *tdh* y la hemolisina termoestable relacionada (TRH) decodificada por el gen *trh* (Raghunath, 2015). Ambos genes, *trh* y *tdh* son homólogos aproximadamente en un 70%. La presencia de ambas hemolisinas TDH y TRH ha sido reportada en menor porcentaje en cepas ambientales. No obstante, un estudio reciente mostró la presencia de los genes *tdh* y *trh* en un 48 y 8.3% respectivamente, en cepas ambientales de *V. parahaemolyticus* (Cai y Zhang, 2018). Existe otro factor de virulencia de *V. parahaemolyticus*, el serotipo O3:K6, el cual contiene el gen *orf8*, un fago filamentoso pandémico-asociado. El gen *orf8* codifica





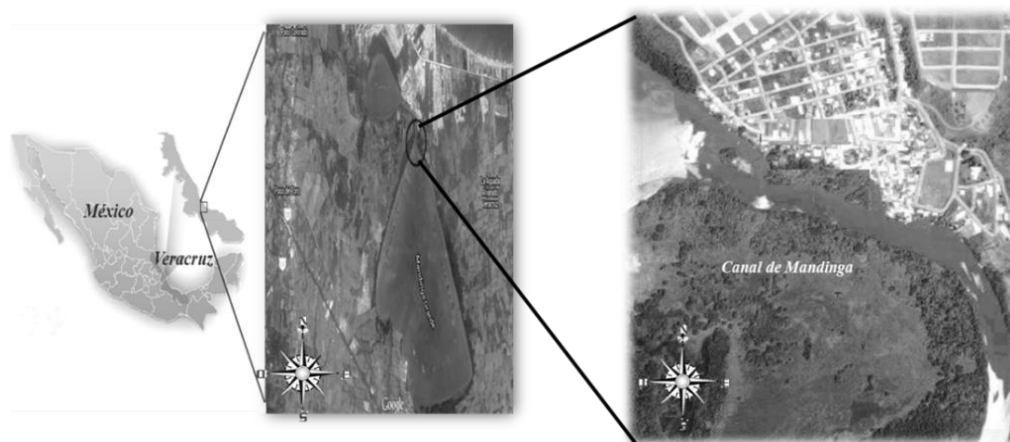
una proteína de adherencia que incrementa la habilidad de *V. parahaemolyticus* para adherirse a las células huésped intestinales y a la superficie de plancton marino. La presencia del gen *orf8* en cepas de *V. parahaemolyticus* transmitido por alimentos ha sido reportada y considerada como un factor de virulencia adicional (López *et al.*, 2015). Diversos estudios muestran la influencia estacional en la supervivencia y virulencia de *V. parahaemolyticus*, probablemente causada por la respuesta de la expresión de genes al estrés (Coutard *et al.*, 2007; Han *et al.*, 2015). El consumo de ostión americano (*Crassostrea virginica*) es considerado uno de los más importantes por la alta cantidad de demanda de los consumidores debido a su valor nutritivo. Durante el 2017, México alcanzó una producción ostrícola de 54,964 toneladas de la cual el estado de Veracruz aportó 23,119 toneladas, ocupando así el primer lugar en la producción nacional con un 42%. Los productos marinos, como el ostión, requieren ser transportados a grandes distancias para lo cual la industria pesquera ha utilizado la refrigeración para asegurar su calidad a través de la cadena fría (Boziaris, 2013). De acuerdo a la Norma oficial Mexicana, NOM-242-SSA1-2009 (SSA, 2009) para el manejo y control de productos marinos, entre ellos moluscos bivalvos como los ostiones, éstos deben ser transportados en refrigeración a 7°C, para proteger la salud de los consumidores. Sin embargo, durante el transporte y almacenamiento pueden existir problemas tales como cambios de temperatura, incremento del tiempo sin refrigerar, niveles de contaminación entre otros, que pueden favorecer el crecimiento de bacterias patógenas como *V. parahaemolyticus* (Kinsey *et al.*, 2015). En este contexto, Parveen *et al.* (2013) demostraron la rápida multiplicación de *V. parahaemolyticus* en ostiones en concha almacenados a 15°C. Debido al dinámico crecimiento de las cepas patogénicas de *V. parahaemolyticus* en el ostión, el monitoreo y la estimación del riesgo por la presencia de este patógeno es necesario para asegurar la calidad e inocuidad del alimento y la salud del consumidor. En el estado de Veracruz se ha reportado el riesgo de exposición a *V. parahaemolyticus* patogénico en ostión refrigerado expendido en restaurantes, coctelerías y ambulantes de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (Ramírez, 2018). Sin embargo, son escasos los estudios que relacionan las épocas estacionales con la estimación del riesgo



asociado al consumo de ostión crudo contaminado con *V. parahaemolyticus*. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la variación estacional en la abundancia de *V. parahaemolyticus* en ostión americano (*C. virginica*) cosechado y el riesgo asociado a su consumo en los sitios de venta localizados en la Zona Metropolitana de Veracruz.

## Materiales y métodos

**Área de estudio y recolección de muestras.** Las muestras de ostión americano (*C. virginica*) fueron recolectadas durante la temporada de secas, lluvias y nortes en bancos en producción en el Sistema Lagunar de Mandinga (SLM), en el sureste del estado de Veracruz, México. El clima que predomina en la región es tropical. Un total de 100 ostiones vivos y de un tamaño medio para venta (7-8 cm de largo NMX-FF-001-SCFI-2011) (SE, 2011), fueron cosechados de bancos de ostiones en el canal de Mandinga e inmediatamente transportados en hieleras al laboratorio de acuerdo con la norma oficial mexicana de la Secretaría de Salud (NOM-109-SSA1-1994) (SSA, 1994).



**Figura 1. Localización del área de estudio y mapa del Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz, México (López et al., 2015).**



Los ostiones muertos se descartaron y los vivos fueron lavados y enjuagados con agua potable para retirar balanos y restos de algas. Dentro de las primeras dos horas de recolección, los ostiones fueron analizados para la identificación y cuantificación de *V. parahaemolyticus*.

**Enumeración de *V. parahaemolyticus*.** La detección de *V. parahaemolyticus* en muestras de ostión se realizó a través de la metodología de NMP-PCR (número más probable-reacción en cadena de la polimerasa) para la detección y cuantificación rápida de *V. parahaemolyticus* de acuerdo con el protocolo de López *et al.* (2015). En condiciones asépticas fueron desconchados 100 ostiones para obtener 200 g (150 g de músculo y 50 g de líquido intravalvar) de ostión y mezclados con 200 mL de buffer básico de fosfatos y homogenizados por 120 s para realizar una dilución 1:1. A partir del homogenato se realizaron una serie de diluciones 1:10<sup>1</sup>-1:10<sup>3</sup> en agua peptonada alcalina de acuerdo al procedimiento establecido en la técnica NMP (USDA, 2018). Los tubos fueron incubados a 35°C por 24 h.

**Extracción de ADN.** El ADN fue extraído de los tubos de agua peptonada alcalina que mostraron crecimiento. El ADN bacteriano genómico fue extraído calentando 200 µL de medio enriquecido en un Thermoblock (Accublock Digita Dry Bath, Labnet, New Jersey, USA) de acuerdo con el protocolo establecido por López *et al.* (2015).

**Detección de *V. parahaemolyticus*.** La detección de *V. parahaemolyticus* se confirmó por la presencia de la hemolisina termolábil de la especie-específica (*tlh*), los genes de virulencia de la hemolisina directa termoestable (*tdh*), la hemolisina termoestable relacionada (*trh*), y el gen *orf8*; la secuencia de ADN se determinó por PCR de acuerdo con el procedimiento descrito por Bej *et al.* (1999) y Myers *et al.* (2003). Los cebadores utilizados para la PCR se muestran en el Cuadro 1. La cepa CAIM 1772 de *V. parahaemolyticus* fue utilizada como control positivo para la detección de genes no patogénicos (*tlh*) y patogénicos (*tdh*, *trh*), mientras que la cepa CAIM 1400 de *V. parahaemolyticus* fue utilizada como control en la detección



del gen *orf8*. Las cepas controles fueron obtenidas de la colección de microorganismos de importancia acuática.

**Cuadro 1. Cebadores utilizados en el análisis molecular y amplificación de los genes de virulencia de *V. parahaemolyticus* en ostión americano (*Crassostrea virginica*) cosechado del Sistema Lagunar Mandinga en Veracruz, México.**

Genes	Secuencia (5´-3´)	T <sub>m</sub> (°C)	Control positivo	Referencias
<i>tlh</i>	tl-f AAA GCG GAT TAT GCA GAA GCA CTG tl-r GCT ACT TTC TAG CAT TTT CTC TGC	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>tdh</i>	L-tdh GTA AAG GTC TCT GAC TTT TGG AC R-tdh TGG AAT AGA ACC TTC ATC TTC ACC	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>trh</i>	trh-f TTG GCT TCG ATA TTT TCA GTA TCT trh-r CAT AAC AAA CAT ATG CCC ATT TCC G	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>orf8</i>	F-O3MM824 AGG ACG CAG TTA CGC TTG ATG R-O3MM1192 CTA ACG CAT TGT CCC TTT GTA G	60	CAIM 1400	Myers <i>et al.</i> , 2003

La amplificación de genes patogénicos y no patogénicos de *V. parahaemolyticus* se realizó utilizando una solución madre con 6.19 µL de agua grado molecular, buffer GoTaq (1.5 mM), dNTPS (0.2 µM), cebador Fwd (1.0 µM), cebador Rvs (1.0 µM), GoTaq polimerasa (0.025 µM) y 1 µL de ADN (2.0 ng/µL). La PCR para la amplificación de los genes *tlh*, *tdh*, *trh* y *orf8* se realizó en un termociclador (Maxygene Gradient, Axygene, Union City, CA, USA) con parámetros de ciclos optimizados: desnaturalización inicial a 94°C por 10 minutos; 35 ciclos de desnaturalización a 94°C por 1 minuto, alineación del cebador a 58°C por 1 minuto y la extensión del cebador a 72°C por 2 minutos y una extensión final a 72°C por 10 minutos. La alineación del *orf8* fue a 60°C. La amplificación de los genes se realizó por electroforesis en gel de agarosa al 1.2% y buffer TAE 1X (a partir de una concentración de 50X), colorante Gel-Red y un marcador de tamaño de ADN de 100 pb (100–3000 bp; Axygene Biosciences, CA, USA). La cámara de electroforesis se conectó a una fuente de poder a 90 V por 45 min (López *et al.*, 2015).





## Análisis de datos

### Variación estacional de las densidades de *V. parahaemolyticus*

Las densidades total y patogénica de *V. parahaemolyticus* en ostión americano (*C. virginica*) fueron determinadas para cada estación (Secas: Marzo-Junio, Lluvias: Julio-Octubre y Nortes: Noviembre- Febrero). Las densidades se expresaron como NMP/g y fueron normalizadas a  $\log_{10}$  para ser analizadas. Las diferencias significativas en las densidades estacionales se obtuvieron mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) con el programa estadístico Minitab. V.16.0 (Minitab, Inc., State College PA). Las muestras fueron consideradas como no detectadas con la mitad del límite de detección 0.30 NMP/g en ostión.

**Evaluación del riesgo microbiológico (ERM).** El software de FDA/FAO/WHO v.2005 fue utilizado en combinación con Microsoft Excel para determinar el riesgo siguiendo el modelo desarrollado por la U.S. FDA para estimar el riesgo a la salud asociado al consumo de ostiones crudos. Los resultados fueron expresados como número de casos por cada 100,000 servicios. Para la determinación del riesgo el tamaño del servicio fue de 12 ostiones crudos.

## Resultados y discusión

### Densidad total *tlh+* y patogénica *tdh+*, *trh+* y *tdh+/trh+* de *V. parahaemolyticus*

Como se muestra en el Cuadro 2, la densidad total de *V. parahaemolyticus tlh+* varió entre las épocas estacionales, con niveles altos ( $p < 0.05$ ) durante nortes y secas (1.88 y 0.99  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente) y bajos en lluvias (0.55  $\log_{10}$ NMP/g). La densidad patogénica *tdh+* fue más alta en las épocas de secas ( $p < 0.05$ ) seguida de la de nortes (0.78 y 0.21  $\log_{10}$  NMP/g, respectivamente), pero en la época de lluvias el gen *tdh* no fue detectado. La densidad patogénica *trh+* no difirió ( $p > 0.05$ ) entre las épocas de nortes y secas (0.37 y 0.38  $\log_{10}$ NMP/g, respectivamente), pero la densidad disminuyó ( $p < 0.05$ ) en la época de lluvias (0.22  $\log_{10}$ NMP/g). La densidad patogénica



de *tdh+/trh+* fue más alta ( $p < 0.05$ ) en la época de nortes y más baja en secas ( $0.47$  y  $-0.06 \log_{10}$  NMP/g, respectivamente) y en la época de lluvias no fue detectada. *V. parahaemolyticus orf8+* no fue detectado.

**Cuadro 2. Densidad total y patogénica de *V. parahaemolyticus* en ostión americano cosechado del Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz, México en un ciclo anual (2018).**

Época	Densidades [Media $\pm$ dS $\log_{10}$ NMP/g (rango) / %patogénico]			
	<i>tlh+</i>	<i>tdh+</i>	<i>trh+</i>	<i>tdh+/trh+</i>
Nortes	$1.88 \pm 1.37^a$ (-0.82 - 2.46)	$0.21 \pm 0.81^b$ (-0.82 - 0.79)/2.5	$0.37 \pm 0.85^a$ (-0.82 - 0.79)/2.8	$-0.06 \pm 0.65^b$ (-0.82 - 0.48)/2.3
Secas	$0.99 \pm 1.15^b$ (-0.82 - 1.56)	$0.78 \pm 1.10^a$ (-0.82 - 1.38)/14.0	$0.38 \pm 0.89^a$ (-0.82 - 0.97)/10.3	$0.47 \pm 0.89^a$ (-0.82 - 0.97)/7.0
Lluvias	$0.55 \pm 0.94^c$ (-0.82 - 1.04)	$-0.82^{*c}$	$0.22 \pm 0.80^b$ (-0.82 - 0.79)/16.2	$-0.82^{*c}$

Las medias con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre temporadas para cada gen. \* No detectado.

En este estudio las densidades totales y patogénicas de *V. parahaemolyticus* en la época de secas (marzo a junio) fueron similares a las reportadas por López *et al.* (2015) en la misma zona de extracción en el SLM en un ciclo anual en 2012. La densidad media ( $\log_{10}$  NMP/g) de *V. parahaemolyticus tlh+*, *tdh+/trh-*, *tdh-/trh+* y *tdh+/trh+* durante primavera (marzo a junio) que corresponde a secas, fue de 2.57, 1.74, 0.36 y -0.40, respectivamente; en otoño (julio a octubre) que corresponde a lluvias, reportó densidades de 1.85, -0.36, -0.16 y -0.52, respectivamente, y en invierno (noviembre a febrero) que corresponde a nortes, las densidades fueron de 1.69, 1.33, -0.52 y -0.52, respectivamente. Las densidades totales y patogénicas de *V. parahaemolyticus* detectadas después de 6 años indican que la bacteria es endémica en el SLM debido a que la temperatura del agua es  $>10^\circ\text{C}$ . La densidad total de *V. parahaemolyticus tlh+* en ostión americano (*C. virginica*) fue inferior a los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana de  $10^4$  NMP/g. Sin embargo, aunque no se rebase este límite la presencia de cepas patogénicas (*tdh+*, *trh+*, y *tdh+/trh+*) representan un problema de salud pública, ya que no están contempladas en la normatividad vigente. En el presente estudio se observó que las densidades patogénicas de *V. parahaemolyticus* fueron más altas en nortes y secas,



probablemente debido a la influencia de los parámetros del agua en las diferentes épocas y de las temperaturas ambientales observadas durante el transporte de las muestras en las épocas de nortes, secas y lluvias (19.6, 24.3 y 24.3°C, respectivamente) (CONAGUA, 2018). Diversos estudios han mostrado la existencia de una correlación positiva entre la contaminación de los moluscos crudos con *V. parahaemolyticus* y la temperatura del agua, con frecuencias más altas detectadas en los meses más cálidos del verano (Johnson *et al.*, 2010; Ceccarelli *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2015), que corresponderían a la época de secas en el presente estudio. De ahí que los cambios en los factores ambientales pueden favorecer el aumento de la supervivencia y virulencia de *V. parahaemolyticus* ocasionando un riesgo a la salud. Los resultados de este estudio contrastan con otros estudios que sugieren que las cepas patogénicas presentan niveles de detención muy bajos en ambientes estresantes comparados con las cepas no patogénicas debido a que son más sensibles (DePaola *et al.*, 2003; Raghunath, 2015).

### **Estimación del riesgo a la salud**

La estimación del riesgo a la salud por consumo de ostión crudo contaminado con *V. parahaemolyticus* se realizó considerando la densidad total y patogénica media por arriba del nivel no detectable ( $-0.82 \log_{10}$  NMP/g) y el porcentaje patogénico en cada época, la temperatura del aire promedio en cada época de 19.6, 24.15 y 24.3°C en época de nortes, secas y lluvias, respectivamente (CONAGUA, 2018), así como las horas sin refrigeración desde su cosecha hasta su llegada al sitio de venta. De acuerdo a las prácticas locales de los ostricultores, los ostiones son mantenidos 6 horas en las lanchas desde el inicio hasta el final de la extracción, al término de la cual son clasificados en las instalaciones de las cooperativas y almacenados en costales a temperatura ambiente hasta su distribución desde la cooperativa en el SLM hacia los diferentes sitios de venta tales como restaurantes, coctelerías y puestos ambulantes en la zona Zona Metropolitana de Veracruz. Los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado forman parte de la Zona Metropolitana de Veracruz. Esta región costera colinda al norte con el municipio de la Antigua, al este con el Golfo de México y al sur con Tlacotalpan y Lerdo de Tejada. Para la estimación



del riesgo se calculó un tiempo de 10 h sin refrigeración para la cadena de distribución desde la cosecha y transportación hasta los restaurantes y coctelerías y de 12 h para vendedores ambulantes que adquieren directamente el producto en las cooperativas localizadas en el SLM ó en centrales de abasto y los mercados de pescadería en el área, estimando la distancia desde el SLM hacia puntos de venta distantes de la Zona Metropolitana de Veracruz y utilizando como referencia un censo de los establecimientos y vendedores ambulantes en la zona de estudio, actualizado por nosotros a partir del registro público de la Dirección de Comercio, Espectáculos y Mercados de los municipios de Veracruz y Boca del Río (Ramírez, 2018). Para la estimación del riesgo se contempló el consumo de 12 ostiones por persona como tamaño de servicio.

En el Cuadro 3 se muestra el número de casos esperados debido al consumo de una docena de ostión crudo contaminado con *V. parahaemolyticus* patogénico (*tdh+*, *trh+*, *tdh+/trh+*) al momento de entrega en el sitio de venta en diferentes épocas estacionales. El riesgo estimado mostró que el consumo de una porción de 12 ostiones incrementa la probabilidad de casos esperados por cada 100,000 servicios en la época de secas. El consumo de 12 ostiones contaminados con *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+*, y *tdh+/trh+* expendido en restaurantes y coctelerías en época de nortes, fue 19.0, 27.0 y 9.90 casos/100,000 servicios. Por lo que el riesgo en esta época estacional fue clasificado como bajo ( $1.9 \times 10^{-4}$ ,  $2.7 \times 10^{-4}$ ) y muy bajo ( $9.9 \times 10^{-5}$ ) de acuerdo a la clasificación cualitativa del sistema de puntuación logarítmica para la caracterización del riesgo establecido por la FAO/WHO (2009). En época de lluvias se estimaron 97.0 casos/100,000 servicios por el consumo de una ración de 12 ostiones/persona contaminados con *V. parahaemolyticus* *trh+*, clasificado como bajo ( $9.7 \times 10^{-4}$ ). La estimación del riesgo en la época de secas muestra que se esperarían 330.0, 130.0 y 160.0 casos/100,000 servicios por el consumo de una docena de ostiones contaminados con *V. parahaemolyticus* patogénico *tdh+*, *trh+* y *tdh+/trh*, respectivamente, clasificado como un riesgo medio ( $3.3$ ,  $1.3$  y  $1.6 \times 10^{-3}$ , respectivamente).





**Cuadro 3. Predicción del riesgo promedio por porción (12 ostiones) asociado con el consumo de *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+* y *tdh+/trh+* en ostión crudo al momento de entrega en restaurantes/coctelerías en la Zona Metropolitana de Veracruz después de ser mantenido 10 h a la temperatura ambiente en las épocas de norte, secas y lluvias.**

Época estacional	Densidad media de <i>V. parahaemolyticus</i> (log NMP/g)	Casos esperados (x100,000 servicios)		
		<i>tdh+</i>	<i>trh+</i>	<i>tdh+/trh+</i>
Nortes	1.88	19.00	27.00	9.90
Secas	0.99	330.00	130.00	160.00
Lluvias	0.55	ND*	97.00	ND*

\*ND = No detectado.

La estimación del riesgo en puestos ambulantes durante la época de nortes mostrado en el Cuadro 4, indica que se esperarían 25.0, 37.0 y 13.0 casos/100,000 servicios por consumo de una docena de ostión crudo contaminado con *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+*, y *tdh+/trh+*, respectivamente; el riesgo en esta época estacional se clasificaría como bajo ( $2.5 \times 10^{-4}$ ,  $3.5 \times 10^{-4}$  y  $1.3 \times 10^{-4}$ , respectivamente), de acuerdo al sistema establecido por la FAO/WHO (2009). En época de lluvias se estimó el riesgo de 14.0, 160 y 14.0 casos/100,000 servicios, respectivamente, clasificado como medio ( $1.6 \times 10^{-3}$ ) y bajo ( $1.4 \times 10^{-4}$ ), respectivamente. El riesgo estimado en la época de secas fue de 520.0, 120.0 y 250.0 casos/100,000 servicios, respectivamente, clasificado como un riesgo medio ( $5.2$ ,  $1.2$  y  $2.5 \times 10^{-3}$ , respectivamente).

**Cuadro 4. Predicción del Riesgo promedio por porción (12 ostiones) asociado con el consumo de *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+* y *tdh+/trh+* en ostión crudo al momento de entrega en puestos ambulantes en la Zona Metropolitana de Veracruz después de ser mantenido 12 h a la temperatura ambiente en la época de nortes, secas y lluvias.**

Época estacional	Densidad media de <i>V. parahaemolyticus</i> (log NMP/g)	Casos esperados (x100,000 servicios)		
		<i>tdh+</i>	<i>trh+</i>	<i>tdh+/trh+</i>
Nortes	1.88	25.00	35.00	13.00
Secas	0.99	520.00	120.00	250.00
Lluvias	0.55	ND	160.00	ND

\*ND = No detectado.



Como se muestra en los Cuadros 3 y 4, el riesgo por consumo de ostión crudo sin refrigeración en restaurantes, coctelerías y puestos ambulantes fue medio durante la época de secas, principalmente debido a la mayor densidad y porcentaje patogénico de *V. parahaemolyticus tdh+* en el ostión favorecido por la temperatura y salinidad en el agua del SLM y a la temperatura ambiental promedio de 24.15°C en esta época del año. Similarmente, en la época de lluvias se observó un riesgo medio asociados al consumo de 12 ostiones contaminados con *V. parahaemolyticus trh+*. En estas épocas existe la probabilidad de un mayor número de casos y, por lo tanto, un riesgo medio por el incremento del porcentaje patogénico, ya que estos genes han sido identificados como responsables de la infección por *V. parahaemolyticus*, la cual puede ocasionar cuadros de septicemia primaria en personas inmunocomprometidas (Yeung y Boor, 2004). Ramírez (2018) estimó el riesgo por el consumo de ostiones crudos refrigerados en restaurantes y coctelerías y consumidos no refrigerados en puestos ambulantes. Durante la época de nortes el número de casos estimados por consumo de ostión en puestos ambulantes mantenido a temperatura ambiente fue de 45 casos, mayor al reportado en este estudio (25 casos/100,000 servicios) debido al mayor porcentaje patogénico que detectó de 35% de las muestras positivas de *V. parahaemolyticus* comparado con el 2.5% detectado en el presente estudio. En México, en 2004 se reportaron 1, 230 casos de gastroenteritis por *V. parahaemolyticus* en el estado Sinaloa, con casos recurrentes entre 2004 y 2010 (Velázquez-Román *et al.*, 2012). En Veracruz en 2014 se registraron 27 casos, 2 originados en el Puerto de Veracruz; en 2015 el municipio de Boca del Río y Puerto de Veracruz presentaron el 27.70% (5/18) de los casos originados en el estado (SSA, 2016). El riesgo más alto estimado en este estudio de  $5.2 \times 10^{-3}$  casos/100,000 servicios por consumo de 12 ostiones contaminados en puestos ambulantes en la época de secas es menor al riesgo estimado en otros países como Estados Unidos ( $5,884.0 \times 10^{-4}$ ), Australia ( $228.00 \times 10^{-4}$ ) y Brazil ( $31.00 \times 10^{-5}$ ) (FAO/WHO, 2002; Costa *et al.*, 2014). Huang *et al.* (2017) observaron que el riesgo asociado al consumo de ostión crudo en Taiwan fue estimado en  $8.56 \times 10^{-5}$  por servicio y que la temperatura de 12°C en el proceso y transportación reduce la incidencia anual de infecciones por *V. parahaemolyticus*. En Tepic, México, Ortiz-



Jiménez (2018), realizó la predicción del riesgo en el tiempo de cosecha y observó que el riesgo en verano es seis veces mayor que en invierno después de las 48 h, no obstante que la predicción del riesgo en las cuatro estaciones fueron similares.

La estimación del riesgo en nuestro estudio sugiere que, adicionalmente a la carga bacteriana original en el ostión, el riesgo puede incrementarse por el porcentaje patogénico, el tipo de sitio de venta, el tiempo que permanece el ostión sin refrigeración y por la época estacional. Aún más, el riesgo a la salud del consumidor puede diferir de región a región y variar de acuerdo al método de producción y con las prácticas de manejo. El cambio climático ha ocasionado que diversas bacterias patógenas se adapten a los cambios de temperatura, nutrientes y desequilibrio osmótico; la respuesta a la adaptación al estrés ambiental puede resultar en una modificación en la expresión de genes específicos como los toxigénicos (Dong y Schellhorn, 2010; Mazzon *et al.*, 2012; Pardío *et al.*, 2019). Por lo que el clima tropical, la mala calidad del agua, el bajo estatus socio-económico y la inestabilidad política repercuten en la salud en regiones más vulnerables. De ahí que sea necesario estimar el riesgo a la salud para identificar las posibles intervenciones para reducir o eliminar estos riesgos (Pardío *et al.*, 2016). En este contexto, todos los niveles de gobierno y las agencias internacionales deben basarse en las estimaciones de riesgo para garantizar la inocuidad del alimento y proteger la salud pública, el comercio internacional, la toma de decisiones y la asignación de recursos de forma sustentable.

## Conclusiones

1. Las densidades de *V. parahaemolyticus* *tlh+* fueron significativamente más altas la época de nortes y las de *V. parahaemolyticus* *trh+* en nortes y secas, mientras que las densidades *V. parahaemolyticus* *tdh+* y *tdh/trh+* en secas.
2. El riesgo de consumir un servicio de 12 ostiones crudos contaminados con *V. parahaemolyticus* *tdh+*, *trh+* y *tdh/trh+* en el momento de su entrega en restaurantes/coctelerías y puestos ambulantes es clasificado como un riesgo



- medio en época de secas así como aquéllos contaminados con *V. parahaemolyticus trh+* en puestos ambulantes en la época de lluvias.
3. Los resultados indican que el mantenimiento del ostión a temperatura ambiente, la distribución a los sitios de venta, la época estacional, así como el porcentaje patogénico, influyen en el número de casos esperados, siendo mayor en puestos ambulantes.
  4. En el contexto de este estudio, la presencia de *V. parahaemolyticus* representa un problema de salud pública por el riesgo potencial debido al consumo de ostión crudo en la región. Considerando la importancia económica del recurso y que la calidad del ostión decae rápidamente, la industria ostrícola requiere de métodos de conservación innovadores que favorezcan la inocuidad y calidad nutritiva del alimento, así como aumentar la vida de anaquel del ostión. Simultáneamente, es indispensable establecer un sistema de vigilancia sanitaria que abarque la cadena de producción, la educación a los integrantes de las cooperativas, comercios y consumidores, así como la estimación del riesgo. La habilidad de un país para tener éxito en el aseguramiento de la inocuidad y calidad de sus alimentos radica en la implementación de un sistema de manejo del riesgo basado en la disponibilidad de infraestructura y experiencia técnica para conducir estimaciones del riesgo, ya que ambas están consideradas internacionalmente como las principales restricciones para el desarrollo de sistemas de gestión de seguridad alimentaria basadas en el riesgo.

### Literatura citada

- Aagesen, A. M., S. Phuvasate, Y. C. Su., C.C. Häse. 2017. Characterizing the adherence profiles of virulent *Vibrio parahaemolyticus* isolates. *Microbial Ecology* 75(1):152-162.





- Bej, A. K., D. P. Patterson, C. W. Brasher, M. Vickery, C. L., D. Jones, D. C. Kaysner. 1999. Detection of total and hemolysin producing *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish using multiplex PCR amplification of *tlh*, *tdh* and *trh*. *Journal of Microbiological Methods* 36:215-225.
- Bozaris, I.S. 2013. *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety*, First Edition. Department of Ichthyology and Aquatic Environment, University of Thessaly, Volos, Greece.
- Cai, Q and Y. Zhang. 2018. Structure, function and regulation of the thermostable direct hemolysin (TDH) in pandemic *Vibrio parahaemolyticus*. *Microbial pathogenesis* 123: 242-245.
- Ceccarelli, D., N.A. Hasan, A. Huq, R.R. Colwell. 2013. Distribution and dynamics of epidemic and pandemic *Vibrio parahaemolyticus* virulence factors. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 3:1-9.
- Chung, H. Y., B. Lee., E. J. Na., K. H. Lee., S. Ryu., H. Yoon., et al. 2018. Potential Survival and Pathogenesis of a Novel Strain, *Vibrio parahaemolyticus* FORC\_022, Isolated from a Soy Sauce Marinated Crab by Genome and Transcriptome Analyses. *Frontiers in Microbiology* 9:1504
- Costa, S. P. S, M. Destro, D. Franco, M. Landgraf. 2014. A quantitative risk assessment model for *Vibrio parahaemolyticus* in raw oysters in Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Food Microbiology* 180:69-77.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2018. <https://smn.conagua.gob.mx/> [consultado el 3 de enero de 2019].
- Coutard, F., S. Lozach, M. Pommepuy, D. Hervio-Heath. 2007. Real-time reverse transcription-PCR for transcriptional expression analysis of virulence and housekeeping genes in viable but nonculturable *Vibrio parahaemolyticus* after recovery of culturability. *Applied and Environmental Microbiology* 73:5183-5189.
- DePaola, A., J. L. Nordstrom., J.C. Bowers, J. G. Wells., and D. W. Cook. 2003. Seasonal abundance of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Alabama oysters. *Applied and Environmental Microbiology* 69:1521-1526.
- Dong, T and H. E. Schellhorn. 2010. Role of *RpoS* in virulence of pathogens. *Infection and Immunity* 78:887-897.



- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). 2009. *Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food*. Microbiological Risk Assessment Series 17. Roma: FAO/WHO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization (FAO/WHO). 2002. Risk assessment of *Campylobacter* spp. in broiler chickens and *Vibrio* spp. in seafood. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Thailand: FAO/WHO.
- Han, H., F. Li., W. Yan., Y. Guo., N. Li., X. Liu. *et al.* 2015. Temporal and Spatial Variation in the Abundance of Total and Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in Shellfish in China. *PloS one* 10(6):1-13.
- Huang, Y. S, C. Hwang A., L. Huang, V. Wu CH., H. Hsiao I. 2017. The risk of *Vibrio parahaemolyticus* infections associated with consumption of raw oysters as affected by processing and distribution conditions in Taiwan. *Food Control* 86 (1):101-109.
- Johnson, C.N., A.R. Flowers, N.F. Noriea, A.M. Zimmerman, J.C. Bowers, A. DePaola, J. Grimes. 2010. Relationships between environmental factors and pathogenic vibrios in the northern Gulf of Mexico. *Applied and Environmental Microbiology* 76:7076–7084.
- Kinsey, T. P., K. Lydon A., J. Bowers C. and J. Jones L. 2015. Effects if Dry Storage and Resubmersion of oysters on total *Vibrio vulnificus* and total and Pathogenic (tdh+/trh+) *Vibrio parahaemolyticus* Levels. *J. Food P.* 78 (8): 1574-1580.
- López, K. M. H., V. T. Pardío S., L. Lizárraga P., J. Williams J., D.I. Martínez H., A. Flores P., R. Uscanga S. y K. Rendón C. 2015a. Environmental parameters influence on the dynamics of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* densities in *Crassostrea virginica* harvested from Mexico's Gulf coast. *Marine Pollution Bulletin* 91:317-329.
- Mala, W., M. Alam., S. Angkititrakul., S. Wongwajana., V. Lulitanond., S. Huttayananont. *et al.* 2016. Serogroup, virulence, and molecular traits of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from clinical and cockle sources in northeastern Thailand. *Infection, Genetics and Evolution* 39:212–218.
- Mazon, R. R., E. Lang, A., C. Silva, A. and M. Marques, V. 2012. Cold shock genes *cspA* and *cspB* from *Caulobacter crescentus* are posttranscriptionally regulated and important for cold adaptation. *Journal of Bacteriology* 194(23):6507-6517.



- Myers, M. L., G. Panicker., and A. Bej, K. 2003. PCR detection of a newly emerged pandemic *Vibrio parahaemolyticus* O3: K6 pathogen in pure cultures and seeded waters from the Gulf of Mexico. *Applied and Environmental Microbiology* 69(4):2194-2200.
- Ortiz, M.A. J. 2018. Quantative evaluation of the risk of *Vibrio parahaemolyticus* through consumption of raw oysters (*Crassostrea corteziensis*) in Tepic, Mexico, under the RCP2.6 and RCP8.5 climate scenarios at different time horizons. *Food Research International* 111(1):111-119.
- Pardío, V., I. Wong, L. Lizárraga, K. López, A. Flores, G. Barrera, F. Alarcón, and C. Fernández. 2019. Survival differences of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* strains in shellstock oysters (*Crassostrea virginica*) from harvest to sale: A risk perspective. p. 1-19. *In*: Diearte, P. G. y Escamilla, M. R. (eds.). *Molluscs*. IntechOpen, London, UK.
- Pardío, V., K. López H., A. Flores P. 2016. Quantitative Risk Assessment in Seafood. p. 209-222. *In*: Yüksel, I., E. Esteves, A. Diler (eds.). *Handbook of Seafood. Quality and Safety Maintenance and Applications*. Nova Publishers, New York, USA.
- Parveen, S., L. Dasilva., A. DePaola., J. Bowers., C. White., K. A. Munasinghe. *et al.*, 2013. Development and validation of a predictive model for the growth of *Vibrio parahaemolyticus* in post-harvest shellstock oysters. *International Journal of Food Microbiology* 161:1-6.
- Raghunath, P. 2015. Roles of thermostable direct hemolysin (TDH) and TDH-related hemolysin (TRH) in *Vibrio parahaemolyticus*. *Frontiers in Microbiology* 5:1-4.
- Ramírez, K. 2018. Estimación del riesgo de exposición a *Vibrio parahaemolyticus* toxigénico por consumo de ostión americano (*Crassostrea virginica*) expendido en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río y Alvarado (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- SE (Secretaría de Economía. Gobierno de México). 2011. NMX-FF-001-SCFI-2011 <http://www.economia.gob.mx/> (consultado el 15 de mayo del 2016).
- SSA (Secretaría de Salud). 2016. Listado nominal de resultados. Veracruz, México. <http://portal.salud.gob.mx/> (consultado el 15 de mayo del 2016).
- SSA (Secretaría de Salud. Gobierno de México). 1994. NOM-109-SSA1-1994.
- SSA (Secretaría de Salud. Gobierno de México). 2009. NOM-242-SSA1-2009. <http://portal.salud.gob.mx/> (consultado el 5 de febrero del 2019).



- Su, Y. and C. Liu. 2007. *Vibrio parahaemolyticus*: a concern of seafood safety. Food Microbiol. 24: 549-558.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2018. Most Probable Number Procedure and Tables. MLG Appendix 2.05. Athens (GA): Laboratory Quality Assurance Staff (LQAS).
- Velázquez Román, J., N. León S., H. Flores V., S. Villafaña R., A. Canizalez R. 2012. Association of pandemic *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6 present in the coastal environment of Northwest Mexico with cases of recurrent diarrhea between 2004 and 2010. Applied and Environmental Microbiology 78:1794-1803.
- Yeung, M. and K. Boor. 2004. Epidemiology, pathogenesis, and prevention of foodborne *Vibrio parahemolyticus* infections. Foodborne Pathogens and Disease 1:1-15.





## LA PRODUCCIÓN DEL POLICULTIVO TLAPIA-LANGOSTINO, UNA ALTERNATIVA FACTIBLE PARA LOS PRODUCTORES ACUÍCOLAS

Alejandra Ivonne García Sánchez<sup>239</sup>, Juan Lorenzo Reta Mendiola<sup>239</sup>, Alberto Asiain Hoyos<sup>239</sup>  
y Liliana Armida Alcudia<sup>239\*</sup>

### Resumen

En México, la región tropical productora de tilapia (*Oreochromis spp.*) cuenta con las condiciones necesarias para la producción en policultivo, por lo que su potencial debe ser aprovechado. Específicamente en el estado de Veracruz, no hay producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en combinación con langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*), es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el proyecto de inversión para la producción del policultivo tilapia-langostino y determinar la factibilidad del proyecto utilizando el método de Flujo de Caja Descontado. Se obtuvo que con una inversión de \$1, 475,025.00, y con costos de operación anuales de \$881,256.42, las utilidades anuales son de \$643,761.65, el VAN de \$965,338.16, el TIR 33.26% y el B/C 1.20, en un horizonte de 5 años y una amortización total del proyecto en 3 años. Estos datos brindan a los productores de tilapia la información necesaria para la toma de decisiones y cambiar su producción de monocultivo a policultivo, ya que se considera una alternativa para la disminución de costos y el aumento de utilidad de su agroecosistema acuícola.

**Palabras clave:** policultivo, *Macrobrachium*, *Oreochromis*

---

<sup>239</sup> Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. \*[alcudial@colpos.mx](mailto:alcudial@colpos.mx)



## Introducción

La acuicultura es considerada una estrategia para el combate del hambre, además de generar empleos, con la demanda de insumos se dinamiza el mercado interno logrando un gran impacto social y es practicada desde pequeñas unidades de traspatio hasta las comerciales altamente tecnificadas e intensivas (Platas-Rosado y Vilaboa-Arroniz, 2014). La acuicultura es calificada como una actividad productiva orientada a la producción de alimento, utilizada como estrategia para mejorar los rendimientos de producción e infraestructura, así como se han desarrollado diversas tecnologías de producción a lo largo del tiempo (Navarrete-Salgado *et al.*, 2000).

La tilapia es una de las especies de producción acuícola popularmente cultivada en más de 120 países (Cai *et al.*, 2018), habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento, son peces de aguas cálidas, generalmente de agua dulce con tolerancia al agua salobre. Es resistente a condiciones de agua poco oxigenada y turbias por el florecimiento de plancton (Massaut *et al.*, 2004; Flores, 2010). En condiciones de cultivo en donde existe el control de la calidad del agua, presenta un crecimiento óptimo que hace la actividad rentable.

La pesquería mexicana del langostino de río se basa actualmente en la explotación de cuatro especies principales: dos en la región del Golfo de México y dos en la región del Pacífico, todas del género *Macrobrachium* (Alonso *et al.*, 1997). Estos organismos viven en lugares tropicales y subtropicales, en agua dulce y salobre, son omnívoros, detritívoros, saprófitos, con hábitos canibalísticos y aceptan el alimento artificial (Mayorga-Castañeda, 2011). Actualmente en la zona de Sotavento y Grandes Montañas del estado de Veracruz, presenta un gran potencial para su desarrollo en el estabón de engorda (Reta-Mendiola *et al.*, 2019).

Las características que presenta la región de estudio en México, tanto física, naturales, sociales y de posición geográfica, son condiciones necesarias y suficientes para el desarrollo de la producción acuícola (Platas-Rosado y Vilaboa-Arroniz, 2014). Se estima que al menos el 20% de la producción, se cultiva en estanques en tierra



firme, el cultivo de mayor importancia es de tilapia *Oreochromis niloticus* (Ventura *et al.*, 2014), ocupando en 2017 el noveno lugar en producción de tilapia en el mundo con 163,714 toneladas anuales y el quinto lugar de producción mundial bajo sistemas controlados. La producción acuícola por especie es encabezada por la tilapia con el 37.4% de la producción nacional, seguida del camarón con el 36.1%; en tercer lugar lo obtiene el ostión con 11.3%, la carpa con 7.6% al igual que el resto de las especies (SIAP, 2018).

En el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave en la década de los setentas, el río Jamapa era un proveedor de recursos acuáticos importante, en donde era común cosechar peces y crustáceos, estos últimos incluyendo postlarvas de camarón prieto (*Macrobrachium acanthurus*) entre otros crustáceos de agua dulce de importancia comercial. Los organismos capturados se utilizaban con los objetivos de consumo e investigación para su cultivo. En la actualidad la producción natural de estas especies, ha ido en declive por lo que instancias de investigación regionales se han dado a la tarea de investigar y diseñar sistemas acuícolas para la producción de postlarva para su posterior distribución a productores interesados en la engorda y con ello incrementar sus utilidades con la producción del policultivo tilapia-langostino (Reta-Mendiola *et al.*, 2019).

Ambas especies se cultivan en agua dulce y debido a sus hábitos y su relación interespecífica, pueden convivir en el mismo estanque en una interacción tendiente a ser mutualista. Esto refiere a que cada especie se beneficia con la existencia de la otra, ya que el langostino, habitando en el fondo del estanque y como organismo detritívoro se provee de alimento, consumiendo parte de los desechos de la tilapia, ayudando a reducir los compuestos nitrogenados que repercuten en la calidad de agua del estanque, favoreciendo el hábitat donde se desarrollan las dos especies.

El policultivo consiste en cultivar una especie principal, por lo general con mayor densidad de población o dominancia y la inclusión de una o más especies adicionales a la existente, a fin de utilizar de una manera más eficiente los recursos disponibles en el estanque (García-Guerero *et al.*, 2013). Aunque existen diferentes modelos de policultivo (Tafur-Gonzales *et al.*, 2009) en todos los casos se aprovecha más eficientemente los diferentes estratos y recursos del estanque (Sanabria-



Parrado, 2016). El uso de diversos nichos tróficos es la razón por la que el policultivo ha sido exitoso. El policultivo de tilapia-langostino tiene un rendimiento neto superior al aprovechamiento de estas mismas especies en monocultivo (Alvarez-Torres *et al.*, 1999; Asiain-Hoyos *et al.*, 2013), el policultivo de estas dos especies es viable y se recomienda para elevar el rendimiento por unidad de superficie y con esto elevar la rentabilidad, sin incrementar significativamente los costos de operación ni la infraestructura, con el trabajo de la misma mano de obra y los mismos requerimientos energéticos para el uso de equipos de aireación (Ponce-Marbán *et al.*, 2005).

Desde una perspectiva general, los proyectos de inversión, se entiende como una intervención en un medio para dar solución a una problemática existente y lograr un cambio deseado (Valencia, 2012).

La inversión, en un sentido amplio, es el flujo de dinero orientado a la creación o mantenimiento de bienes de capital y a la realización de proyectos rentables (Aching-Guzmán, 2006). Por lo que en medición de los proyectos de inversión existen indicadores de acuerdo al tipo de evaluación en los que se harán uso de ellos. La evaluación financiera tradicional de un proyecto considerando el Valor Actual Neto (Robles-Berlanga *et al.*, 2007) consiste en estimar los beneficios y los costos en cada periodo y obtener el flujo de efectivo que será actualizado al periodo de inicio al usar una tasa de descuento y al resultado obtenido se le resta la inversión inicial (Cadeza-Espinosa *et al.*, 2017). Infante-Villareal (1984), lo describe simplemente como “el valor medido en dinero de hoy”. Por consiguiente, la evaluación de un proyecto de inversión va más allá del análisis de la viabilidad en el uso de los recursos destinados para la ejecución del proyecto, sino que además determina el impacto económico, ambiental y social de la región donde se pretenda llevar a cabo. También, se analiza la eficiencia de los recursos disponibles con el objetivo de obtener beneficios económicos a mediano y largo plazo, llevando una relación recíproca entre el agroecosistema acuícola y activación de la economía local.

Aun siendo cultivos que se producen de manera independiente en la región, la relación que guardan entre sí permiten desarrollar el proyecto para la producción del policultivo de tilapia-langostino, por lo que es necesario implementar proyectos





innovadores en los cuales se aplique la optimización del espacio con los principales recursos en el mismo periodo utilizados para la producción de dos fuentes de proteína animal para consumo humano considerándose así, una alternativa para la disminución de costos y el aumento de utilidad. Por ello la importancia de plantear un proyecto de inversión del policultivo, donde se plasmen los costos y beneficios en la producción del tilapia-langostino, siendo evaluado con el enfoque tradicional de Flujo de Caja Descontado; considerando indicadores para determinar su factibilidad, mostrando ventajas operativas y económicas que el productor tomará para decidir la ejecución del proyecto y obtener un mayor rendimiento económico del estanque, aun con una disminución de biomasa total de cultivo.

## **Materiales y métodos**

La presente evaluación emplea la metodología para el análisis de proyectos de inversión, particularmente el método tradicional de Flujo de Caja Descontado. Como plataforma de análisis se utilizó una hoja de cálculo electrónica (Excel 2013 de Microsoft).

Para generar los datos de análisis se utilizó un proyecto de tilapia previamente elaborado y sometido a fuentes de financiamiento en el formato de la SAGARPA 2018; y una evaluación ex ante o evaluación hecha antes de la ejecución del proyecto de policultivo tilapia-langostino, el cual fue estructurado de manera teórica utilizando datos de mercado actuales.

Los indicadores financieros de B/C (beneficio costo), TIR (tasa interna de retorno), y VAN (valor actual neto) fueron calculados considerando un horizonte de 5 años y una tasa de descuento del 10%.

El proyecto consta de 10 piletas de geomembrana de 12 m de diámetro y un metro de profundidad, bajo las condiciones de calidad del agua y medioambientales prevalecientes en la región de Llanuras de Sotavento del Estado de Veracruz, México. El tipo de cultivo es intensivo usando equipo de aireación y recambios de agua para mantener las condiciones óptimas de producción.



Una vez obtenidos los indicadores financieros para la producción de tilapia, se calculó el Punto de Equilibrio (Robles-Berlanga *et al.*, 2007), este dato es el referente para iniciar el policultivo y definir qué cantidad de langostinos es viable incluir en proporción a tilapia. En el cuadro 2 se presentan los diferentes escenarios de combinaciones tilapia-langostino, a partir de la densidad de 22 tilapias por metro cúbico correspondiente a el PE (punto de equilibrio) referido.

Una vez habiendo definido estos escenarios, se procedió a calcular los indicadores financieros del policultivo, incluyendo los conceptos necesarios para el manejo de los langostinos y tilapia. En el Cuadro 1 se presenta las variables determinantes utilizadas para dicho fin, como lo son las tallas de inicio y de cosecha y el porcentaje de sobrevivencia propuesto y el precio de venta encontrado en el mercado local.

#### **Cuadro 8. Datos generales para el análisis del proyecto para el monocultivo y policultivo.**

<b>Concepto</b>	<b>Tilapia</b>	<b>Langostino</b>
Peso inicial g	10	1
Peso finalizado kg	0.480	0.040
Precio de venta \$/kg	55	350
Porcentaje de mortalidad %	10	10

Fuente: Elaboración Propia.

Con el objetivo de encontrar el mayor beneficio del policultivo, se realizó un análisis de sensibilidad, variando las cantidades de cada especie. Para dicho efecto se consideró como base de análisis la densidad de tilapias correspondiente al PE de 22 tilapia/m<sup>3</sup> (Cuadro 2). La cantidad de langostinos se ajustó considerando un langostino para el primer escenario, cinco individuos por m<sup>2</sup> en el segundo escenario y posteriormente se incrementó el número de langostinos de uno en uno, hasta llegar a 15 langostinos por m<sup>2</sup> en el último escenario como se muestra en el cuadro 2, y con ello determinar la rentabilidad del proyecto del policultivo tilapia-langostino.



**Cuadro 9. Escenarios para el análisis del proyecto del policultivo tilapia-langostino.**

Escenarios	Tilapia/m <sup>3</sup>	Langostino/m <sup>2</sup>
1	11	1
2	12	5
3	13	6
4	14	7
5	15	8
6	16	9
7	17	10
8	18	11
9	19	12
10	20	13
11	21	14
12	22	15

Fuente: Elaboración Propia.

## Resultados y discusión

El PE de la producción de tilapia se obtuvo en 22 peces por m<sup>3</sup>, a partir de ese dato se realizó el cálculo de los indicadores con dicha carga por m<sup>3</sup> para tilapia y posteriormente se estableció el escenario óptimo para la producción del policultivo de 22-15 tilapia-langostino, obteniéndose los resultados mostrados en el cuadro 3 para cada sistema.

**Cuadro 10. Resultados financieros de los sistemas de monocultivo y policultivo.**

Concepto	Monocultivo (22)	Policultivo (22-15)
Inversión \$	1,442,485.00	1,475,025.00
Costos de operación \$	793,532.39	881,256.42
Producción anual kg	21,479.04	22,625.01
Ingresos \$	1,181,347.20	1,525,018.07
Utilidad anual \$	387,814.81	643,761.65

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados muestran que si bien el policultivo presenta un costo de inversión y operación ligeramente mayor de \$32,540.0 y \$87,724.03 respectivamente, los indicadores de rentabilidad muestran que el policultivo tiene mayor beneficio económico, dando un mayor margen de seguridad a la inversión. Uno de los resultados importantes es la utilidad que supera el policultivo al monocultivo por



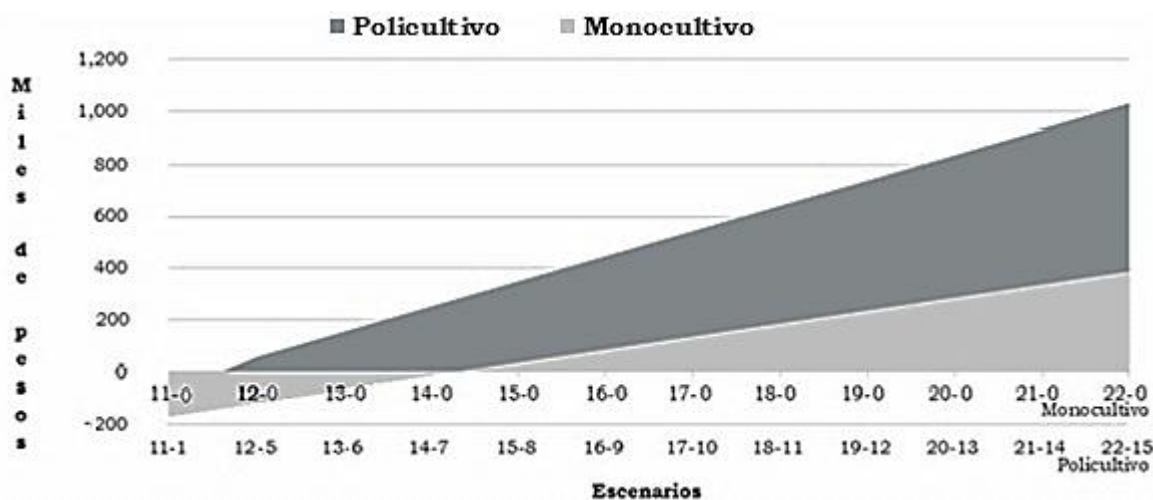
65%. Los indicadores de rentabilidad de los proyectos como lo son VAN, TIR y B/C se presentan en el cuadro 4, mostrando el resultado de la producción en monocultivo y policultivo. Por lo que define que al ser mayor la VAN en el policultivo, equivale a una amortización del proyecto en un horizonte menor a cinco años, en este caso particular el horizonte resulta en un periodo de tres años. Referente a la TIR se puede observar que el monocultivo presenta una tasa muy cercana a la tasa de descuento, y la correspondiente TIR del monocultivo es 23.6% más alta que la tasa de descuento, permitiendo una toma de decisiones a favor de llevar a cabo el policultivo. El indicador de B/C muestra el monocultivo en punto de equilibrio y al policultivo con el 20% de utilidad.

#### Cuadro 11. Indicadores de rentabilidad del proyecto monocultivo y policultivo.

Concepto	Valor	
	Monocultivo	Policultivo
Valor Actual Neto (VAN) \$	251,482.32	965,338.16
Tasa Interna de Retorno (TIR) %	10.75	33.26
Relación Beneficio/Costo	1.01	1.20

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 1 se representa la utilidad anual de cada cultivo y los escenarios establecidos para cada uno de ellos, mostrando que la utilidad del policultivo es mayor que la del monocultivo y que cada escenario propicia una inclinación de la tendencia, siendo esta mayor en el policultivo.

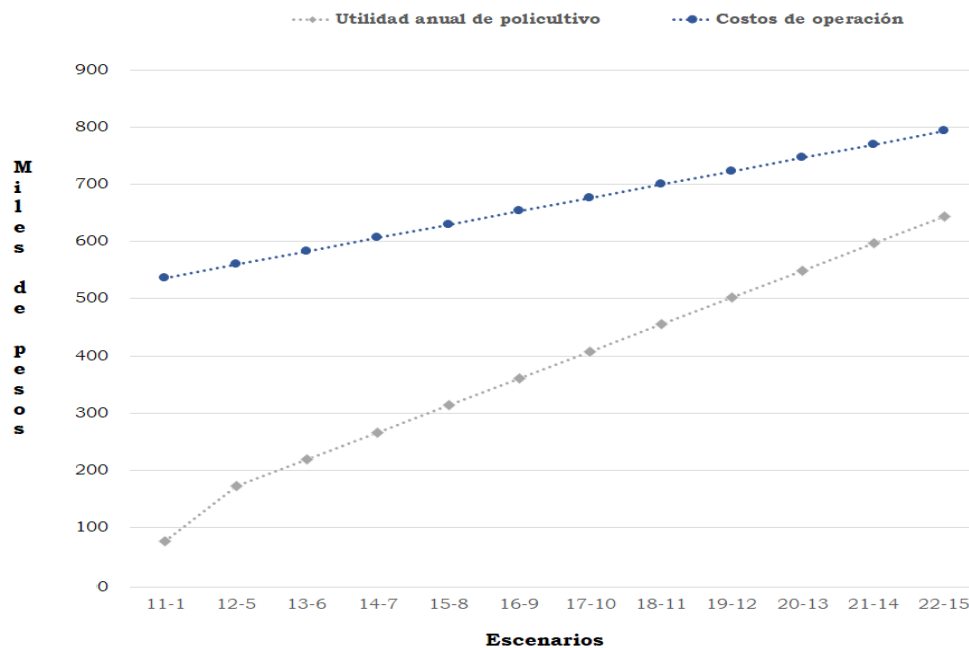


**Figura 8. Utilidad anual de monocultivo y policultivo en cada escenario.**  
Fuente: Elaboración Propia.





La Figura 2 presenta los resultados de los costos de operación y la utilidad anuales del policultivo, mostrando que los costos son cubiertos en su totalidad en cada uno de los escenarios, y obteniendo utilidades mayores que en la producción en monocultivo. La relación entre costos de operación y utilidad se va estrechando, siendo menor en el escenario 22-15, esto refiere a que la utilidad incrementa significativamente al incrementar una unidad de tilapia por  $m^3$  y de langostino por  $m^2$ , pero sin llegar a igualarse los resultados de los costos de operación y la utilidad, ya que a partir del escenario óptimo a mayor incremento de individuos los costos de operación son mayores y las cargas de tilapia por  $m^3$  y de langostino por  $m^2$  son altas y por lo tanto tiende a ser insostenibles en el estanque.

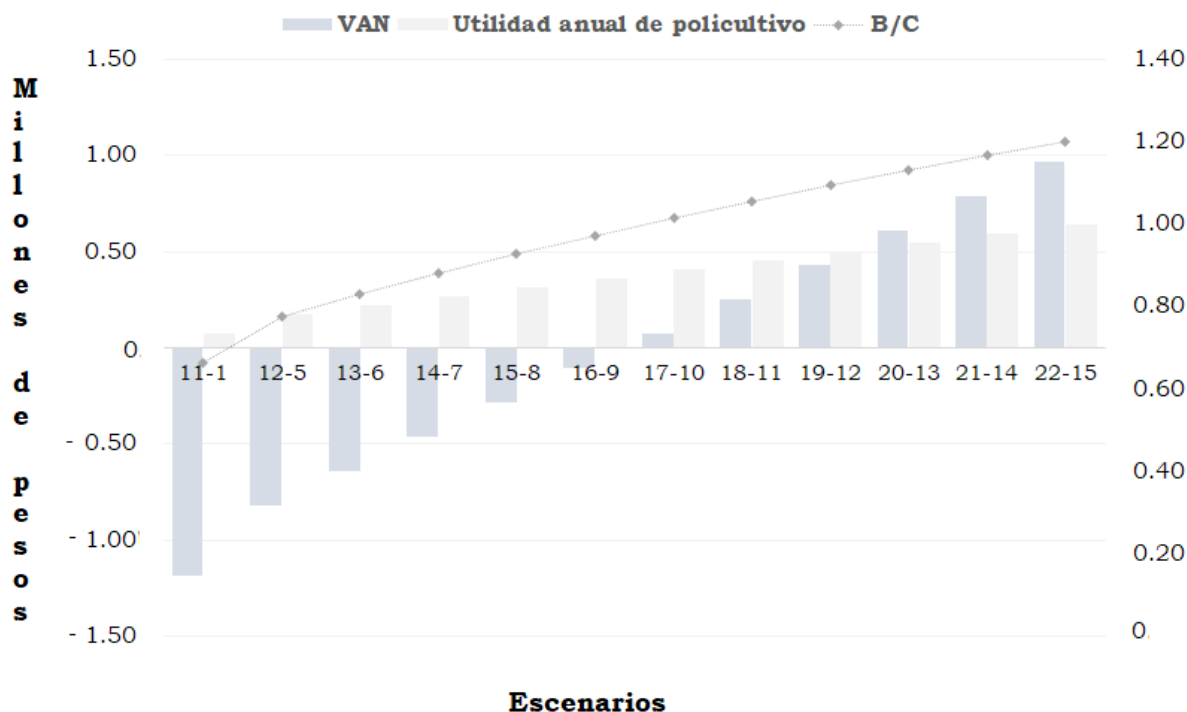


**Figura 9. Costos de operación y utilidad anuales del policultivo.**  
**Fuente: elaboración propia.**

En la Figura 3 se observa el incremento de los indicadores TIR, VAN y B/C. El VAN en los primeros seis escenarios es negativo y a partir del escenario 17-10 cambia a positivo, por lo que a partir de dicho escenario se garantiza la amortización del proyecto con un mayor número de años de horizonte y que en el escenario óptimo 22-15 la amortización total del proyecto es de tres años. Se observa también el



constante crecimiento del B/C conforme los escenarios incrementan las unidades respectivas.



**Figura 10. Tendencia de indicadores para cada escenario en la producción del policultivo.**

**Fuente: elaboración propia.**

## Conclusiones

1. Se determina que el mejor escenario para la producción del policultivo es el de 22-15 tilapias–langostinos respectivamente.
2. Los resultados obtenidos en el análisis del proyecto de inversión del policultivo tilapia-langostino son favorables para plantear la propuesta de inversión, puesto que los resultados arrojan la factibilidad económica para llevarlo a cabo y crear una alternativa para el productor de tilapia e incrementar los ingresos en el ciclo productivo.



3. El estudio provee la información que brinda la oportunidad a los productores para tomar la decisión de cambio del monocultivo al policultivo y con ello obtener el mayor beneficio de su agroecosistema acuícola.
4. Se determina que el proyecto de inversión del policultivo tilapia-langostino, es viable, además de que la inversión es cubierta en su totalidad en el Año 3, por lo que a partir de ese año, se pueden considerar las utilidades como ganancia o reinversión. Por otro lado, con una menor cantidad de biomasa en estanque se obtiene una mayor utilidad bajo un menor riesgo, ya que el langostino proyecta significativamente los ingresos y disminuye los costos de operación, ya que se reduce el alimento debido al decremento de la densidad de tilapia, que es el insumo de mayor costo en el proyecto.

### Literatura citada

- Aching-Guzmán, C. 2006. Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales. In: Mypess (ed.). e-libro, Corp. p. 306.
- Alonso, A., G. Cabañas, J. R. de la Fuente, J. F. Valdés, S. L. García-Colín, T. Garza, *et al.* 1997. El océano y sus recursos. Fondo de Cultura Económica.
- Alvarez-Torres, P., C. Ramírez-Martínez y A. Orbe-Mendoza. 1999. Desarrollo de la acuicultura en México y perspectivas de la acuicultura rural. Taller ARPE, FAO-UCT, 09 al 12 Noviembre 1999. 38p.
- Asiain-Hoyos, A., B. Fernández-Díaz, J. L. Reta-Mendiola, M. S. Delgadillo-Tiburcio, F. Platas-Guevara y C. A. Suárez-Santa-Cruz. 2013. Manual de policultivo langostino malayo - tilapia. Fundación Produce Morelos A.C. y Colegio de Postgraduados, México. 36p.
- Cadeza-Espinosa, M., J. d. J. Brambila-Paz, L. E. Chalita-Tovar y A. González-Estrada. 2017. Evaluación financiera con la metodología de opciones reales de una inversión para producir quitosano con base en desperdicio de camarón. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 14: 533-545.



- Cai, J., P. Leung, Y. Luo, X. Yuan y Y. Yuan. 2018. Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modelling. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper: I-64.
- Flores, P. 2010. Plan de negocios para la producción simultánea de pez de tilapia y camarón de agua dulce de la especie *Oreochromis niloticus* y *Macrobrachium rosenbergii*, en el departamento de san vicente, el salvador. Carrera de Administración de Agronegocio. Noviembre 2010: 64 p.
- García-Guerero, M. U., F. Becerril-Morales, F. Vega-Villasante y L. F. Espinosa-Chaurand. 2013. Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: Conocimiento actual, rol ecológico y conservación. Latin American Journal of Aquatic Research 41: 651-675.
- Infante-Villareal, A. 1984. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Editoriaial Norma. Colombia. 401 pp.
- Massaut, L., R. Rodríguez y C. del Mar. 2004. El efecto de la tilapia sobre la producción de camarón bajo condiciones de mancha blanca. Comunicación Científica CIVA 706-712.
- Mayorga-Castañeda, F. J. 2011. Acuerdo por el que se da a conocer la carta nacional acuicola. Diario Oficial 1: 1-50.
- Navarrete-Salgado, N. A., E. Fernández-Guillermo, G. Contreras-Rivero y M. Rojas-Bustamante. 2000. Policultivo de carpas y tilapia en bordos rurales del estado de México. Hidrobiológica 10: 35-40.
- Platas-Rosado, D. E. y J. Vilaboa-Arroniz. 2014. La acuacultura mexicana: Potencialidad, retos y áreas de oportunidad. Revista Mexicana de Agronegocios 18.
- Ponce-Marbán, D. V., J. Hernández-Guerra y E. Gasca-Leyva. 2005. Viabilidad económica del policultivo de tilapia nilótica y langosta australiana en el estado de Yucatán, México. In: ULPGC. F. d. C. E. d. I.s (ed.). Facultad de Ciencias Económicas de la ULPGC.
- Reta-Mendiola, J. L., A. Asiain-Hoyos, J. Doínguez-Mora, B. Fernández-Díaz y J. Salazar-Ortíz. 2019. La cadena agroalimentaria del langostino malayo (*macrobrachium rosenbergii*) en las regiones de sotavento y grandes montañas del estado de veracruz, méxico:Una propuesta para su desarrollo. Panorama Acuícola 24: 68-70.





- Robles-Berlanga, H., P. Aguilar Méndez, R. Rangel Núñez, P. Rábago Riquer, G. Rangel Faz, G. M. Álvarez López, *et al.* 2007. Metaevaluación de programas de la sagarpa dirigidos a productos agrícolas básicos. Resultados generales. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria Cámara de Diputados LX Legislatura/Congreso de la Unión México, primera edición, 349 p.
- Sanabria-Parrado, Y. A. 2016. Historia de la acuicultura en Colombia. Revista AquaTIC.
- SIAP. 2018. Atlas agroalimentario 2018. SAGARPA "Published on the Internet:" [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018). Consultado el 11 de agosto de 2018.
- Tafur-Gonzales, J., F. Alcántara-Bocanegra, M. Del Águila-Pizarro, R. Cubas-Guerra, M.-P. Luis y F. W. CHU-KOO. 2009. Paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (cichlidae). Folia Amazónica 18: 97-104.
- Valencia, W. A. 2012. Los estudios de impacto ambiental y su implicancia en las inversiones de los proyectos. Industrial Data 15: 17-20.
- Ventura, M., T. Buchaca, D. Buñay, T. Larsen, S. Pla-Rabes, I. Sabas *et al.* 2014. Efecto de la introducción de peces en la conservación de anfibios y crustáceos de lagos de alta montaña. Integrative Freshwater Ecology 1: 215-230.



## USO DE REDES COMPLEJAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE LA ACUACULTURA ANTE EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Juan Acosta Jimeno<sup>240</sup>, Alberto Asiain Hoyos<sup>240\*</sup>, Juan L. Reta Mendiola<sup>240</sup>, Diego E. Platas Rosado<sup>240</sup> y J.F. Eucario Gasca Leyva<sup>241</sup>

### Resumen

El análisis y cuantificación de la vulnerabilidad de las actividades acuícolas ante el cambio climático es un problema que requiere un enfoque sistémico y el uso de herramientas de la complejidad. En el presente trabajo se modeló la producción de trucha arcoíris en el estado de Veracruz como una red compleja en la línea base, usando datos generados por un simulador. Se aplicaron “ataques” o perturbaciones a la red en tiempos sucesivos, simulando incrementos en la temperatura del agua de cultivo a lo largo del siglo XXI, perturbaciones que iban dejando fuera del territorio de producción de trucha cada vez a más granjas. Los resultados de cada simulación sucesiva proporcionaron redes cada vez más diezmadas en el número de sus nodos y enlaces. A cada nueva red se le calcularon una serie de métricas que proporcionaron valores cuantitativos referentes a su estructura y funcionalidad. Los resultados reflejan que el uso de las redes complejas permite modelar tanto la estructura como la función de un sistema productivo. Esta posibilidad permite al investigador realizar ejercicios de simulación que sometan al sistema a condiciones que modifiquen una o ambas características, observando los resultados de estas modificaciones de manera cualitativa y cuantitativa. En este caso particular, es posible afirmar que esta herramienta es idónea para la evaluación de la sensibilidad de una red de producción de alimentos, específicamente de trucha, dependiente de variables climáticas como la temperatura, ante los posibles efectos del calentamiento global. Esta herramienta, junto con otras, permitirá evaluar la

---

<sup>240</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*aasiain@c. olpos.mx

<sup>241</sup> Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida.



vulnerabilidad de una red y proporcionará elementos de decisión a los encargados de las políticas públicas del sector para la mitigación selectiva de dichos efectos.

**Palabras clave:** modelación y simulación, cambio climático, trucha arcoíris, redes complejas, vulnerabilidad

## Introducción

La acuicultura, siendo la zootecnia para la producción de proteína para consumo primordialmente humano con mayor crecimiento en el mundo (FAO, 2018), es también una de las actividades en riesgo frente a los potenciales efectos del calentamiento global (Barange *et al.*, 2018; Brander *et al.*, 2018; Dabbadie *et al.*, 2018). La dependencia ante las condiciones y variabilidad climáticas que tiene esta actividad, como todas las formas de producción de alimento (Wu *et al.*, 2014), tiene que ver principalmente con la fisiología de los organismos en cultivo (Ebersole *et al.*, 2001; Viadero, 2005), que a su vez repercute en los rendimientos, la viabilidad económica y en el último de los casos, de su persistencia como medio de vida y sustento, no solo para los productores, sino para todo el sistema productivo (Li *et al.*, 2016).

Un sistema de producción de alimentos es un grupo complejo de unidades socioeconómicas (Godfray *et al.*, 2011), que realizan una serie de funciones individuales, y que están relacionadas unas con otras mediante flujos (Lockie y Kitto, 2000; Friedland, 2001). Estos flujos se definen como productos generados en un nivel del sistema, los cuales son insumos para el siguiente nivel. Así, las unidades pertenecientes a cada nivel se enlazan necesariamente con unidades del siguiente nivel, aunque opcionalmente pueden relacionarse con unidades de su mismo nivel y existir también flujo entre ellas (Renting *et al.*, 2003). Todo lo anterior existe en un territorio, el cual presenta una serie de características de tipo social, económico, cultural, geográfico y climático, en un tiempo determinado (Marsden, 1998; Guthman, 2004). El territorio tiene fronteras claramente delimitadas y



necesariamente permeables a todas las características arriba mencionadas (Bastiaensen *et al.*, 2015). Dicho territorio es definido por el conjunto de tales características, y es claro que, cuando alguna de las características anteriores cambia, es posible que la forma y extensión del territorio cambie consecuentemente (Acosta-Jimeno *et al.*, en prensa).

El sistema de producción descrito puede ser modelado con la finalidad de realizar simulaciones sobre posibles modificaciones a su estructura para el análisis de sus efectos. Si cada elemento del sistema se simboliza como un “objeto”, y la relación que existe entre los diferentes objetos se simboliza como una línea o “enlace”, se tiene un modelo conceptual que simula una trama o red y son el tema principal de estudio en la teoría de grafos (Nath, 2017; Rahman, 2017). Las redes complejas convierten estos modelos conceptuales en modelos numéricos en los que un sistema y sus interacciones se convierten en matrices, las cuales pueden ser analizadas mediante aproximaciones estructurales, matemáticas y estadísticas, entre otras (Latora *et al.*, 2017). En particular, las aproximaciones estructurales tienen que ver con la relación de ubicación que tienen los objetos, también llamados *vértices* o *nodos* y sus enlaces o *bordes*, como se les denomina en el lenguaje de la ciencia de redes (Newman, 2010; Latora *et al.*, 2017). El análisis de la estructura de la red, también llamada topología, implica el observar lo que ocurre con una serie de indicadores, denominados *métricas*, calculados a partir de las matrices numéricas que conforman las redes (Newman *et al.*, 2006). Específicamente, las métricas topológicas derivadas de una red que sufre “ataques” sistemáticos (Albert *et al.*, 2000; Crucitti *et al.*, 2003) describen su *robustez* (Ventresca y Aleman, 2014; Zhang *et al.*, 2015), característica que en algunos contextos dentro de la ciencia de redes puede ser también denominada *resiliencia* o *elasticidad* (Sydney *et al.*, 2008). El análisis de la robustez de redes se generó para la simulación de ataques reales dirigidos a líneas de comunicación, como telefonía o la internet, y su uso se ha extendido a la epidemiología, mercados financieros y otros sistemas potencialmente vulnerables, dentro del ámbito de la defensa de recursos estratégicos (Killingback *et al.*, 2013).



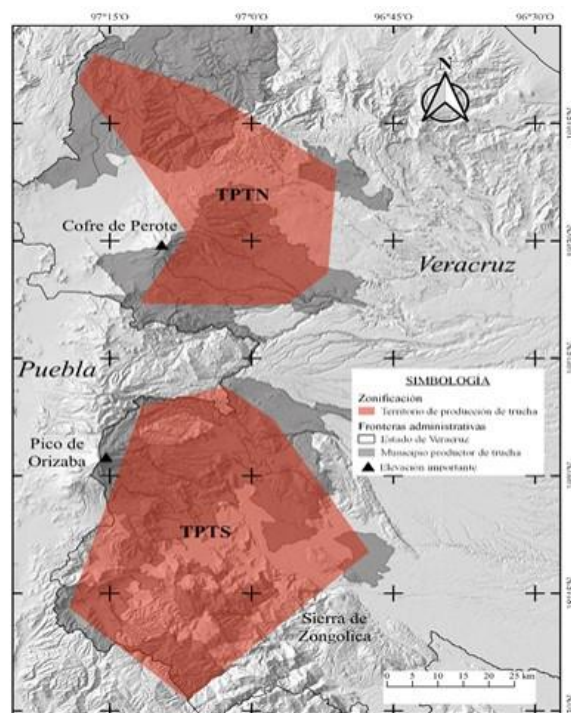


Se ha demostrado que, con base en la aplicación de los potenciales efectos de escenarios de cambio climático a modelos del territorio potencial de producción de trucha (TPPT) en Veracruz, la extensión y tamaño de dicho territorio puede modificarse significativamente. Esto implicaría que un cierto número de granjas (aproximadamente una por año) quedarían expuestas a lo largo del presente siglo, en caso de que se cumplieran los pronósticos más severos (trayectoria de concentración representativa o RCP = 8.5 Wm<sup>-2</sup>). La exposición, una de las variables que definen la vulnerabilidad ante el cambio climático (Adger, 2006), en este caso implicaría que una granja quedaría fuera del TPPT, definido exclusivamente por la temperatura requerida para la engorda de trucha durante al menos un ciclo productivo anual de 8 meses/año. Si se modela el sistema de producción de trucha en Veracruz como una red, cuya jerarquía central la componen las granjas, y otras jerarquías las conforman proveedores y comercializadores minoristas, se pueden simular ataques a dicha red. Estos ataques consistirían en la desaparición de las granjas expuestas en un lapso predefinido, desapareciendo no solamente los nodos que las representarían, sino también las relaciones con los nodos de jerarquías anteriores y siguientes por causa de los efectos del cambio climático. Esto permitiría cuantificar otro de los componentes de la vulnerabilidad: la sensibilidad.

El objetivo del presente estudio fue desarrollar de una metodología para el análisis de la estructura y funcionamiento de un sistema complejo de producción de alimento, específicamente trucha arcoíris, mediante el uso de un modelo de red compleja, y su sensibilidad cuando es sometida a una simulación de los efectos potenciales del calentamiento global en el estado de Veracruz.

## Material y métodos

El área de estudio es la zona montañosa central del estado de Veracruz, México. El mapa de la Figura 1 representa el área de donde se obtuvieron parte de los datos para la construcción del modelo de red compleja.



**Figura 1. Área de estudio. Los polígonos grises son los municipios donde se cultiva trucha. Los polígonos de color indican el territorio que abarcan las granjas de producción de trucha norte (TPTN) y sur (TPTS).**

Se construyó un modelo teórico de red compleja de los productores de trucha arcoíris. La red se diseñó de manera arbitraria, mostrando la mayor diversidad de relaciones entre tres niveles jerárquicos: proveedores (F), productores (G) y comercializadores detallistas (R). Los proveedores se limitaron a dos tipos: proveedores de cría (FA) y proveedores de alimento (FB). Aun cuando se reportan más componentes en un sistema productivo de trucha y otros salmónidos (Saarni *et al.*, 2003), se ha comprobado que en el estado de Veracruz dicho sistema es de pocos eslabones (Reta-Mendiola y Asiain-Hoyos, 2010), y para fines de este trabajo se simplificó aún más.

El modelo de red consiste en una serie de nodos, de los tres niveles jerárquicos mencionados arriba, unidos por relaciones de transferencia de producto entre sí. La red es dirigida y unidireccional, siendo el flujo representado por el valor de los bienes que fluyen de un componente al siguiente, en Moneda Nacional. Aun cuando la



estructura de la red, como se ha mencionado, fue diseñada de manera arbitraria, los valores de los flujos entre nodos fueron modelados utilizando como base los valores obtenidos de la base de datos acuícolas generada en un estudio previo (Reta-Mendiola y Asiain-Hoyos, 2010), de donde se obtuvieron los volúmenes de producción de las granjas trucheras, en kg/año (valor de la mediana = 900 kg/año). Estos volúmenes se recortaron, quitando valores mayores al percentil 90 ( $> 4,000$  kg/año), correspondientes a las granjas más productivas, y fueron graficados, obteniéndose su histograma. Dado que corresponden a una variable estadística continua, los datos se ajustaron a una *distribución gamma* de frecuencia de probabilidades (Agarwal y Kalla, 1996). El ajuste se realizó usando el programa estadístico Minitab, v. 17.3.1 para Windows. Usando los parámetros de la distribución gamma, y mediante el método de simulación de Montecarlo (Rubinstein y Kroese, 2016), se generaron volúmenes de producción de cada uno de los nodos correspondientes a las granjas productoras de trucha (nodos G), con el programa R, v. 3.6.0 para Windows, valores que fueron asignados de manera aleatoria.

Los valores de producción se utilizaron para generar los datos definitivos para el modelo de la red. Para calcular el volumen de alimento adquirido por granja, se multiplicó el volumen de producción por el factor de conversión de alimento, o FCA que para la trucha arcoíris es de 1.3 (Lucas *et al.*, 2019), dado que se trabajan bajas densidades (Logan y Johnston, 1992). Teniendo este valor, se multiplicó por el precio del alimento para trucha (42% de proteína) y se obtuvo el flujo  $FA \rightarrow G$ . Para calcular el flujo  $FB \rightarrow G$  se calculó un peso promedio de venta de 300 gramos (0.3 kg) de trucha, y el volumen de producción total se dividió entre este valor, obteniéndose el número final de peces al momento de la venta. Para calcular el número de alevines comprados, se utilizó una sobrevivencia de 70%, por lo que número de peces al momento de la venta se multiplicó por 1.43 y así se asignó la cantidad de alevín vendido a cada granja, a un precio estimado de \$2.00 M.N. por individuo. Finalmente, los flujos  $G \rightarrow R$  (entre las granjas y los detallistas) se calculó multiplicando el volumen producido por granja por el precio de venta de la trucha (\$62.04 M.N. /kg). Para los casos en que los flujos  $G \rightarrow R$  fueron desde un origen hacía más de un destino (p. ej. G4), los mismos fueron divididos en una proporción



asignada al azar. La estructura y sus valores de flujo, cuya construcción se realizó en Excel v. 2016 para Windows, fueron importados desde el programa Cytoscape, v. 3.7.1. para Windows, con lo que la red quedó conformada en su línea base. Usando este mismo programa y el complemento NetworkAnalyzer (Assenov *et al.*, 2007; Doncheva *et al.*, 2012; Saldaño *et al.*, 2019), se obtuvieron métricas de la red que permiten su análisis topológico antes de una perturbación y después de sufrir perturbaciones secuenciales (Bilal *et al.*, 2013; Bachmann *et al.*, 2017). Las métricas utilizadas se definen mediante ecuaciones han sido descritas en (Newman, 2010; Zweig, 2016).

A la red modelada se le realizaron modificaciones, correspondientes con la ocurrencia de perturbaciones sucesivas, causados por desaparición de granjas productoras de trucha debido a los efectos del calentamiento global en el corto (año 2039), mediano (año 2069) y largo plazo (año 2099). Así, a partir de los datos de *exposición* proporcionados por Acosta-Jimeno y colaboradores (en prensa), se determinó el número de vértices de productores a eliminar por horizonte de simulación (corto, mediano y largo plazo). De esta forma, para cada horizonte se modificó el modelo, eliminándose los vértices de productores de manera aleatoria hasta llegar al horizonte de largo plazo.

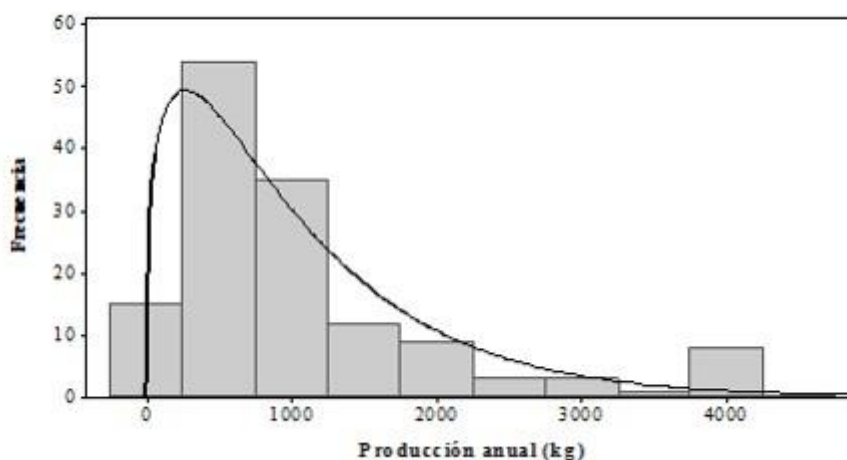
Las simulaciones consistieron en calcular, para la línea base y cada uno de los horizontes modelados, las métricas correspondientes a la topología de la red. Cada vez que la red fue reducida en el número de sus vértices, se volvió a correr una simulación para el cálculo de sus nuevas métricas. Los resultados se analizaron estadísticamente para definir una tasa de modificación de su topología que permitiera determinar la sensibilidad de la red a dichos eventos de perturbación, y por tanto al calentamiento global.

## Resultados y discusión

El histograma, junto con los parámetros de la función de distribución de frecuencias gamma obtenidos para los datos reales de producción de trucha en Veracruz (Reta-



Mendiola y Asiain-Hoyos, 2010) se presenta en la Figura 2. La función ajustada al histograma indica que hay muchas granjas que producen bajos volúmenes de trucha, mientras que muy pocas granjas tienen producciones altas. La mediana de la producción anual de trucha por granja es de 900 kg, lo cual indica el bajo rendimiento del *productor tipo* en el estado de Veracruz. Para detalles sobre la tipología de los productores de trucha en este estado, ver Acosta-Jimeno y colaboradores (2018).



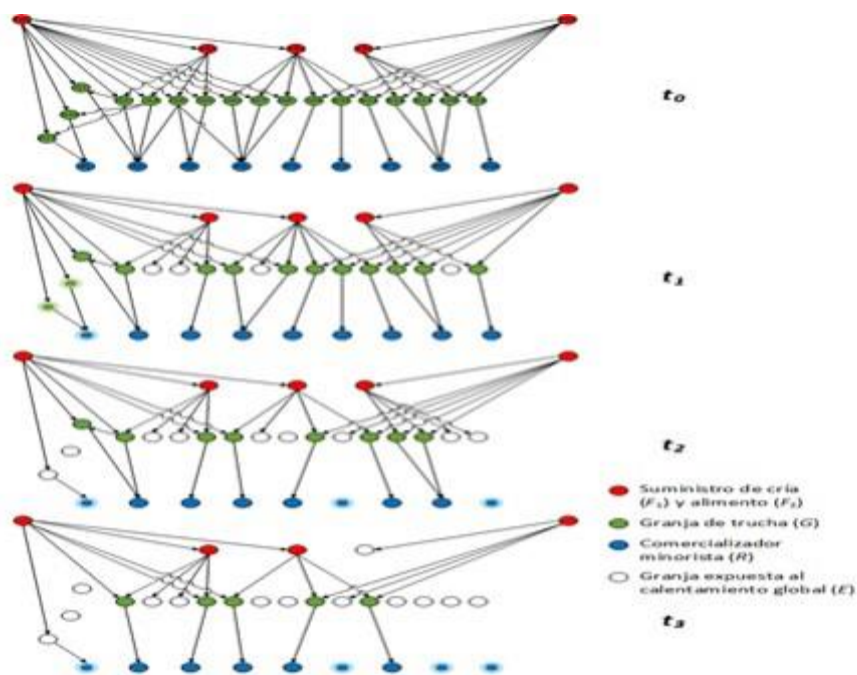
**Figura 2. Histograma de frecuencias de los valores de producción por año en las granjas de trucha arcoíris en el estado de Veracruz. El ajuste corresponde a una función gamma,  $\square$  ( $k = 1.338$ ,  $\square = 783.8$ ,  $N = 140$ ). Con datos de Reta-Mendiola y Asiain-Hoyos (2010).**

La red modelada, en su línea base ( $t_0$ ), así como en los tres horizontes de simulación ( $t_1$  a  $t_3$ ), se presenta en la Figura 3. En una primera jerarquía se encuentran los vértices del suministro que, en el caso de los vendedores de alimento, se encuentran en el extremo inicial de la red. Estos venden alimento a los productores de cría y a los engordadores, y los flujos son siempre verticales. Es de destacar la función de los productores de crías en la estructura de la red. Ellos, a diferencia de los proveedores del alimento, son susceptibles a las perturbaciones causadas por el calentamiento global, a diferencia de los proveedores de alimento.

En una segunda jerarquía se encuentran los que se dedican a la engorda. Los flujos son tanto verticales (venden trucha al productor final) como horizontales (reventa de crías a productores menores). Son susceptibles a perturbaciones causadas por el



calentamiento global, y son el núcleo de la red, pues conforman vértices que necesariamente conectan a los componentes de la primera con los de la última jerarquía. Es posible afirmar que son componentes importantes de la red, pero no los más importantes, como se verá más adelante. En la última jerarquía se encuentran los vendedores minoristas, que no son susceptibles a ser perturbados directamente. En caso de ser perturbados de manera indirecta, simplemente acudirían a otro proveedor de trucha no perturbado, aún a expensas de un incremento en el costo del producto.

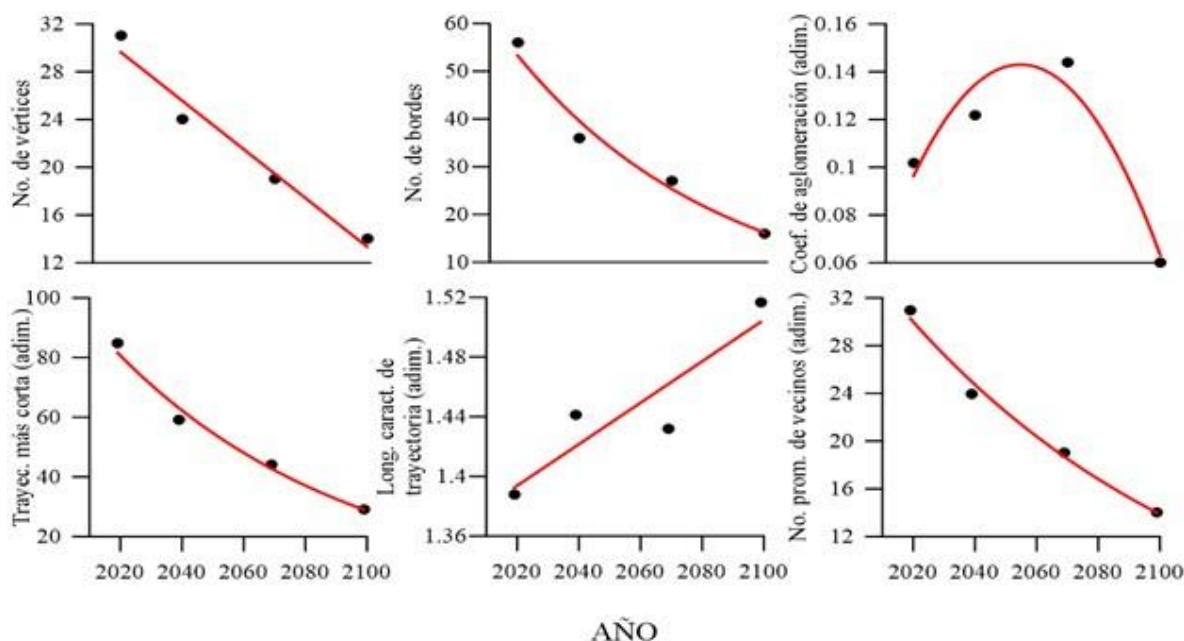


**Figura 3. Modelo de la red en la línea base ( $t_0$ ), y resultado de las tres simulaciones realizadas en los horizontes a corto ( $t_1$ ), mediano ( $t_2$ ) y largo plazo ( $t_3$ ).**

Los resultados del análisis estadístico de las métricas de topología de la red siendo perturbada por la exposición al calentamiento del agua, en sus respectivos horizontes se presentan en la Figura 4. Las gráficas reflejan en las métricas los cambios estructurales de la red al ser perturbada. Cuatro métricas muestran reducción de valores con el incremento de las perturbaciones, pero dos de ellas, el coeficiente de aglomeración y la longitud de trayectoria característica no.



Específicamente la pérdida de vértices, siendo lineal, resulta en una pérdida de bordes exponencial. Los resultados del análisis estadístico de las métricas se presentan en la Tabla 1. Se puede apreciar que todos los análisis produjeron alta bondad de ajuste (coeficiente de determinación R<sup>2</sup>).



**Figura 4. Comportamiento y análisis estadístico de las métricas de la red. Los coeficientes de tasa de cambio de cada ajuste, su bondad de ajuste y el tipo de modelo ajustado se presentan en la tabla 1.**

**Cuadro 1. Resultados del análisis estadístico de las métricas topológicas del modelo teórico de la red de productores de trucha, siendo perturbada por los efectos potenciales del cambio climático.**

Métrica de la red	Tasa	Bondad	Modelo
Número de nodos	-0.204	0.968	Lineal
Número de bordes	-0.014	0.981	Exponencial
Coeficiente de aglomeración	N.A.	0.920	Polinomial <sup>1</sup>
Trayectorias más cortas	-0.012	0.989	Exponencial
Longitud característica de trayectoria	0.001	0.822	Lineal <sup>2</sup>
Número promedio de vecinos	-0.009	0.993	Exponencial

Notas:

1. Polinomio de segundo grado. No se incluyen los coeficientes del polinomio de ajuste por espacio. Se seleccionó el coeficiente de bondad de ajuste con mayor valor.

2. Si bien el modelo exponencial también dio un buen ajuste, se decidió utilizar el ajuste lineal por simplicidad.



Las perturbaciones realizadas a una red con la finalidad de medir su robustez, son aplicadas mediante algoritmos computacionales que seleccionan los vértices de manera aleatoria o selectiva (Callaway *et al.*, 2000). El complemento NetworkAnalyzer de Cytoscape, sin embargo, realiza ataques aleatorios a todos los vértices de la red. Para el presente caso esta aproximación no es útil, pues quienes pueden ser afectados por el calentamiento del agua de cultivo solamente son los productores de cría y las granjas de engorda. El uso del algoritmo como es, produciría resultados espurios y no útiles para el análisis requerido, por lo que se decidió ir por la vía “manual” para el análisis. La interpretación de los resultados por esta vía es menos sencilla, pero se consiguió la aplicación selectiva de las perturbaciones.

Una de las primeras características que resalta de la estructura de la red diseñada es su corta estructura jerárquica, con tres niveles jerárquicos y dos sub-niveles. Esto coincide con lo especificado por Renting y colaboradores (2003), que describen cadenas de producción rurales muy cortas. Es posible que esta característica estructural le reste robustez a la red.

En las redes de los tiempos  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  se observan los efectos de las perturbaciones causadas en la red cuando se simulan los efectos del calentamiento global en la desaparición de los vértices correspondientes a los productores. En  $t_1$  desaparecen 4 productores de trucha directamente, pero afectan a dos productores a los que les suministraban crías en reventa. Estos últimos pueden no desaparecer, pero tendrían que buscar un suministro alternativo de las mismas, lo cual puede incrementar sus costos y dejarlos fuera del margen competitivo. Para el siguiente horizonte temporal, en mediano plazo ( $t_2$ ) estos últimos vértices mencionados han desaparecido, junto con otros tres afectados directamente por la perturbación. Notar que la red va perdiendo complejidad y tamaño, pues con cada vértice que desaparece, se eliminan *al menos* dos bordes, uno de suministro y otro de comercialización. Para el horizonte a largo plazo, solamente han quedado 5 vértices de productores, perturbados directamente, pero es de notar que un vértice de suministro también ha sido perturbado directamente, que es un productor de cría. La desaparición de este último es muy impactante en la red, y se puede afirmar que





este tipo de vértice es de los considerados como conectores o *hubs*, como se les conoce en inglés en el lenguaje de redes (Brandes y Erlebach, 2005).

Una granja que produce crías de trucha se encuentra en un nivel tecnológico mayor que granjas que no realizan esta actividad (Hassanpour *et al.*, 2011), y sin embargo no están exentas de sufrir los efectos potenciales del cambio climático. En Veracruz, uno de los principales productores de cría de trucha se encuentra en la comunidad de Matzinga, Ver., al pie de la sierra de Zongólica, a más de 1,150 msnm. Si esta granja fuera afectada por el cambio climático, la perturbación a la red sería del tipo señalado en el horizonte a largo plazo. Es posible que esta unidad de producción de crías sea un *hub* en la red, pudiendo ser su desaparición un factor que afecte la estructura y funcionamiento de la misma.

## Conclusiones

Como se ha visto en el presente estudio, la modelación de sistemas de producción de alimento en forma de redes complejas permite el análisis de los cambios que sufre su estructura al ser sometidas a perturbaciones. Si la perturbación es introducida por los efectos potenciales del calentamiento global, el análisis de estas modificaciones puede ser una forma de cuantificar qué tan sensible es dicho sistema ante tales efectos. No existen fórmulas generalizadas para la determinación de la vulnerabilidad de esos sistemas ante el calentamiento global, por lo que el uso de redes complejas puede ser una metodología que permita unificar procedimientos y estandarizarlos.

Se requiere aún mucha investigación en esta área. La ciencia de redes es nueva, y su potencial para la resolución de problemas está aún siendo descubierto.



## Literatura citada

- Acosta-Jimeno, J., J.L. Reta-Mendiola, D.E. Platas-Rosado, J.F.E. Gasca-Leyva, A. Asiain-Hoyos. En prensa. "Exposure of rainbow trout farming territory and livelihoods to potential effects of global warming in Veracruz, Mexico. *Aquaculture*.
- Acosta-Jimeno, J., A. Asiain-Hoyos, D. E. Platas-Rosado, J. F. E. Gasca-Leyva y J. L. Reta-Mendiola. 2018. Tipología del productor de trucha en Veracruz. XXXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. INIFAP. Boca del Río, Veracruz, México.
- Adger, W. N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16:268-281.
- Agarwal, S. K. y S. L. Kalla. 1996. A generalized gamma distribution and its application in reliability. *Communications in Statistics - Theory and Methods* 25:201-210.
- Albert, R., H. Jeong y A. L. Barabási. 2000. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature* 406:378-382.
- Assenov, Y., F. Ramírez, S.-E. Schelhorn, T. Lengauer y M. Albrecht. 2007. Computing topological parameters of biological networks. *Bioinformatics* 24:282-284.
- Bachmann, I., F. Morales, A. Silva y J. Bustos-Jimenez. 2017. Go-Index: Applying Supply Networks Principles as Internet Robustness Metrics. Springer International Publishing. Cham. 35-44 pp.
- Bastiaensen, J., P. Merlet, M. Craps, T. De Herdt, S. Flores, F. Huybrechs, R. Mendoza, G. Steel y G. Van Hecken. 2015. Making sense of territorial pathways to rural development: a proposal for a normative and analytical framework. Instituut voor Ontwikkelingsbeleid, Belgium. p 43.
- Bilal, K., M. Manzano, S. U. Khan, E. Calle, K. Li y A. Y. Zomaya. 2013. On the Characterization of the Structural Robustness of Data Center Networks. *IEEE Transactions on Cloud Computing* 1:1-1.
- Brander, K., K. Cochrane, M. Barange y D. Soto. 2018. Climate change implications for fisheries and aquaculture. In: Phillips B. F. and Pérez-Ramírez M.s (eds.). *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*. John Wiley & Sons. 45-62 pp.



- Brandes, U. y T. Erlebach. 2005. Introduction. In: Brandes U. and Erlebach T.s (eds.). Network Analysis: Methodological Foundations. Springer Science & Business Media. Berlin. p. 471.
- Callaway, D. S., M. E. J. Newman, S. H. Strogatz y D. J. Watts. 2000. Network Robustness and Fragility: Percolation on Random Graphs. Physical Review Letters 85:5468-5471.
- Crucitti, P., V. Latora, M. Marchiori y A. Rapisarda. 2003. Efficiency of scale-free networks: error and attack tolerance. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 320:622-642.
- Dabbadie, L., J. Aguilar-Manjarrez, M. C. M. Beveridge, P. B. Bueno, L. G. Rossy y D. Soto. 2018. Effects of climate change on aquaculture: drivers, impacts and policies. In: Barange M., Bahri T., Beveridge M. C. M. *et al.*, (eds.). Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation. FAO. Rome. 449-463 pp.
- Doncheva, N. T., Y. Assenov, F. S. Domingues y M. Albrecht. 2012. Topological analysis and interactive visualization of biological networks and protein structures. Nature Protocols 7:670.
- Ebersole, J. L., W. J. Liss y C. A. Frissell. 2001. Relationship between stream temperature, thermal refugia and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* abundance in arid-land streams in the northwestern United States. Ecology of Freshwater Fish 10:1-10.
- Estrada, E. 2006. Network robustness to targeted attacks. The interplay of expansibility and degree distribution. The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems 52:563-574.
- FAO. 2018. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Cumplir los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 233 pp.
- Friedland, W. 2001. Reprise on commodity systems analysis. International Journal of Sociology of Agriculture and Food 9:82-103.
- Godfray, H. C. J., J. Pretty, S. M. Thomas, E. J. Warham y J. R. Beddington. 2011. Linking Policy on Climate and Food. Science 331:1013-1014.
- Guthman, J. 2004. The Trouble with 'Organic Lite' in California: a Rejoinder to the 'Conventionalisation' Debate. Sociologia Ruralis 44:301-316.



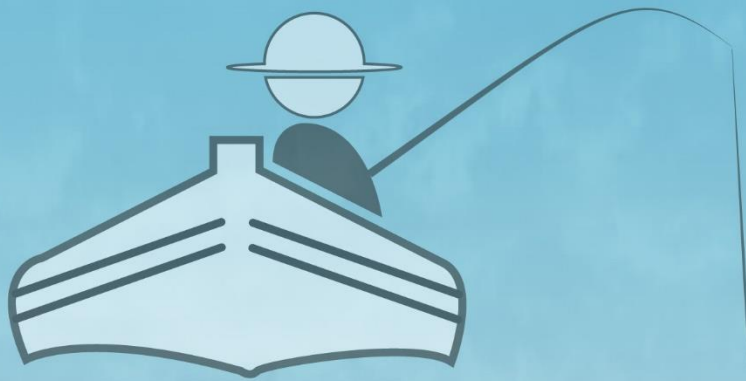
- Hassanpour, B., M. M. Ismail, Z. Mohamed y N. H. Kamarulzaman. 2011. Factors affecting technical change of productivity growth in rainbow trout aquaculture in Iran. *African Journal of Agricultural Research* 6:2260-2272.
- Latora, V., V. Nicosia y G. Russo. 2017. *Complex networks: principles, methods and applications*. Cambridge University Press. Cambridge, MA. 559 pp.
- Lockie, S. y S. Kitto. 2000. Beyond the Farm Gate: Production-Consumption Networks and Agri-Food Research. *Sociologia Ruralis* 40:3-19.
- Logan, S. H. y W. E. Johnston. 1992. Economics of commercial trout production. *Aquaculture* 100:25-46.
- Lucas, J. S., P. C. Southgate y C. S. Tucker. 2019. *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. Wiley-Blackwell.
- Marsden, T. 1998. New rural territories: Regulating the differentiated rural spaces. *Journal of Rural Studies* 14:107-117.
- Nath, B. J. 2017. Applications of graph theory in different branches of science. *International Journal of Mathematics and its Applications* 55:57-60.
- Newman, M. E. J. 2010. *Networks. An Introduction*. Oxford University Press. New York. 789 pp.
- Newman, M. E. J., A. L. Barabási y D. J. Watts. 2006. *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- Rahman, S. 2017. *Basic Graph Theory*. Cham, Switzerland. 169 pp.
- Renting, H., T. K. Marsden y J. Banks. 2003. Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and Planning a: Economy and Space* 35:393-411.
- Reta-Mendiola, J. L. y A. Asiain-Hoyos. 2010. Ordenamiento Acuícola del Estado de Veracruz. SAGARPA/CONAPESCA/Colegio de Postgraduados. México. p. 26.
- Rubinstein, R. Y. y D. P. Kroese. 2016. *Simulation and the Monte Carlo method*. 3rd. ed. John Wiley & Sons. Hoboken, N.J. 432 pp.
- Saarni, K., J. Setälä, A. Honkanen y J. Virtanen. 2003. An overview of salmon trout aquaculture in Finland. *Aquaculture Economics & Management* 7:335-343.
- Saldaño, T. E., S. C. E. Tosatto, G. Parisi y S. Fernandez-Alberti. 2019. Network analysis of dynamically important residues in protein structures mediating ligand-binding conformational changes. *European Biophysics Journal* 48:559-568.





- Sydney, A., C. Scoglio, P. Schumm y R. E. Kooij. 2008. Elasticity: topological characterization of robustness in complex networks. Proceedings of the 3rd International Conference on Bio-Inspired Models of Network, Information and Computing Systems. ICST. Hyogo, Japan. 1-8 pp.
- Ventresca, M. y D. Aleman. 2014. Network robustness versus multi-strategy sequential attack. *Journal of Complex Networks* 3:126-146.
- Viadero, R. C. 2005. Factors affecting fish growth and production. In: Lehr J., Keeley J. and Lehr J.s (eds.). *Water Encyclopedia*. John Wiley & Sons, Inc. 129-133 pp.
- Wu, W., P. H. Verburg y H. Tang. 2014. Climate change and the food production system: impacts and adaptation in China. *Regional Environmental Change* 14:1-5.
- Zhang, H., E. Fata y S. Sundaram. 2015. A Notion of Robustness in Complex Networks. *IEEE Transactions on Control of Network Systems* 2:310-320.
- Zweig, K. A. 2016. *Network Analysis Literacy: a practical approach to the analysis of networks*. Springer Science & Business Media. Austria. 535 pp.

# Pesquería





## ESTRUCTURA DE TALLAS Y RELACIÓN LONGITUD-PESO DE LA JAIBA *Callinectes sapidus* (DECAPODA: PORTUNIDAE) EN CAMPECHE

Ana Gabriela Díaz Álvarez<sup>242\*</sup> y Sebastián Caña Hernández<sup>242</sup>

### Resumen

Se realizaron muestreos mensuales en la localidad de Isla aguada, Campeche de 2015 a 2019, ya que en esta zona se desembarca la mayor parte de la captura de jaiba del Complejo Lagunar de Términos. Con la finalidad de analizar y actualizar la información respecto a la estructura de tallas y la relación talla-peso que sirvan como elementos base para determinar parámetros biológicos y pesqueros de la jaiba, considerando que desde hace un par de años, Campeche ocupa el primer lugar de capturas de jaiba en el Golfo de México y Mar Caribe y es necesario hacer la evaluación del recurso para definir medidas de manejo consistentes con las características actuales de la pesquería. Se recolectaron 5,820 jaibas. La estructura de tallas vario de 60 a 186 mm de ancho de cefalotórax (AC), con un promedio de 124 mm. Las estructuras de tallas por mes presentaron una asimetría positiva, concentrándose la mayor proporción de juveniles en tallas  $\leq 110$  mm AC. Las relaciones talla-peso son de gran importancia porque generalmente se emplean para obtener rendimientos pesqueros. Aunque se sabe que existen diferencias de dicha relación entre diferentes zonas geográficas frecuentemente se piensa que la relación talla-peso no varía entre zonas cercanas. Así, para analizar la variación temporal de esta relación se estimó la relación talla-peso para ejemplares de jaiba azul *Callinectes sapidus*, provenientes de la captura comercial de jaiba. Los resultados mostraron que el parámetro  $b$  varió en un intervalo de 1.26 a 2.79. Se encontraron diferencias significativas entre las diferentes temporadas de colecta y entre sexos (ANCOVA,  $p < 0.01$ ). Sin embargo, los valores de  $b$  en *C. sapidus* fueron

---

<sup>242</sup> Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Ciudad del Carmen, Campeche. \* agdalvarez@gmail.com, ana.diaz@inapesca.gob.mx



mayores para 2018 y 2019 probablemente influenciado por el monitoreo. La mayoría de los resultados mostraron relaciones de alometría negativa, lo que parece indicar que las capturas comerciales están representadas fundamentalmente por adultos jóvenes. No se presentaron diferencias significativas entre los años por sexo utilizando clases de talla. Este resultado define parámetros de  $a$  y  $b$  que sirven para conocer el número de organismos capturados de jaiba azul en el Complejo Lagunar de Términos, Campeche.

**Palabras clave:** Golfo de México, Isla Aguada, Complejo Lagunar de Términos, jaiba azul.

## Introducción

Los crustáceos decápodos constituyen un grupo de invertebrados de gran interés comercial y ecológico. Sobre este grupo se desarrollan importantes pesquerías, tanto artesanales como industriales en gran parte del mundo. La mayor parte de estas pesquerías explotan especies bentónicas que habitan zonas costeras, como es el caso de la jaiba azul *C. sapidus*. En México, las jaibas del género *Callinectes* tienen gran aceptación comercial. Se exporta jaiba entera, desmenuzada, a granel o en lata (Cisneros *et al.*, 2014). De 1991 a 1999, la captura promedio anual en el Golfo de México fue de 11,450 t y disminuyó a 10,180 t durante el periodo de 2000-2017. Los estados de Tamaulipas y Veracruz aportaron el 62% de la captura anual. A partir de 2012, los registros de captura en Campeche mostraron tendencia positiva en las capturas y actualmente ocupa entre el primero y segundo lugar de producción (DOF, 2018).

Para el estado de Campeche, en el año 1980 la jaiba llegó a ser la segunda pesquería más importante por volumen y valor de producción, con una captura media de 2 500 t/año. A través del tiempo, se han observado variaciones anuales en las capturas llegando en el año 2000 a disminuir hasta los 1,043 t/año de acuerdo a los registros oficiales. Además, se abrieron nueve plantas procesadoras de jaiba en la zona, lo que resultó en una pesquería ribereña importante en el Estado. Toda la pesca de





Campeche se realiza mayormente dentro del complejo lagunar Términos incluidas lagunas, esteros asociados y zonas temporalmente inundadas.

El estudio de las especies de jaiba en Campeche particularmente ha sido documentado destacando aspectos biológicos de las distintas especies que existen en dichas costas, aspectos de cultivo, de ecdisis, ecológicos y de pesquería (Domínguez *et al.*, 1999; Estrada 2004, Granados y Ramos, 1993, 2004; González y Torruco 2001; Palacios, 2002; Ramos, 1991; Román, 1986 y Rosas, 1989) dando un panorama general de cómo se comporta la pesquería. Sin embargo, los estudios no están actualizados.

Según Petrakis y Stergiou (1995) la relación peso-longitud es un índice práctico de la condición de un organismo y también es útil para comparaciones de historia de vida entre regiones. Además, esta relación se puede usar para estimar el peso en una longitud determinada, y obtener rendimientos pesqueros. Aunque se sabe que existen diferencias espaciales en las relaciones longitud-peso, con frecuencia se entiende que las relaciones longitud-peso no varían dentro de las poblaciones cercanas (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). El objetivo del presente trabajo es describir y analizar la estructura de tallas y la relación peso-longitud de machos y hembras de *C. sapidus*, así como sus variaciones temporales, con el fin de actualizar parámetros base para la evaluación de la pesquería de jaiba del Complejo Lagunar de Términos, Campeche.

## **Materiales y métodos**

Con base en los avisos de arribo (información de los permisionarios, zona de pesca, sitio de desembarque y volúmenes de captura) que proporciona la CONAPESCA, se realizó un análisis de los sitios de desembarque con mayor índice de capturas en Campeche. Como resultado se eligió los sitios para realizar los muestreos y la temporalidad anual de los mismos. Los lugares con mayores reportes de capturas de jaiba en Campeche fueron dos zonas principales: Isla Aguada que representa el 84.12% de la captura registrada en 2015 (siete cooperativas) y Sabancuy con el 9.63%



(cinco cooperativas). Durante los meses de febrero a noviembre de 2015 a 2019 en la medida de lo posible se obtuvo las tallas y pesos de ejemplares de jaiba azul en la localidad de Isla Aguada, lugar donde desembarca más del 70% de la captura de jaiba de Campeche. Se tomaron medidas de la amplitud del cefalotórax (AC), tomando las medidas de punta a punta del par de espinas de mayor longitud con ayuda de una regla graduada en centímetros, así como de los pesos mediante una báscula digital SF-400 con precisión de un gramo. Con estos datos se analizó la composición por tallas y sexos, el periodo de permanencia de los juveniles en las zonas de captura de la laguna de Términos a través de la distribución mensual de tallas. Además, se estimó la relación entre el ancho del cefalotórax y el peso de los organismos con la siguiente ecuación potencial:

$$PT = a * AC^b \quad \text{Ecuación (1)}$$

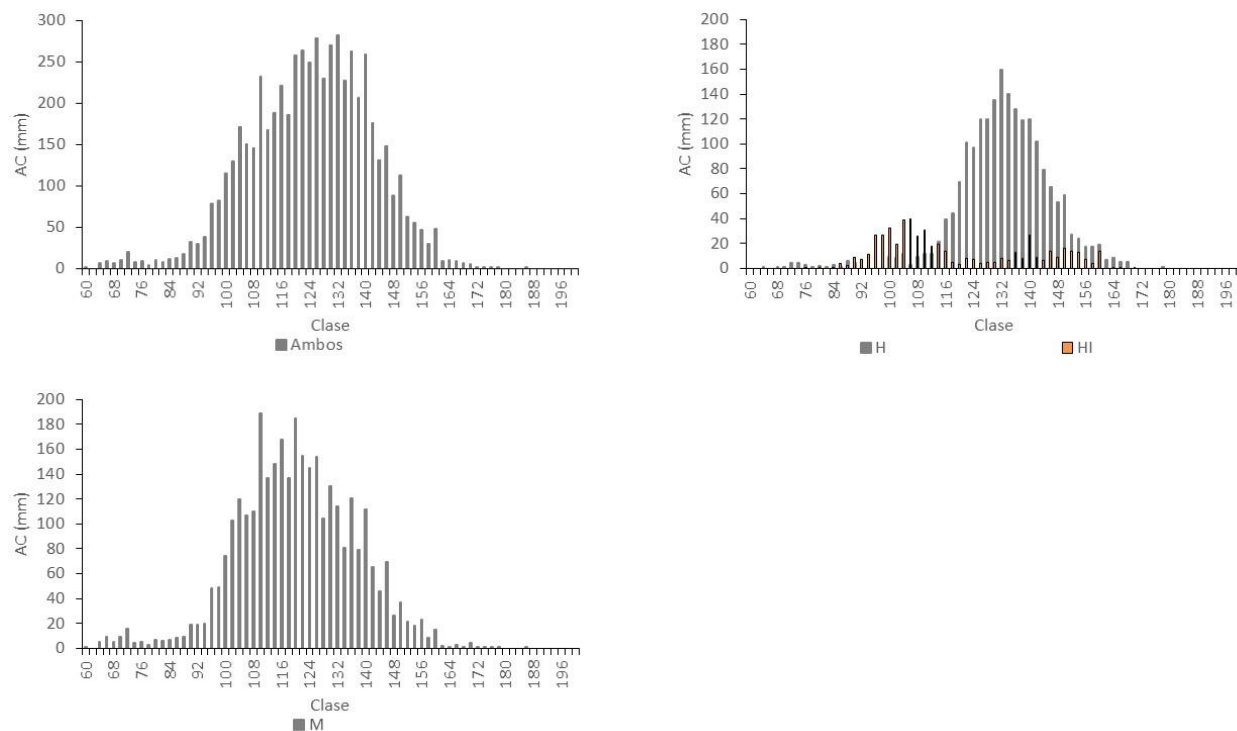
donde AC es el ancho del cefalotórax expresado en centímetros y PT es el peso total en gramos (Sparre y Venema, 1995). Dicho modelo se ajustó maximizando la función objetivo de verosimilitud (V) con el algoritmo de búsqueda directa de Newton. Las diferencias entre las relaciones se evaluaron utilizando un análisis de covarianza (ANCOVA), para lo cual se transformaron los datos de longitud y peso a logaritmos de base 10. Para determinar el tipo de crecimiento, se comparó el valor del exponente  $b$  respecto de tres (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Asimismo, se realizaron pruebas con muestras de grupos de datos con talla (AC) y peso total (PT), considerando los parámetros de  $a$  y  $b$  obtenidos por sexo y por año, se definieron los parámetros que ajustaran mejor para obtener el peso total individual de cada organismo y que su sumatoria sea representativa al peso de la muestra, considerando que toda variación es por azar.

## Resultados y discusión

Se obtuvieron durante 2015 a 2019 un total de 5,820 organismos, de los cuales 43.9% fueron hembras maduras e inmaduras y 56.1% machos (3,266 jaibas). La proporción

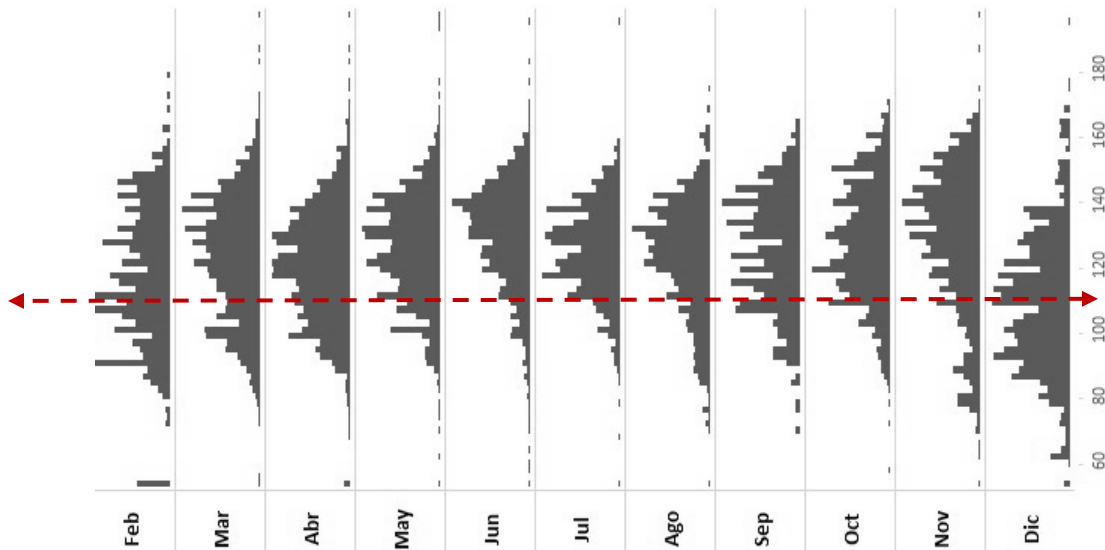


M:H fue de 1.6:1. El 19.4% de las jaibas muestreadas de la pesca comercial estuvo por debajo de los 110 mm, la cual es la talla mínima de captura de jaiba en el Golfo de México (DOF, 1974). Este porcentaje es superior en los muestreos directos a embarcación que de los muestreos en las zonas de entrega de las procesadoras, ya que clasifican el producto. Se colectaron organismos de 60 a 186 mm de AC (Figura 1).



**Figura 1. Frecuencia de tallas de jaiba azul de 2015 a 2019, frecuencia de tallas de hembras (H) y hembras inmaduras (HI) y machos (M).**

Se obtuvo la frecuencia de tallas (AC) mensual de jaiba azul (Figura 2), donde se observa las temporadas de entrada y salida de organismos adultos y juveniles, obteniendo entre 16 y 44% de jaibas muestreadas de noviembre a abril y adultos en mayoría entre junio y julio.



**Figura 2. Frecuencia de tallas mensual de jaiba azul de Ancho de cefalotórax (AC), que refiere a la distribución de juveniles y adultos en el tiempo. La línea roja representa la talla mínima de captura autorizada de 110 mm de AC.**

Los patrones de distribución temporal de los organismos podrían estar relacionado principalmente con las características de temperatura y salinidad, así como el reclutamiento y los eventos reproductivos. Ortiz-León *et al.* (2007) encontraron que la estructura por talla de *C. sapidus* de la Bahía de Chetumal mostró que la CPUE tiene una correlación positiva con la temperatura y la salinidad, lo que hace suponer que los factores biológicos, así como los factores físicos influyen en la distribución y abundancia de las jaibas, concordando que la estructura de la población está definida por patrones espacio-temporales.

La especie predominante en la pesquería de jaiba en Campeche es *C. sapidus*, se considera la tendencia a esta especie por la demanda del mercado ya que las plantas procesadoras que son las que compran, no aceptan *C. rathbunae* y *C. similis*. Algunos pescadores utilizan la jaiba *C. rathbunae* para auto consumo.

Se estimaron los parámetros de la relación entre el peso y el ancho del cefalotórax para la jaiba azul en Sistema Lagunar de Términos (Cuadro 1). Los resultados para hembras, machos y para ambos sexos y por año (Cuadro 2); así como los intervalos de tallas para las que aplica la relación potencial de 60 a 186 mm de AC.





**Cuadro 1. Parámetros de la relación entre el ancho del cefalotórax y el peso total de la jaiba azul.**

Sexo	<i>Callinectes sapidus</i>			Rango AC (mm)		Rango PT (g)		Límites de Confianza			
	$a$	$b$	$r^2$	n	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Inf.	$\alpha$	Sup.
Hembras (H)	0.0049	2.07024	0.832	2554	64	178	23.5	242	87.6	116.0	144.3
Machos (M)	0.0007	2.54331	0.8695	3266	60	186	25	334.8	87.6	131.5	175.4
Todos	0.0057	2.07027	0.7245	5820	60	186	23.5	334.8	88.6	123.8	159.1
H 2019	0.0096	1.9243	0.8624	1328	88	178	50	242			
M 2019	0.0021	2.2777	0.8519	808	77	165	45	224			
Todos 2019	0.0231	1.7537	0.7763	2136	77	178	45	242			

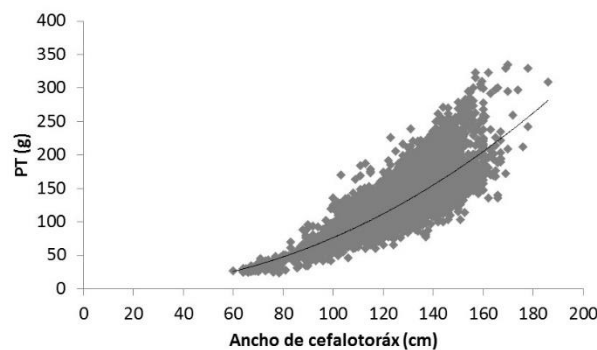
**Cuadro 2. Parámetros de la relación entre el ancho del cefalotórax y el peso total de la jaiba azul por año.**

Todos	<i>Callinectes sapidus</i>			Rango AT (mm)		Rango PT (g)		Límites de Confianza			
	$a$	$b$	$r^2$	n	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Inf.	$\alpha$	Sup.
2015	0.00403	2.15552	0.7685	3340	60	186	23.5	334.8	94.4	134.2	174.0
2016	0.00381	2.15545	0.6397	173	83	178	47	330	100.5	137.2	173.9
2017	0.29681	1.26587	0.3742	96	100	162	86	238	123.3	139.8	156.4
2018	0.00015	2.79460	0.9118	76	76	138	25	180	45.8	77.2	108.6
2019	0.0231	1.7537	0.7763	2136	77	178	45	242	96.5	133.2	169.9

La relación queda expresada mediante la ecuación potencial (1)

$$PT = a * AC^b \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

Con una mínima de  $r^2 = 0.37$  y una máxima de 0.91 para ambos sexos. En la figura 3 se muestra la relación talla-peso de todos los organismos colectados. La jaiba azul *C. sapidus* presenta un crecimiento de tipo alométrico, debido a que el valor de la pendiente  $b$  es significativamente menor a 3 ( $p < 0.05$ ) el cual es el valor teórico esperado.



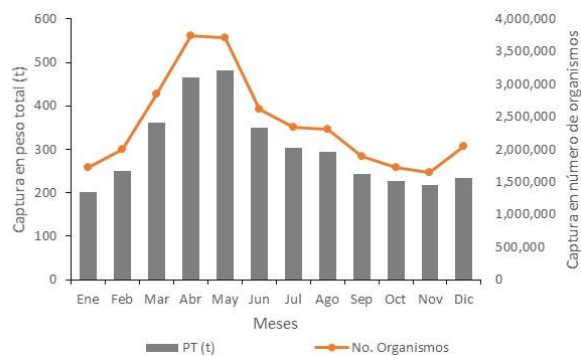
**Figura 3. Relación peso-longitud (PT –AC) de la jaiba azul en la laguna de términos (PT=0.0057AC<sup>2.07027</sup>,  $r^2 = 0.7245$ ).**



La talla promedio de *C. sapidus* difiere a la registrada por Rosas-Correa y Jesús-Navarrete, (2008) que fue de 139 mm AC, para la bahía de Chetumal, siendo menor la registrada en el presente estudio. El crecimiento de *C. sapidus* difiere de otras especies del mismo género, tales como *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, las cuales presentan crecimiento isométrico. Sin embargo, en el estudio de Ortega-Lizárraga *et al.* (2016) las hembras y machos de *C. arcuatus* presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo e isométrico respectivamente, lo cual para el caso de las hembras es similar a lo encontrado en el presente estudio, mientras que el crecimiento de los machos es diferente. Para definir el ajuste de la relación talla-peso, se realizaron diez escenarios con muestras de jaibas con pesos totales tomadas al azar, las cuales fueron significativamente diferentes y que determinaron los valores de *a* y *b* que mejor ajustaron a la población de jaiba azul en el Sistema Lagunar de Términos con un intervalo de confianza de  $\pm 99.86$  g de PT (Cuadro 3 y Figura 4).

**Cuadro 3. Abundancia relativa mensual en número de organismos capturados en 2018 en la zona de Isla Aguada, Campeche.**

Mes	Avisos de arribo		No. organismos	% $\geq$ 110 AC (mm)	% $\leq$ 110 AC (mm)	Promedio AC (mm)
	PT (kg)	PT (t)				
Enero	201,136	201	1,715,419	38	62	117
Febrero	250,679	251	1,999,843	31	69	125
Marzo	360,956	361	2,845,960	23	77	127
Abril	466,302	466	3,738,015	23	77	125
Mayo	481,366	481	3,719,628	12	88	129
Junio	348,736	349	2,613,778	10	90	133
Julio	303,061	303	2,344,631	8	92	129
Agosto	294,909	295	2,315,687	17	83	127
Septiembre	244,243	244	1,897,765	15	85	129
Octubre	226,075	226	1,719,202	12	88	132
Noviembre	217,685	218	1,653,149	16	84	132
Diciembre	233,223	233	2,040,778	45	55	114
Total 2018	3,628,371	3,628	28,272,342	19	81	128



**Figura 4. Captura mensual de jaiba azul *C. sapidus* en Isla Aguada, Campeche diferenciado en peso total (Avisos de arribo de la oficina de pesca de Isla Aguada) y en número de organismos al obtener los pesos individuales con la relación talla-peso.**

## Conclusiones

1. Se obtuvieron durante 2015 a 2019 un total de 5,820 jaibas, de las cuales 43.9% fueron hembras maduras e inmaduras y 56.1% machos.
2. Las jaibas monitoreadas en este estudio, tenían un rango de tallas de entre 60 a 186 mm de AC.
3. La proporción M:H fue de 1.6:1.
4. De la captura de jaiba desembarcada por la flota artesanal (jaiberos), 19.4% de la muestra estuvo por debajo de la talla mínima de captura (110 mm AC). Esto puede deberse a que las cooperativas receptoras usan mesas de separación y descartan organismos menores a los 110 mm AC, los organismos que se descartan son devueltos al medio la mayoría de las veces.
5. Para alimentar la ecuación potencial de la relación talla-peso de jaibas azules *C. sapidus* capturadas en la Laguna de Términos, Campeche, se definieron los valores de los parámetros  $a= 0.0057$  y  $b= 2.07027$  con una  $r^2= 0.7245$  en un rango de tallas de 60 a 186 mm de AC.
6. En el año 2018 se capturaron un total de 3,628 toneladas de jaiba azul en la localidad de Isla aguada (principal zona de desembarco de la pesca de jaiba de la



Laguna de Términos), que equivalen a 28,272,342 organismos con una talla promedio de  $123.8 \pm 35$  mm AC.

## Agradecimientos

Se agradece a los pescadores de jaiba de las localidades de Isla aguada y Sabancuy por la colaboración en los muestreos y entrevistas. Así también al personal del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Ciudad del Carmen por su colaboración y apoyo en el proyecto de investigación 2015-2019.

## Literatura citada

- Cisneros-Mata, M.A., E. Ramírez-Félix, J. García Borbón, V. Castañeda-Fernández de Lara, A. Labastida-Che, C. Gómez-Rojo, *et al.* 2014. Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico mexicano. Instituto Nacional de Pesca. México. 86 p.
- DOF. 2018. Diario Oficial de la Federación. ACUERDO por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF\\_-\\_CNP\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF_-_CNP_2017.pdf). [Consultado 06 noviembre 2018]
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 1974. Acuerdo por el que se fija la talla mínima para la captura de jaiba en el Golfo de México. México, D.F.
- Domínguez, T. L., V. R. Rivera y J. L. S. Rodríguez, 1999. Plan de manejo de la pesquería de jaiba en el complejo lagunar Términos Carmen. Campeche, México: Instituto Nacional de la Pesca CRIP-Carmen.
- Estrada, A. D. 2004. Algunas características biológicas y ecológicas de la jaiba azul *Callinectes sapidus*, en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Cárdenas. Tesis profesional. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 46 p.
- González S. A. y G. D. Torruco. 2001. La fauna béntica del estero de Sabancuy, Campeche, México. *Rev. Biol. Tropical* 49(1): 31-45.





- Granados, B. A. y J. L. P. Ramos. 1993. Bioecología de la jaiba *Callinectes similis* Williams 1966 en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco, México. Universidad y Ciencia. 10 (20): 23-40.
- Granados A. A. G. y J. L. P. Ramos. 2004. Evaluación poblacional de las jaibas del género *Callinectes* en el sistema Costero de Tabasco. Informe final del convenio UJAT-SEDAFOP. 120p.
- Ortega-Lizárraga, G. G., G. Rodríguez-Domínguez., R. Pérez-González y E. A. Aragón-Noriega. 2016. Crecimiento individual y longitud de primera madurez de *Callinectes arcuatus* en Marismas Nacionales, Nayarit, México. Ciencia Pesquera 24(2):3-11.
- Ortiz-Leon, H. J., A. J. Navarrete y E. S. Cordero. 2007. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Rev. Biol. Trop. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442007000100025](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000100025)
- Palacios, R. M., 2002. La jaiba Biología y Manejo. AGT (Ed). México. 15p.
- Pauly, D. 1980. On the interrelation between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. Journal du conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 39:175-192.
- Petrakis, G. y K. I. Stergiou. 1995. Relaciones peso-longitud para 33 especies de peces en aguas griegas. Fisheries Research 21(3-4): 465-469.
- Ramos, P. J. L. 1991. Aspectos biológicos y ecológicos de la jaiba *Callinectes similis* Williams 1966 en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco, México (Crustacea: Decapoda: Portunidae). Tesis profesional. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 37p.
- Román, C. R. 1986. Análisis de la población de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en el sector occidental de la laguna de Términos, Campeche, México. An. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 13(1): 315-322.
- Rosas-Correa, C. O. y A. de Jesús-Navarrete. 2008. Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Revista de biología Marina y Oceanografía 43(2):247-253.



- Rosas, V. C. 1989. Aspectos de la Ecofisiología de las jaibas *C. sapidus*, *C. rathbunae* y *C. similis* de la zona Sur de la laguna de Tamiahua, Veracruz (Crustacea: Decapoda: Portunidae) Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 200p.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña Mendoza. 2005. Métodos actualizados para Análisis de Datos Biológico-Pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 240p.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. FAO Doc. Téc. Pesca, (306) Valparaíso. 420p.



## ALGUNOS INDICADORES BIOLÓGICO-PESQUEROS DE LA CAPTURA DE ROBALO BLANCO *Centropomus undecimalis* (PISCES: CENTROPOMIDAE) EN TABASCO

Ana Gabriela Díaz Álvarez<sup>243\*</sup> y Vequi Caballero Chávez<sup>243</sup>

### Resumen

Durante 2016 a 2018 se realizaron monitoreos en los principales sitios de desembarque de la pesca artesanal de Tabasco con el objetivo de caracterizar la pesquería de escama marina para identificar y recomendar acciones orientadas a tener un aprovechamiento sustentable de estos recursos. De las principales especies de importancia comercial de escama en Tabasco, se tiene el recurso robalo, del que más del 80% de las capturas son sobre la especie de robalo blanco *Centropomus undecimalis*. La captura de esta especie es multiespecífica y se utilizan diferentes artes de pesca (luz de malla), zonas y temporadas. A pesar de la importancia pesquera que representa la pesca de robalo en Tabasco, existen vacíos de información respecto a la composición de las capturas, volúmenes y el estado actual de las poblaciones. Debido a lo anterior, se realizaron muestreos mensuales y en cada uno se registró la información biológica, pesquera, tecnológica y socioeconómica de la pesquería dirigida a robalo a partir de los desembarques de la pesca artesanal de cada zona. Es por ello que el objetivo principal del presente estudio es el de caracterizar la pesquería artesanal de robalo que realiza la flota de la costa de Tabasco, en la que se presentará información referente a las principales especies capturadas, su volumen de captura, información biológica y pesquera, así como caracterización de las unidades, equipos y zonas de pesca, que sirvan como base para desarrollar estrategias de manejo para esta pesquería multiespecífica.

---

<sup>243</sup> Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Ciudad del Carmen, Campeche.

\* agdalvarez@gmail.com, ana.diaz@inapesca.gob.mx



**Palabras clave:** Golfo de México, muestras aleatorias, talla mínima de captura

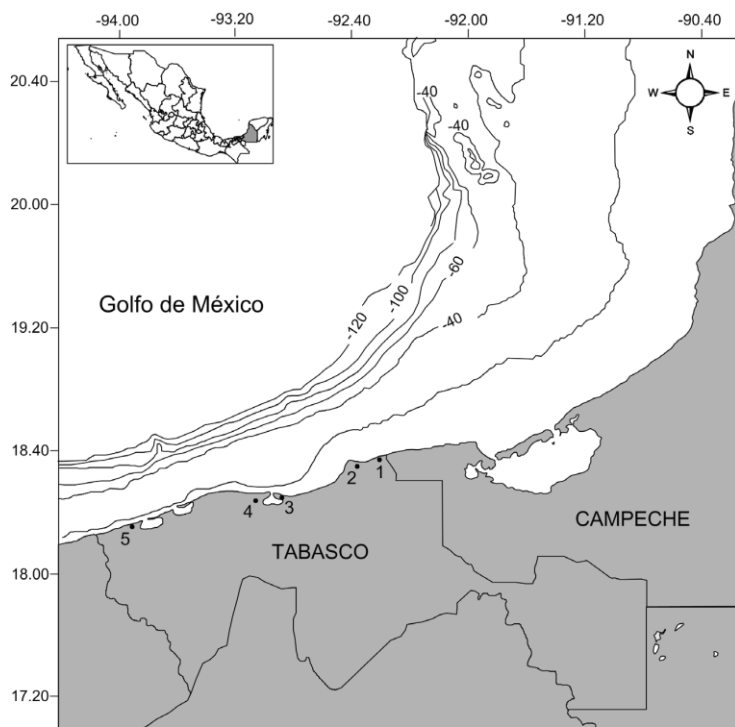
## Introducción

Desde su reconocimiento como actividad legal, la pesquería de robalo en el Golfo de México y Mar Caribe es una de las de mayor importancia en México en cuanto a valor económico, ostenta además una enorme relevancia desde el punto de vista social generando miles de empleos; por lo que su declinación en la última década entraña problemas potenciales de tipo económico, social y ambiental. El recurso está explotado al máximo sustentable, se capturan organismos por debajo de la talla mínima de madurez, han disminuido sus rendimientos de pesca y por tanto, la ganancia económica de los pescadores. La distribución espacial del robalo, abarca desde Tamaulipas a Quintana Roo (DOF, 11/06/2018). Dos regiones destacan por la gran abundancia de este recurso y en general por su alta productividad: Campeche y Veracruz, seguido de Tabasco y Tamaulipas; son tres las especies que son aprovechadas, robalo blanco *C. undecimalis*, robalo prieto *C. poeyi* y chucumite *C. parallelus*, de las cuales *C. undecimalis* constituye más del 80% de la captura total. Este documento permitirá evaluar la captura de robalo *C. undecimalis* y se podrá identificar medidas y acciones de manejo para esta especie en el estado de Tabasco, así como, se aportará información para la actualización de la ficha de la Carta Nacional Pesquera (CNP), que pueda indicar las directrices a seguir para su manejo.

## Materiales y métodos

Las principales localidades de desembarque de recursos pesqueros en la costa de Tabasco son: San Pedro (18°38'39" N, 92°28'08" O), Frontera (18°32'10" N, 92°39'17" O), Chiltepec (18°26'05" N, 93°05'30" O), Torno Largo (18°26'02" N, 93°09'46" O), El Bellote (18°25'30" N, 93°08'35" O) y Sánchez Magallanes (18°17'25" N, 93°52'10" O) (Figura 1).





**Figura 11. Principales localidades de desembarque de recursos pesqueros en el litoral de Tabasco. San Pedro (1), Frontera (2), Chiltepec (3), Torno Largo (4), Sánchez Magallanes (5). Las isobatas se presentan en números negativos. Fuente: Raúl E. Lara-Mendoza, CRIAP Ciudad del Carmen.**

Se realizaron muestreos mensuales en los sitios de desembarque. En cada muestreo se registró en bitácoras de campo la información biológica, pesquera, tecnológica y socioeconómica de la pesquería dirigida a robalo a partir de los desembarques de la pesca artesanal de cada zona. El monitoreo de las capturas radicó en el registro de las características morfométricas de cada organismo de acuerdo a las siguientes consideraciones: longitud total (LT), longitud furcal (LF), peso total (PT) y eviscerado (PE) de cada organismo. El sexo y la madurez fueron determinados macroscópicamente. Los estadios de madurez fueron divididos en seis estadios.

Se realizaron histogramas de frecuencia de tallas y se evaluaron las diferencias estadísticas de la LT entre sexos, posteriormente de acuerdo con los resultados se realizó un análisis de varianza (ANOVA).

Se estimó la talla de primera madurez sexual y la talla mínima de madurez sexual para observar que tanto se asemejaban los resultados en las diferentes zonas de



captura. Para la determinación del grado madurez se utilizó la tabla de criterios de Gómez-Ortiz *et al.* (2012) y Caballero-Chávez *et al.* (2010). Se ubicó el periodo de reproducción con la presencia de ejemplares en los estadios reproductores IV y V. La talla de primera madurez se consideró a los ejemplares sexualmente maduros más pequeños y la talla  $L_{50\%}$  de madurez ( $L_{50\%M}$ ) que protege 50% de organismos en esos estadios, a la selección de 50% de la frecuencia acumulada (Espino-Barr *et al.*, 2008), además con el método de King (1995)  $P = 1/(1 + \exp - r(L - Lm))$ , estableciendo una talla mínima de captura para el Golfo de México y Mar Caribe. Asimismo, se discutió el por qué utilizar la longitud total y no la longitud furcal (generalmente los pescadores conocen solo el termino de longitud total).

De igual manera se discutió y analizó lo referente al arte de pesca y tamaño de malla a recomendar para la captura de robalo. La composición por longitudes de la captura con redes con diferente tamaño de malla se representó mediante una distribución de frecuencias de LT. Se ajustaron curvas normales a los datos para calcular la selectividad, siguiendo los principios del método de Holt con la formulación de Sparre y Venema (1995), el cual fue desarrollado tomando como base el marco teórico descrito por Baranov (1948).

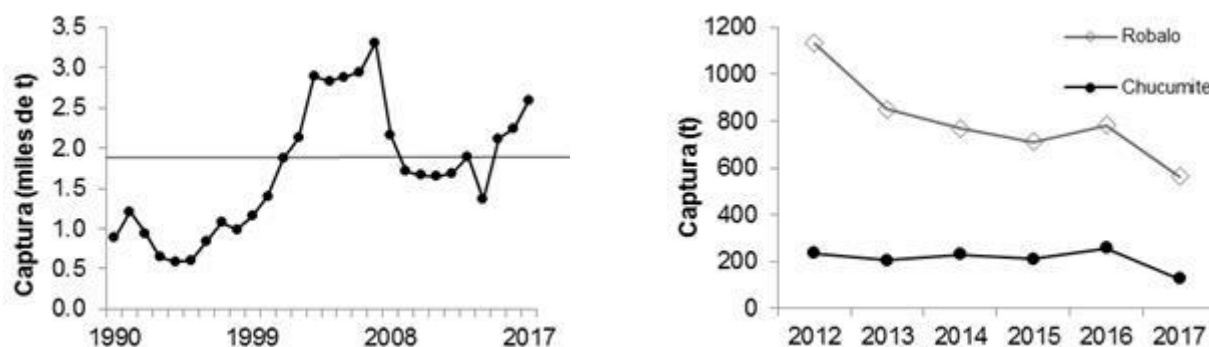
La aplicación del método de estimación de selectividad desarrollado por Holt *op. cit.*, requiere satisfacer los supuestos teóricos implícitos al modelo de distribución normal: 1. Las tallas óptimas de captura deben ser proporcionales al tamaño de malla; 2. Las curvas de selección deben tener varianzas homogéneas y la misma desviación estándar; 3. Las curvas de selección de los dos tamaños de malla deben tener tallas superpuestas. Los datos para el análisis de la selectividad de las redes de enmalle fueron el número de peces capturados por intervalo de talla con cada red y sus respectivos tamaños de malla (Sparre y Venema, 1995).

## Resultados y discusión

La pesquería comercial de robalo en Tabasco se compone de tres especies: robalo blanco *Centropomus undecimalis*, robalo prieto *Centropomus poeyi* y chucumite



*Centropomus parallelus* y dependiendo del área de pesca es su importancia. De acuerdo a la tendencia histórica de la captura de robalo (se incluye todas las especies) se registra un promedio de captura de 1,741 t/año (Figura 2a). En los años 90's se observó un promedio de 939 t/año, aumentando hasta tener una captura máxima en 2007 de 3,310 t. A partir de ese momento, sufre un descenso por debajo del promedio pero sin llegar a las capturas bajas de los años 90's. En 2014 las capturas empezaron a aumentar llegando en 2017 a 2,501 t. Es importante considerar que el esfuerzo pesquero ha ido en aumento y es difícil tener certeza del número de pescadores o embarcaciones que se dedican a la pesca de robalo. Por otro lado, con respecto a los registros de avisos de arribo, en la Figura 2b se observa la tendencia de las capturas por especie.



**Figura 2. Tendencia de las capturas de (a) robalo *Centropomus spp* en Tabasco (Anuarios y bases de datos 1990-2017), (b) de chucumite *Centropomus parallelus* y robalo zona costera y agua dulce, compuesto por robalo blanco y robalo prieto (Avisos de arribo).**

Las artes de pesca que se utilizan para la pesca de robalo tienen características inconstantes, se realiza principalmente con redes agalleras que varían de 100 m a 1,800 m de longitud, con una abertura de malla de 7.6 a 17.7 cm y caída de 50 a 150 mallas, con un calibre de hilo mayormente de 120 de nylon de monofilamento, y de uno a 20 paños. En la zona de Frontera (Carlos Rovirosa II) también se utilizan redes choperas/robaleras con una abertura de malla de hasta 22.8 cm. Otros artes de pesca utilizados son palangre, atarraya, línea y arpón. La captura en el mar se efectúa entre 0.6 a 75.6 km de la costa y a bordo de embarcaciones de 7.62 m de eslora (25 pies) con motores fuera de borda de dos a cuatro tiempos y de 30 hasta



115 hp, operadas mayormente por dos a cuatro pescadores. En lagunas costeras, esteros y ríos, la captura se realiza principalmente con redes agalleras de monofilamento con tamaños de mallas de 7.6, 8.2, 8.8 y 17.7 cm, asimismo existe una gran diversidad de redes reparadas con diferentes tamaños de malla, que dificulta una clasificación de las mismas. Las maniobras de pesca pueden ser diurnas o nocturnas, se realizan entre dos o tres pescadores con un tiempo promedio por viaje de 16:00 horas, con una sola revisión. En las lagunas, esteros y ríos el método de pesca es tendido o atravesado. La representatividad en el uso de las redes de mayor uso es de 8.2 y 17.7 cm para la captura de robalo y redes (atarrayas) de 8.2 cm para chucumite, sin embargo, es común el uso de redes con diferentes tamaños de malla (combinación de mallas) que para robalo se observa en menor porcentaje.

En Tabasco existen aproximadamente 422 permisos de pesca de escama y que han reportado captura robalo durante los últimos cinco años (140 permisionarios y 282 sociedades cooperativas o unión de pescadores). El 80% de la captura se registra en las Oficinas de Pesca de Frontera, Sánchez Magallanes y Puerto Ceiba (zona sur, centro y norte).

### **Composición de la captura**

La captura de róbalo blanco se compone por organismos de un rango de tallas entre 21.3 a 135.5 cm de LT y una moda de 63.8 cm LT ( $DE = 26.1$  cm) y estas no presentaron diferencias significativas entre sexos ( $F = 1.256$ ;  $p > 0.05$ ). La distribución de tallas para esta especie mostró un comportamiento bimodal debido posiblemente al efecto de la selectividad de las artes de pesca monitoreados (Figura 3a). En la población se evidencian dos tipos de pesquerías, la que viene de lagunas y ríos (objetivo e incidental) y la de zona costera (objetivo). En la captura de lagunas y ríos se registran tallas entre 21 y 75 cm, y en la zona de costa se registran arriba de los 70 cm LT. La tendencia de la captura en lagos y ríos sobre tallas menores se desarrolla principalmente al norte del Estado (Figura 3b). Asimismo, la relación de tallas por sexo no se logró identificar ya que más del 30 % de la muestra no pudo ser identificada, por que el producto estaba eviscerado. Sin embargo, es importante mencionar que existe una mayor cantidad de machos hasta los 100 cm, después se

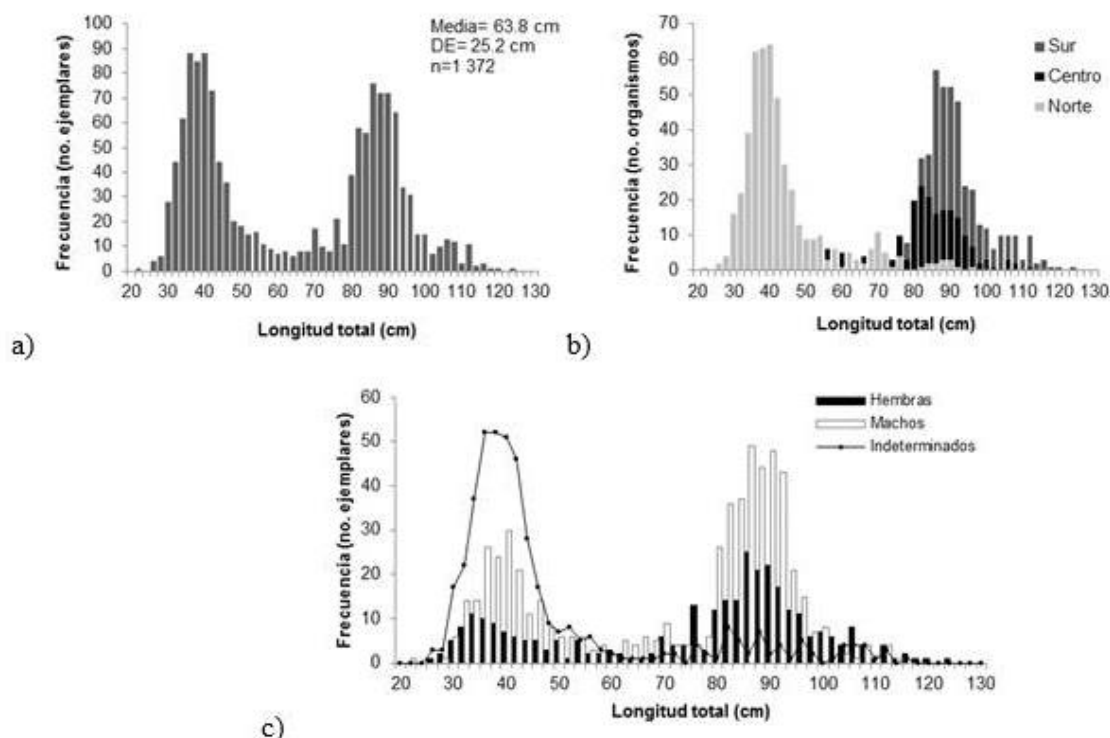




empieza a observar mayormente hembras. Entre las medias de las longitudes de machos y hembras se estimaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Las tallas más pequeñas corresponden a machos y las hembras se empiezan a identificar a partir de los 26 cm de LT, presentan una media de 74.5 cm LT a diferencia de los machos que es de 70.4 cm LT. A partir de los 70 cm predominan las hembras 56.4%. Las hembras se presentan en un intervalo de 30 cm a 124 cm de LT y talla promedio de 74.6 cm de LT, mientras que los machos fueron de 22 cm a 114 cm de LT y talla promedio de 70.4 cm de LT. En la población de hembras, alrededor de 50% se ubicó entre la talla 84 cm. Los organismos que no pudieron ser identificados sexualmente tienen una de 46.6 cm LT.

La captura de robalo en Tabasco está relacionada directamente o indirectamente a la captura de otros organismos de importancia comercial como son tiburones, huachinango, bandera, sierra, peto, chopo, pámpano y pargos. Para su captura se utilizan principalmente redes agalleras, atarrayas, líneas y palangre.



**Figura 3. Distribución de tallas (longitud total, cm) de a) robalo blanco *Centropomus undecimalis* (n=1,344 robalos), b) por zona (n= sur: 591, centro: 277 y norte: 476 robalos) y c) por sexo. Muestreos directos. Fuente: CRIAP Ciudad del Carmen 2016-2018.**

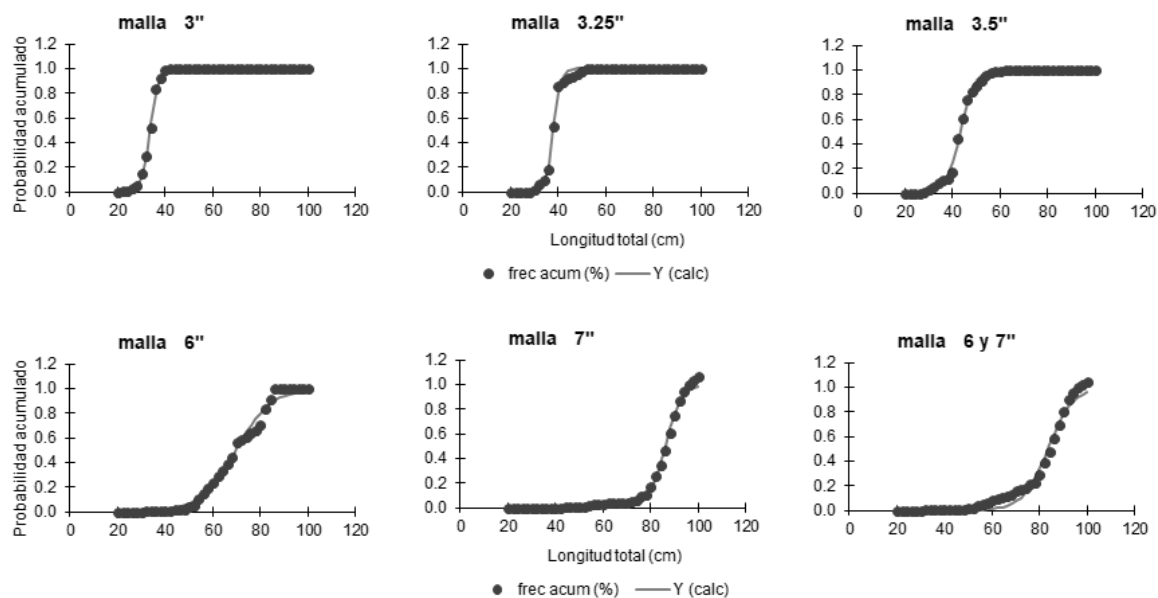


El tamaño de luz de malla varía por localidad desde las 6.3 hasta las 17.8 cm. El 80% de la captura de robalo blanco *C. undecimalis* se registra en las Oficinas de Pesca de Frontera, Puerto Ceiba y Emiliano Zapata.

### Arte de pesca y selectividad

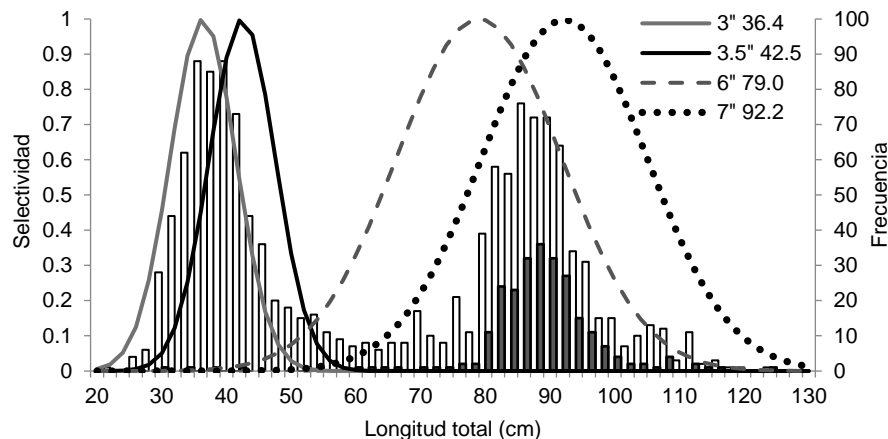
La pesca dirigida a robalo tanto de costa como de ríos y lagunas se realiza por embarcaciones menores. Las embarcaciones menores mayormente trabajan entre 1 a 4 pescadores, son de fibra de vidrio, con eslora de 7.65 a 8.8 m, motores fuera de borda de 30 a 100 caballos de fuerza (HP). Para la captura de robalo blanco se utilizan redes de enmalle o agalleras o robaleras de nylon de monofilamento calibre 0.070 – 0.120, de uno a 20 paños con un promedio 100 m de longitud por paño y luz de malla de entre 7.6 y 17.7 cm.

A partir de las ojivas de selectividad de la captura de robalo blanco (Figura 4), se definió el uso mayormente de redes de enmalle con una luz de malla de entre 7.6, 8.8, 15.2, 16.5, 17.78 y 22.86 cm. El 90 % de la captura en la zona costera se realiza en redes con luz de malla entre 17.2 y 17.78 cm.



**Figura 4. Ojivas de selectividad de robalo *C. undecimalis* obtenidas en la captura con redes de diferente luz de malla en Tabasco.**

La comparación de la selectividad con la red robalera de 7.62 cm se dio a los 36.4 cm LT, con la red de 15.2 cm a los 79.0 cm LT y con la red de 17.7 a los 92.2 cm LT. Al agregar el efecto de la ojiva de madurez en el análisis de selectividad, arrojó que la red de enmalle robalera de 15.24, captura 74.19% de los organismos por encima de la talla media de madurez, caso contrario, las redes de luz de malla de 7.6 cm capturan 90.1% de organismos por debajo de la talla media de madurez, lo que afecta a la población juvenil del recurso. (Figura 5).



**Figura 5. Selectividad de redes de enmalle (7.6, 8.8, 15.2 y 17.78 cm), distribución de frecuencia de longitud total (LT) de organismos capturados con red robalera (barras blancas) e individuos maduros (barras grises) de robalo blanco *C. undecimalis*.**

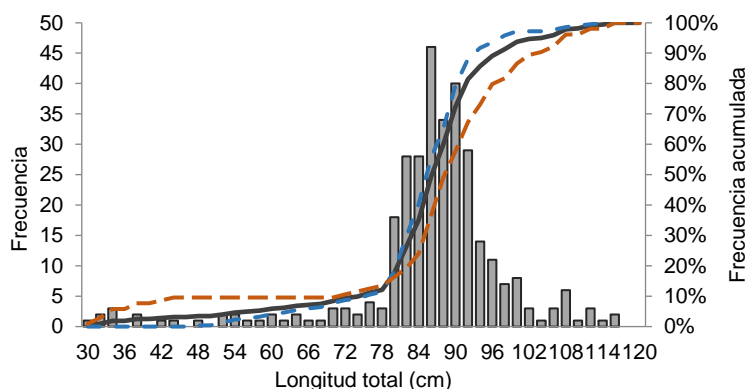
### Indicadores biológicos

El análisis de los robalos clasificados en maduros e inmaduros mostró predominancia de organismos maduros de marzo a septiembre, e inmaduros de octubre a febrero. No se muestran diferencias significativas en la temporada entre machos y hembras, sin embargo, hay que considerar que existe un sesgo debido a los organismos a los que no se les pudo observar el estado de madurez (Figura 6). De las muestras que pudieron ser observadas macroscópicamente para conocer su estado de madurez sexual, en la muestra de marzo (54%) los ejemplares estaban mayormente en estadio II y III. La predominancia del estadio II fue durante marzo (27%), abril (49%) y septiembre (16%); de marzo a mayo predominó el estadio III (65%). La fase IV se observó en su mayoría en los meses de mayo a septiembre (77%),



observándose mayormente durante julio y agosto. La fase V se presentó en los meses de marzo (17%), agosto y septiembre (34%). El estadio VI o fase de reposo se identificó por dos características: cuando la actividad gonádica disminuye y los ejemplares entran a un estado de reposo, que se presentó de diciembre a marzo; y la de reabsorción de gónada de ejemplares recién desovados que se presentó de julio a septiembre.

De acuerdo a la selección al 50% de la frecuencia acumulada de organismos maduros (estadio III a V), la hembra sexualmente madura más pequeña de robalo blanco fue de 28.5 cm LT con talla  $L_{50\%M}$  de 88 cm LT, mientras que el macho sexualmente maduro más pequeño fue de 35.2 cm LT y la  $L_{50\%M}$  de 86 cm LT (Figura 6).



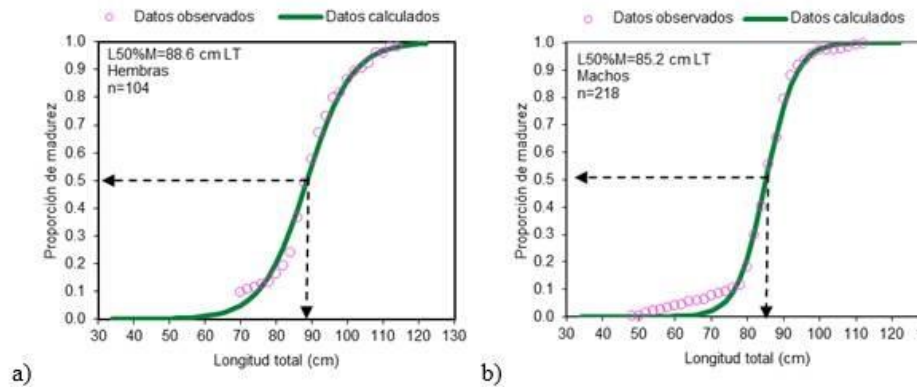
**Figura 6. Frecuencia de tallas de organismos maduros y talla media de madurez en la selección al 50% de la frecuencia acumulada de robalo blanco *C. undecimalis* en Tabasco. Línea negra= Global, línea roja= hembras, línea azul= machos. Muestra de 322 organismos.**

Al no existir una talla mínima de captura, la proporción de ejemplares inmaduros de robalo blanco es alta, se capturan ejemplares no identificados entre 25.2 y 67.6 cm de LT, ya que el sexo aún no está definido o no puede ser observado por que los organismos al desembarcar ya vienen eviscerados. Considerando la talla  $L_{50\%M}$  obtenida para ambos sexos de 86.2 cm LT (IC95%= 84.05 – 88.40 cm) y  $b= 0.21$ , se define que 73% de la captura está por debajo de esa talla (Figura 7). Perera-García *et al.*, (2008) definen una talla a la cual 50% de la población está madura en 85 cm de longitud estándar (LE) para hembras y 68 cm LE para machos; mientras que la





talla de individuos activos para participar en el proceso reproductivo ( $L_{100}$ ) fue estimado en 100 y 90 cm para hembras y machos respectivamente.



**Figura 7. Ojivas de madurez para a) hembras y b) machos de robalo blanco *C. undecimalis*, capturado por la flota artesanal de Tabasco.**

## Conclusiones

1. La longitud media de selección o captura ( $L_c$ ) es de 86.2 cm LT, con una luz de malla de 15.2 cm.
2. La talla media de madurez sexual ( $L_{50\%M}$ ) es de 86 cm LT, considerando organismos maduros en fase IV y V.
3. La talla media de captura fue de 64 cm LT.
4. El porcentaje de organismos capturados por debajo de la  $LC_{25\%}$  es del 73 %, y la talla de reclutamiento fue de 78 cm LT.
5. Las hembras maduras más pequeñas median 28.5 cm LT y los machos más pequeños 35.2 cm LT.
6. El robalo blanco se captura en las costas de Tabasco con redes de enmalle de 7.62 y hasta 17.78 cm de luz de malla.
7. El período donde se observa el pico reproductivo de robalo blanco es de junio a agosto.



## Agradecimientos

Se agradece a los pescadores de escama ribereña de las localidades de la zona costera de Tabasco por la colaboración en los muestreos y entrevistas. Así también al personal del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Ciudad del Carmen por su colaboración y apoyo en el proyecto de investigación 2015-2019.

## Literatura citada

- Baranov, F.I. 1948. La teoría y la evaluación de los artes de pesca. Pishchepromisdat, Moscú. (Cap. 7 Teoría de la pesca con redes de enmalle) Trans. del ruso por Ont. Dep. Tierras para. Arce, Ontario, 45.
- Caballero-Chávez V., L. F. Peña-Duran, J. F. Echevarría-Vera, O. Jiménez-Morales, J. A. Zamora. 1995. Contribución al conocimiento de la biología del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) Bloch, 1792. Informe de investigación (Documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Centro Regional de Investigación Pesquera-Carmen, Camp. Instituto Nacional de Pesca. 64p.
- Caballero-Chávez V., G. Torres-Jiménez, A. Rivera-Román. 2010. Determinación de parámetros poblacionales, biológicos e índices pesqueros para la evaluación de la situación de la pesquería de robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) en el Sur de Campeche. Informe de Investigación. (Documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Centro Regional de investigación Pesquera-Carmen, Camp. Instituto Nacional de Pesca.
- DOF. 11/06/2018. Ficha robalo y chucumite del Golfo de México. Carta Nacional Pesquera. Instituto Nacional de Pesca. Diario Oficial de la Federación. México. 11 de junio de 2018. <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>
- Espino-Barr E, A González-Vega, H Santana-Hernández y H González-Vega. 2008. Manual de biología pesquera. INAPESCA Univ. Autónoma de Nayarit. México. 168p.



- Gómez-Ortiz M. G., H. López-Navarrete, J. Balderas-Telles, G. Acosta-Barbosa. 2012. Parámetros poblacionales, biológicos y pesqueros de Robalo blanco *Centropomus undecimalis* y Chucumite *Centropomus parallelus* en el Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz. Informe de Investigación (documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Centro Regional de Investigación Pesquera-Tampico, Tamaulipas. Instituto Nacional de Pesca. México. 55p.
- King M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Blackwell Science, Ltd. 341p.
- Perera-García, M. A., M. Mendoza-Carranza y S. Páramo-Delgadillo. 2008. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en Barra San Pedro, Centla, México. Universidad y Ciencia 24(1): 49-59.
- Sparre, P., S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1 manual. FAO Documento técnico de pesca No. 306. Santiago de Chile. 420p.



## TALLA DE MADUREZ SEXUAL EN HEMBRAS DE LA JAIBA PRIETA, *Callinectes rathbunae* CONTRERAS, 1930, DEL LITORAL DE TABASCO

Sebastián Caña Hernández<sup>244\*</sup>, Raúl E. Lara Mendoza<sup>244</sup> y Ana G. Díaz Álvarez<sup>244</sup>

### Resumen

La pesca de jaiba en el estado de Tabasco representa una importante actividad económica para las comunidades pesqueras que dependen de ella, a nivel Golfo de México esta entidad federativa ocupa el cuarto lugar en volúmenes de producción, aportando el 10.6% de lo que se genera en esta región. A nivel estatal, este recurso se ha encontrado entre los primeros seis lugares de importancia en términos de valor económico y producción pesquera. La especie de jaiba más abundante en la región de Tabasco corresponde a la jaiba prieta, *Callinectes rathbunae*, de la cual a la fecha se desconocen varios de sus parámetros de historia de vida esenciales para evaluar su estatus poblacional y pesquero. Por tal motivo, durante 2016 a 2019 se registró la información biológica, como ancho del cefalotórax (AC) y la madurez sexual de 1,613 ejemplares hembras, cuyos datos fueron utilizados para estimar la talla media de madurez sexual ( $AC_{50\%}$ ) mediante el uso de un modelo logístico para cada año de muestreo. Las estimaciones del  $AC_{50\%}$  oscilaron entre 100.1 y 104.5 mm AC, mientras que la pendiente  $b$  osciló entre 0.1 y 0.19. La captura de jaiba prieta en las zonas lagunares y costeras de Tabasco se realiza en su mayoría por encima de la talla media de madurez sexual estimada  $AC_{50\%}$ , ya que el 64% corresponden a hembras maduras. Los resultados del presente estudio servirán como línea base para contribuir a la generación de instrumentos de manejo pesquero de estos recursos en la región y coadyuven a la sustentabilidad de la pesquería.

**Palabras clave:** Golfo de México, pesca artesanal, Portunidae

---

<sup>244</sup> Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. CRIP Ciudad del Carmen, Campeche

\*e-mail: [ana.diaz@inapesca.gob.mx](mailto:ana.diaz@inapesca.gob.mx)





## Introducción

Los estudios sobre los aspectos reproductivos de las especies son esenciales para el manejo pesquero. Es necesario contar con información de la talla de primera madurez para poder establecer una talla de primera captura, cuyo fin es proteger a los juveniles y asegurar que estos logren reproducirse al menos una vez antes de ser explotados por la pesquería, y de este modo evitar comprometer los reclutamientos futuros (Rodríguez *et al.*, 2015).

En México las jaibas del género *Callinectes* tienen gran aceptación comercial debido a su calidad de exportación. Se comercializan enteras, en pulpa, en concha fresca o en lata. En el Golfo de México la jaiba es un recurso que se ha explotado desde hace décadas en las pesquerías locales, donde se capturan de manera artesanal mediante aros jaiberos, nasas, redes o sacadores (Cisneros *et al.*, 2014; Raz *et al.*, 1986). Debido al volumen, y valor de la producción pesquera y acuícola, se encuentra posicionada en el lugar 9 a nivel nacional, con una tasa media de crecimiento anual de 6.29% durante los últimos 10 años. En promedio, Tabasco ha aportado el 4.2% del total nacional de jaiba de 2008 a 2017 (CONAPESCA, 2017).

*Callinectes rathbunae* es llamada comúnmente “jaiba prieta”, debido a la coloración oscura del caparazón. Habitan regularmente en lagunas costeras y estuarios, en salinidades que varían entre los 3.7 y 38.1 partes por mil. Se distribuyen desde la desembocadura del río bravo hasta la desembocadura del río Grijalva, en Frontera, Tabasco (Manrique, 1965; Leary, 1964).

A pesar de la importancia pesquera, en general se han realizado pocos estudios que aporten información biológica sobre la especie en el Golfo de México, comparada con la información existente para *C. sapidus*. Algunos de los trabajos realizados para la especie son los siguientes: Churchill (1919) describe el periodo de incubación, y las condiciones necesarias para el crecimiento larvario de la especie; Contreras (1930) describe por primera vez a la especie, en su trabajo sobre las jaibas de México; Chávez y Fernández (1976) aportan información referente a la edad y crecimiento, mortalidad, fecundidad y hábitos alimenticios de *C. rathbunae* en el estado de Veracruz. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es determinar la talla de



madurez sexual en hembras de *C. rathbune* del litoral de Tabasco, que permita aportar información base para la elaboración de estrategias de manejo para la especie en la región.

## **Materiales y métodos**

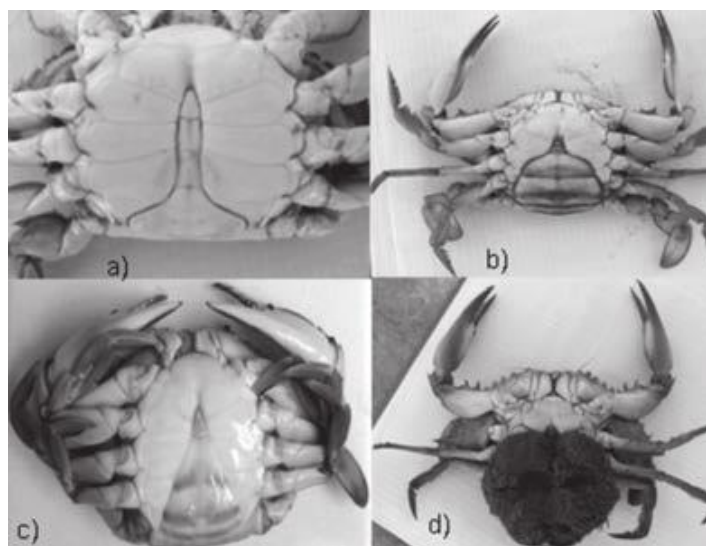
El área de estudio se localiza en el estado de Tabasco, el cual forma parte de la zona Centro-Sur del Golfo de México. La zona se caracteriza por poseer una línea de costa baja y arenosa, en cuyo litoral se pueden encontrar islas de barrera formadas por la sucesión de los cordones de playa. Presenta un clima cálido-húmedo con precipitación anual que varía entre los 1500 y 2500 mm. La vegetación es de tipo emergente de pantano tular-popal, además de que presentan marismas de manglar en aquellas zonas que tienen comunicación con el mar a través de esteros (Ortíz y de la Lanza, 2006). Se realizaron muestreos mensuales de abril de 2016 a julio de 2019 en los principales sitios de desembarque del recurso jaiba del estado de Tabasco, en las localidades de Felipe Carrillo Puerto Sur, localizada en Frontera, Tabasco donde la pesca se realiza en las lagunas adyacentes al río Grijalva, Puerto Ceiba y El chivero, localizadas en Paraíso, Tabasco donde principalmente pescan en las lagunas Mecocacán y Tilapa, así como en Sánchez Magallanes en el municipio de Cárdenas, Tabasco, donde la explotación del recurso se realiza en la laguna del Carmen, la cual forma parte del complejo Carmen-Pajonal-Machona. Esto se llevó a cabo derivado del proyecto “Caracterización de la pesquería y estimación de los puntos de referencia pesquero del recurso jaiba”, que lleva a cabo el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Ciudad del Carmen, perteneciente al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA).

Durante los muestreos mensuales, se determinó la especie de cada ejemplar, el sexo, el cual se determinó mediante la forma del abdomen (figura 1). De igual forma la madurez de las hembras fue determinada únicamente mediante la forma del abdomen, ya que no fue posible extraer las gónadas en el sitio. El ancho del cefalotórax (AC) fue medido en milímetros (mm) con ayuda de una regla de 30 cm.



En cada uno de los muestreos se midió la mayor cantidad de organismos posibles de todas las tallas, antes de que fueran seleccionados aquellos que cumplen con la medida necesaria para ser comercializados.

Se estimó la talla media de madurez sexual ( $AC_{50\%}$ ) para cada año utilizando un modelo de tipo logístico, los cuales se ajustaron a los datos de AC y a la proporción de madurez (PM). Dicho modelo se ajustó maximizando la función objetivo de verosimilitud ( $V$ ) con el algoritmo de búsqueda directa de Newton.



**Figura 1. Características morfológicas de los abdómenes de las jaibas, que reflejan tanto los sexos como los estadios de madurez: a) macho, b) hembra madura, c) hembra inmadura, d) hembra ovígera. Imagen tomada de Gil, (2009).**

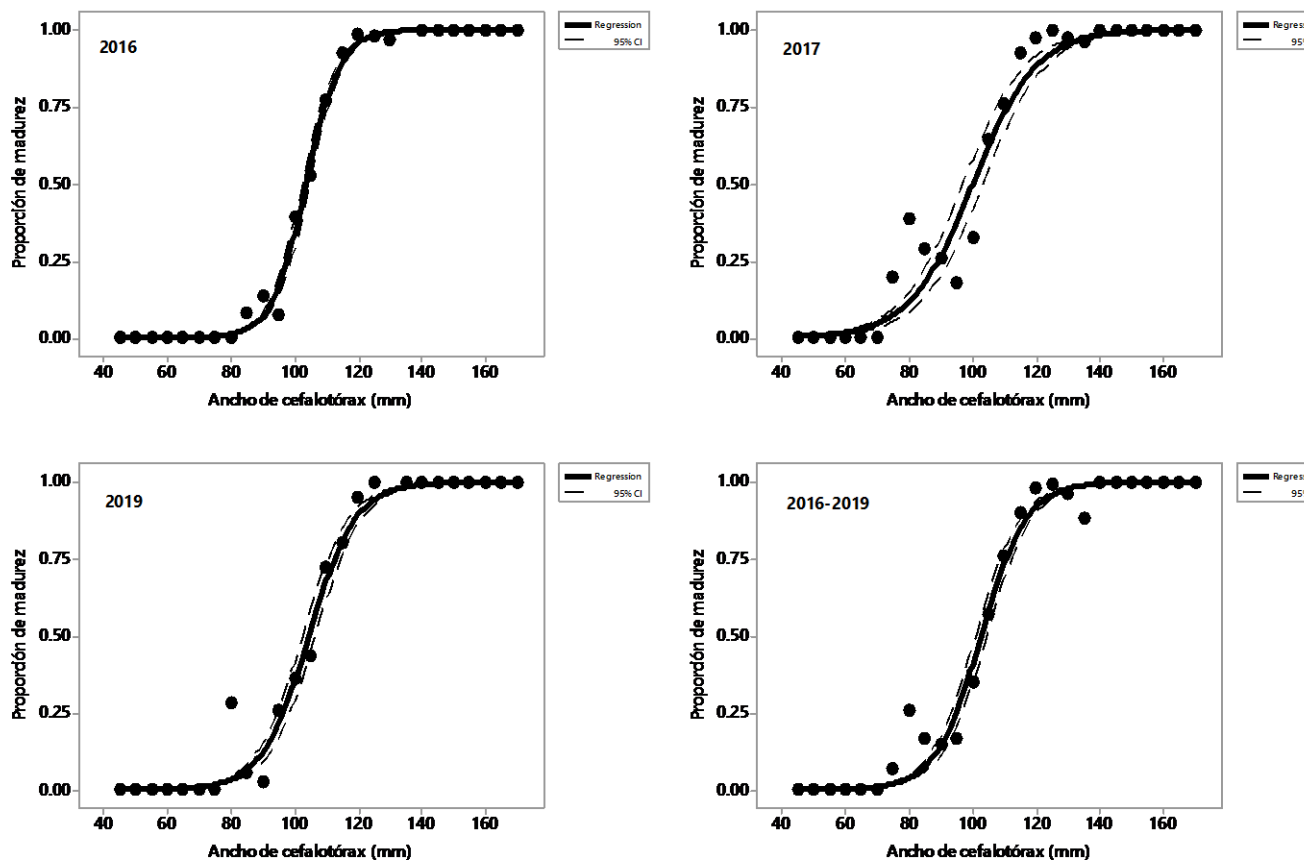
## Resultados y discusión

Durante 2016-2019 fueron registrados 1613 organismos de *C. rathbunae*, de los cuales el 63.4% correspondió a hembras maduras y el 36.6% a hembras inmaduras. Durante 2016 el total de individuos capturados fue de 517, de los cuales el 63.5% correspondió a hembras maduras, mientras que en 2017 la captura fue de 826 organismos, de los cuales 72.8% fueron hembras maduras, y en 2019 se capturaron 271, de los cuales 46.1% fueron hembras maduras. Debido a la baja representatividad de los datos durante 2018, no fueron utilizados en el presente estudio.



En hembras de *C. rathbunae* las estimaciones del  $AC_{50\%}$  oscilaron entre 100.1 y 104.5 mm AC, mientras que la pendiente  $b$  osciló entre 0.1 y 0.19.

Los parámetros de ajuste del modelo logístico para las hembras de *C. rathbunae* durante el 2016 fue  $AC_{50\%} = 103.6$  mm AC ( $IC_{95\%} = 102.4 - 104.8$  mm), para 2017 fue  $AC_{50\%} = 100.1$  mm AC ( $IC_{95\%} = 96.9 - 103.2$  mm), mientras que para 2019 fue  $AC_{50\%} = 104.5$  mm AC ( $IC_{95\%} = 102.5 - 106.5$  mm) y el modelo general con todos los años en conjunto arrojó una  $AC_{50\%} = 102.7$  mm AC ( $IC_{95\%} = 100.9 - 104.5$  mm) (figura 2).



**Figura 2. Ojivas de madurez por año para hembras de la jaiba prieta, *C. rathbunae*, capturada en Tabasco. CI representa el intervalo de confianza al 95%, mientras que los puntos representan los organismos observados.**

La talla de primera madurez sexual es uno de los parámetros biológicos más importantes de una población, ya que tiene implicaciones importantes tanto a nivel ecológico como para el manejo pesquero de la especie, puesto que se pueden establecer medidas que permitan aprovechar el producto sin llegar a





sobreexplotarlo (Rodríguez *et al.*, 2015). Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente estudio representan un aporte para el estado del conocimiento de los aspectos biológicos de la especie en el estado de Tabasco, en especial para la madurez, ya que no han sido estimados.

En el presente estudio se registró una talla promedio de 107.7 mm AC, la cual es menor a la talla de 11 cm establecida como talla mínima de captura en el Diario Oficial de la Federación (DOF 2006).

La talla de primera madurez es uno de los parámetros biológicos más importantes a ser considerados tanto para cuestiones ecológicas como de manejo pesquero de los recursos, ya que es uno de los referentes principales para establecer tallas de captura de los organismos. Los resultados encontrados en el presente trabajo son similares a lo registrado por Rodríguez *et al.* (2015), quienes reportan un  $AC_{50\%}$  de entre 95.7 y 110.5 mm AC para otra especie del mismo género en el Golfo de California, donde encontraron variaciones en la talla estimada dependiendo de las regiones donde fueron colectados los organismos.

De igual manera, Ortega *et al.* (2016) estimaron el  $AC_{50\%}$  para *C. arcuatus* en Nayarit, donde la talla estimada fue de 78.5 mm para las hembras, la cual es una talla menor a la registrada en el presente estudio. Es importante procurar obtener información de la mayor cantidad de intervalos de talla posibles, ya que en algunos casos los datos colectados fueron de organismos que cumplen con la talla comercial (110 mm AC), por lo que aquellos más pequeños habían sido descartados, lo cual pudiera generar un sesgo en la información recolectada.

## Conclusiones

1. El 64% de las hembras de *C. rathbunae* capturadas son maduras.
2. El  $AC_{50\%}$  estimado es menor que la talla mínima de captura estipulada en el Diario Oficial de la Federación.
3. Las estimaciones de  $AC_{50\%}$  para *C. rathbunae* son diferentes comparadas con otras especies del mismo género.



## Agradecimientos

Al sector pesquero de las localidades de Arroyo Polo, Frontera, Carrillo Puerto, El Tanque, Aquiles Serdán, Chiltepec, Los Chivos y Sánchez Magallanes, Tabasco por permitirnos obtener información derivada de su actividad pesquera. Al personal técnico y de investigación del CRIP Ciudad del Carmen.

## Literatura citada

- Chávez, E. A., M. Fernández S. 1976. Contribución al conocimiento de la jaiba prieta (*Callinectes rathbunae*: Decapodo, Portunidae), del Estado de Veracruz. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 27:237-291.
- Cisneros, M. A., E. Ramírez F., J. A. García B., V. Castañeda F., A. Labastida C., C. Gómez R., J. Vera M. 2014. Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico Mexicano. Informe técnico del Instituto Nacional de Pesca. Benito Juárez, CDMX., México. 1. 86p.
- Churchill, E. P. 1919. Life History of the Blue Crabs. Bulletin of the U.S. Bureau of the Fisheries 36 (870): 95-128.
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2017. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. 293p.
- Contreras, F. 1930. Contribución al conocimiento de Las Jaibas de México. Anales del Instituto de Biología 1 (2):227-241.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-039-PESC-2003. Pesca responsable de jaiba en aguas de jurisdicción federal del litoral del Océano Pacífico. Especificaciones para su aprovechamiento. México 9p.
- Gil, L. H. A. 2009. Aspectos ecológicos, biológicos y pesqueros de las jaibas (*Callinectes* spp.) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. Tesis de maestría. Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 89p.
- Leary, S. P. 1964. The crabs of Texas. Texas Parks and Wild Life Department 7(43): 1-57.



- Manrique, C. F. 1965. Validez taxonómica y redescrición de *Callinectes rathbunae*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. 58p.
- Ortega G. G., G. Rodríguez D., R. Pérez G. y E. A. Aragón N. 2016. Crecimiento individual y longitud de primera madurez de *Callinectes arcuatus* en Marismas Nacionales, Nayarit, México. *Ciencia Pesquera* 24(2): 3-11.
- Ortíz, P. M. A., G. de la Lanza E. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México. 138p.
- Raz, A. M., A. J. Sánchez., L. A. Soto. y F. Álvarez. 1986. Catálogo ilustrado de cangrejos braquiuros y anomuros de la Laguna de Términos, Campeche (Crustacea, Brachiura, Anomura) *Anales del instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 57: 84-343
- Rodríguez, F. D., M. A. Cisneros M., E. A. Aragón N. y J. A. Arreola L. 2015. Talla de primera madurez de jaiba café *Callinectes belliculosus* en cinco zonas del Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 23:5-14.



## EL MERCADO DEL ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) CAPTURADO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Argenis Morales Télles<sup>245</sup>, Patricia Devezé Murillo<sup>246</sup>, Karina Ramírez López<sup>247</sup> y Bernardo Alberto López Yáñez

### Resumen

Se presentan los principales rasgos del mercado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México con el objetivo de conocer y analizar su situación comercial en el periodo comprendido entre los años de 2011 a 2017. La principal razón por la cual se analizó este mercado es porque existen pocos o nulos estudios que expongan datos detallados de comercialización de productos de origen pesquero, en especial del atún aleta amarilla, un producto hoy en día básico en la dieta de casi todos los mexicanos. Los datos fueron recabados de organismos nacionales e internacionales dedicados al monitoreo y control del atún aleta amarilla. La información es presentada mediante cuadros y gráficas que contienen y representan los datos de producción del atún aleta amarilla; los volúmenes y valor de las capturas dan a conocer la oferta disponible para el mercado nacional e internacional, así como la derrama económica que esto implica, además, se incluyen ilustraciones de los diferentes eslabones de la cadena productiva y las características del producto. Las capturas obtenidas son comercializadas sólo a dos mercados; Estados Unidos en el ámbito internacional y en México, La Nueva Viga en la Ciudad de México, mercados a los cuales se destinan aproximadamente el 90% y 10% de las capturas respectivamente. Tras su procesamiento y desembarque, el atún se categoriza en tres niveles de calidad de acuerdo con su carne, de los cuales el del nivel más bajo es utilizado para consumo nacional, dejando el producto con media y mayor calidad para el mercado internacional; todo el producto es

---

<sup>245</sup> Universidad Veracruzana \*argenismorales@outlook.es

<sup>246</sup> FMVZ UV

<sup>247</sup> INAPESCA





comercializado en presentación de fresco refrigerado, en cajas de cartón especiales, las cuales son llevadas hasta su destino vía terrestre. Esta pesquería consiste en un mercado constante y regulado, debido a la normatividad existente que establece los límites del esfuerzo pesquero.

**Palabras clave:** comercialización, producción, valor, volumen

## Introducción

De acuerdo con datos del Anuario estadístico de la CONAPESCA, en 2017 se capturaron 123,975 t en peso vivo de túnidos, de las cuales se exportaron 47,262 t de atún y similares en todo México con un valor de \$230,359 dólares (USD), situándose los túnidos en segundo lugar de las exportaciones de especies pesqueras de México (CONAPESCA, 2017).

Actualmente, la pesca de atún aleta a amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México se realiza a través de embarcaciones palangreras que operan principalmente en los puertos de Tuxpan en Veracruz, y Yucalpetén en Yucatán, a cargo de empresas que cuentan con permiso de pesca comercial de túnidos. En conjunto, dichas embarcaciones logran capturar aproximadamente 1,000 t al año, la mayor parte del atún capturado cumple con los altos estándares de calidad que se requieren para ser exportados al extranjero (DOF, 2015). La actividad pesquera de atún con palangre en el Golfo de México se practica por arraigo y tradición, promoviendo el desarrollo regional y la generación de empleos, por lo que de ella dependen muchas familias, ya que es su principal fuente de ingresos.

Aunque algunas organizaciones de interés como el INAPESCA y el ICAAT recaudan información de carácter biológico y de operaciones de pesca con fines estadísticos de investigación, también es necesario indagar sobre los siguientes eslabones de la cadena de este producto para conocer qué pasa después de descargar el producto en los puertos, el mercado al que es dirigido y las presentaciones en que se comercializa. En base a lo anterior, el objetivo general de la presente investigación



es exponer el mercado del atún aleta amarilla capturado en el Golfo de México para conocer su situación comercial; mediante los objetivos específicos que son conocer los volúmenes de captura y valor comercial del atún aleta amarilla, e identificar los mercados de destino, las presentaciones de venta y la demanda del producto.

## **Materiales y métodos**

El método utilizado es analítico (Ortiz y García, 2008) ya que se desglosan los eslabones de la cadena productiva de atún aleta amarilla capturado en el Golfo de México, para conocerlos de manera individual y así entender la naturaleza del estudio; desde el punto de vista cuantitativo se dio a conocer la magnitud del mercado del atún aleta amarilla y desde un enfoque descriptivo se expusieron las características generales del atún aleta amarilla y se identificaron sus mercados de destino.

Tras ser identificados dichos mercados, se describieron cantidades producidas del bien, sus presentaciones de venta y su valor de acuerdo con su mercado final; tal información fue plasmada a través de gráficas de barras que representan de manera simple y sencilla los valores de las variables analizadas referidas anteriormente.

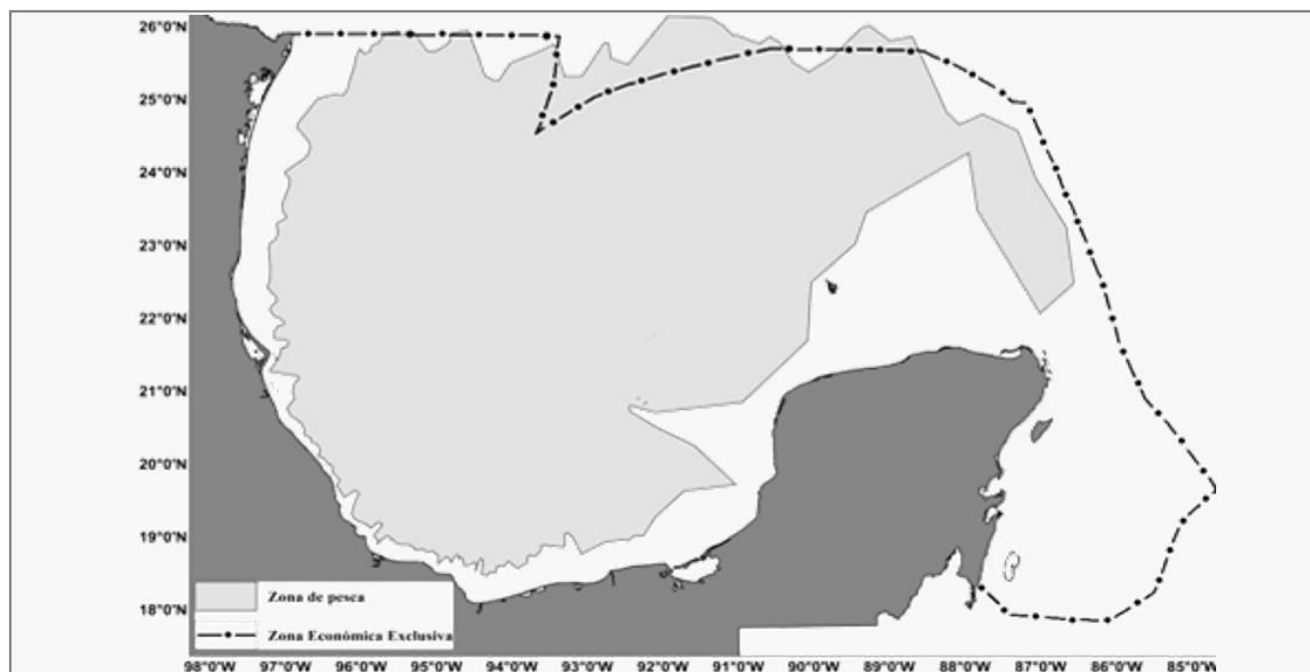
La información presentada corresponde al periodo de 2011 a 2017, los últimos siete años de los que se tiene registro en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y por ser datos nacionales, se manejan en kilogramos (kg) y pesos mexicanos.

## **Localización**

El Golfo de México es una cuenca marítima ubicada en el continente americano, perteneciente al Océano Atlántico y colindante con el Mar caribe. Las costas de México, Estados Unidos y Cuba son bañadas por aguas del Golfo de México, el cual tiene una superficie de 1,550,000 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 4,384 m (EcuRed, 2010).



Dicha área pertenece a una Zona Económica Exclusiva (ZEE) en la cual, México tiene derecho de aprovechar sus recursos para fines de investigación y explotación económica de manera soberana; la actividad pesquera de túnidos de la flota palangrera mexicana se limita a dicha zona, cuya área de operación está referenciada por los 18°30' y 25°00' latitud norte y de los 89°00' a 97°00' longitud oeste (Figura 1). Las entidades mexicanas con costas en el Golfo de México son: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, de entre las cuales hay tres puertos importantes para la pesca de atún aleta amarilla: Tuxpan y Alvarado, en Veracruz., y Yucalpetén, en Yucatán. (DOF, 2015).



**Figura 1. Zona de pesca de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México. Fuente: DOF, 2015.**

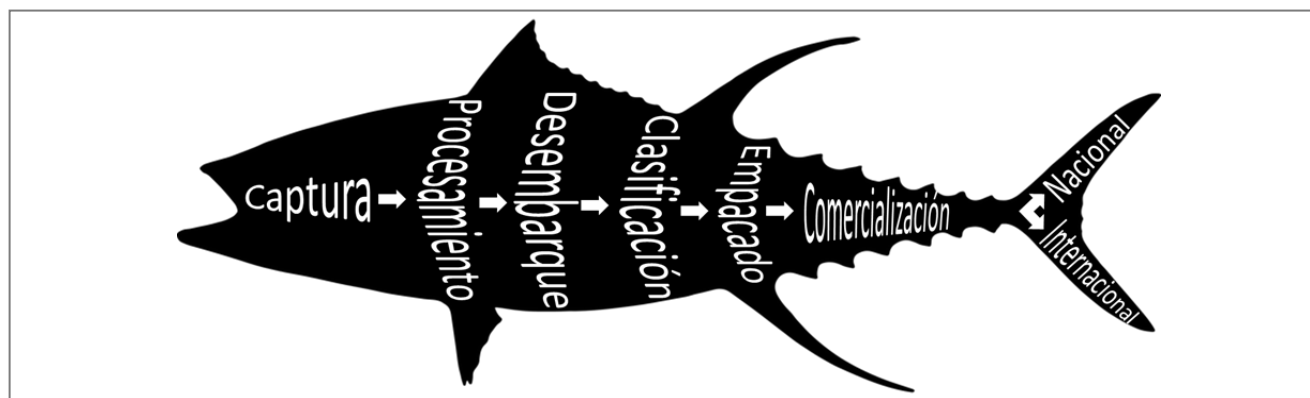
## Resultados y discusión

### Descripción de la pesquería

La pesquería atunera en el Golfo de México posee un alto nivel de organización tanto operativo como corporativo, su cadena productiva se realiza de manera



sistemática, la cual es integrada por la captura frente a las costas de Veracruz principalmente, procesamiento, desembarque, clasificación, empaque y comercialización (Figura 2).



**Figura 2. Cadena productiva del atún aleta amarilla (*Thunnus Albacares*). Fuente: Elaboración propia (2019).**

Después de las maniobras de pesca del atún aleta amarilla en alta mar, inmediatamente éste es procesado a bordo del mismo barco por la tripulación a bordo, integrada de entre seis y ocho personas (Ramírez, 2019), entre los que se encuentran el patrón, el jefe de máquinas, el encargado del producto a bordo que resguarda la integridad del mismo, el cocinero cuya tarea es alimentar a la tripulación y los pescadores cuya función principal es obtener el producto del mar, entre otras actividades; luego es descargado en el muelle por los propios pescadores y por el personal del muelle. A medida que se descarga, se va realizando el proceso de clasificación, en donde interviene personal certificado de la Food and Drug Administration (FDA por sus siglas en inglés), quienes evalúan cada ejemplar de acuerdo con los parámetros de calidad requeridos, como el peso y la coloración de la carne.

Posteriormente, el personal del muelle realiza el empaque y embarque del producto bajo la supervisión de los propietarios, para finalmente trasladarlo vía terrestre a su destino final, actividad que se realiza por personal perteneciente a las mismas empresas.





A lo largo de los diferentes procesos que incluye la pesquería del atún aleta amarilla, intervienen diversas personas indispensables para que esta actividad económica se realice de la mejor manera, entre los cuales están los permisionarios, los tripulantes, los pescadores, los trabajadores del muelle y transportistas.

Los permisionarios son personas físicas o morales dueños de las embarcaciones quienes tienen los permisos o concesiones de pesca emitidos por CONAPESCA en base a las opiniones técnicas del INAPAESCA.

Además, por normatividad nacional, cada viaje de pesca lleva a un observador a bordo, proporcionado por el Fideicomiso de Investigación para el Desarrollo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines y Otros en Torno a Especies Acuáticas Protegidas (FIDEMAR) por medio del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines. (PNAAPD), el cual tiene la función de recaudar información acerca de las actividades de pesca del barco, avistamiento de mamíferos y tortugas marinos, e identificación de la captura incidental (FIDEMAR, 2014).

En el Golfo de México, esta pesquería se lleva a cabo por 14 empresas de las cuales dos corresponden a Yucatán y 12 a Veracruz, que en conjunto suman 25 barcos (Soriano, 2018). Los principales puertos de descarga son Alvarado, Veracruz con 6% de participación, Yucalpetén, Yucatán con el 11% y el puerto de Tuxpan, Veracruz que es el principal sitio de descarga con una participación superior al 80%, dado que ahí se concentra la flota atunera más grande del Golfo de México en el océano Atlántico (Solana y Ramírez, 2006). Este puerto cuenta con tres muelles privados: el muelle de Pesca Fina en el que atracan tres barcos; el muelle Juan Ramón Ganem para dos barcos y; Dorado del Golfo y Robalo IX para cinco barcos. En el muelle pesquero público operan dos empresas y atracan 11 barcos atuneros; la empresa K&B Tuna que cuenta con ocho barcos y Corporativo Atunero Scorpio con tres barcos, además de los barcos de los concesionarios con una sola embarcación.

Por ser un puerto importante para este producto, en 2018 Tuxpan registró una exportación de atún aleta amarilla a Estados Unidos superior a 5,000 t provenientes tanto del Golfo de México, como del Océano Pacífico (Desarrollo económico Tuxpan, 2018).



## **Demanda y mercados de destino**

La calidad del atún aleta amarilla del Golfo de México, satisface los estándares del mercado internacional, por lo que desde el comienzo de esta pesquería en la década de los ochentas la mayor parte del producto capturado es destinado para la exportación (González-Ania *et al.*, 2002). Canadá, Japón y España son compradores de atún aleta amarilla mexicano, pero esta demanda es atendida por pesquerías del Océano Pacífico, debido a que en esas aguas esta pesquería se realiza a niveles exponenciales comparados al Golfo de México.

En Estados Unidos, existe una demanda consolidada, más del 90% de las capturas de atún aleta amarilla del Golfo de México son exportadas a ese país (DOF, 2015). El producto exportado a Estados Unidos se entrega en la frontera por transportistas mexicanos y se distribuye por los compradores americanos hasta el consumidor del producto final.

En México también existe demanda por atún aleta amarilla fresco refrigerado, el restante de las capturas del Golfo de México, aproximadamente 10%, va al mercado de La Nueva Viga, en la Ciudad de México (DOF, 2015).

## **Producción y valor**

Para la estimación de la producción y valor, sólo se tomaron como referencia los datos provenientes de los estados de Veracruz y Yucatán, ya que son los únicos con litoral en el Golfo de México que reportan capturas de atún aleta amarilla, de manera que éstos representan el total de dichas capturas (Figuras 3 y 4). Los demás estados con litoral en el Golfo de México también registran pocas capturas en el SIAP, pero incluyen otras especies de túnidos o son destinadas al consumo local, por lo que no figuran en los registros oficiales.

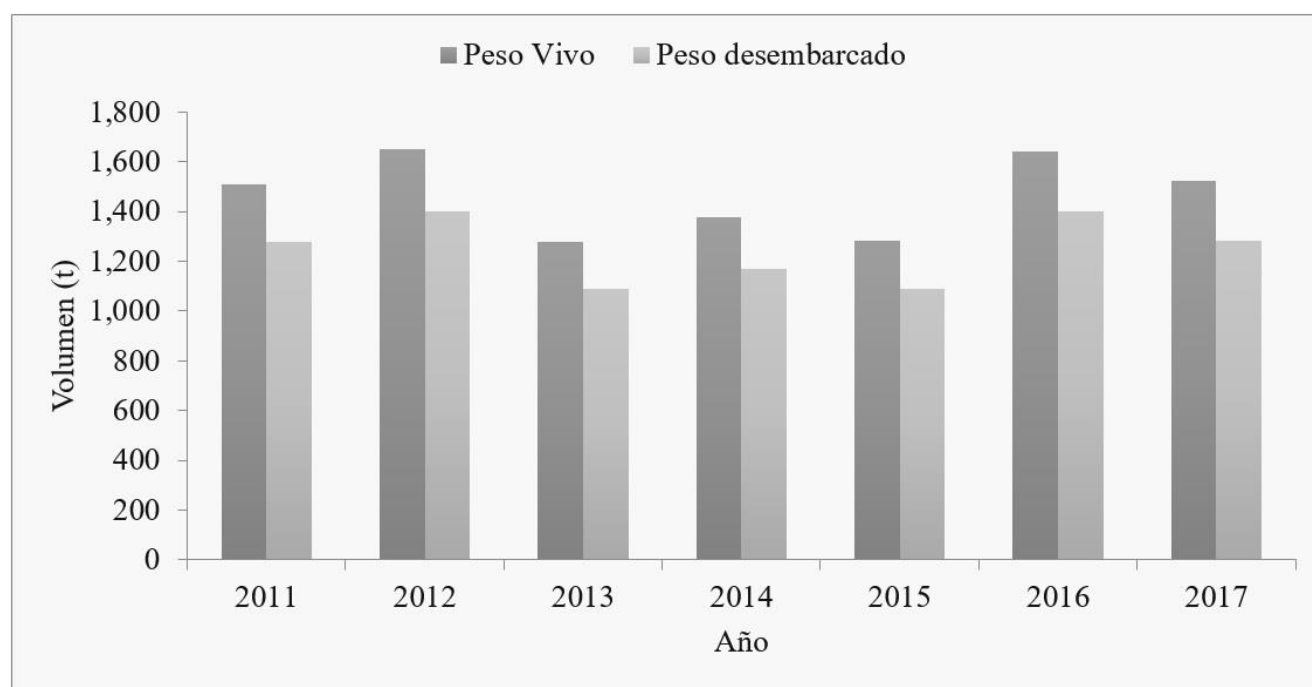
Los datos que se presentan a continuación corresponden a los últimos siete años de los que se tienen registro en el SIAP y por ser datos nacionales, se manejan en kilogramos y pesos mexicanos.



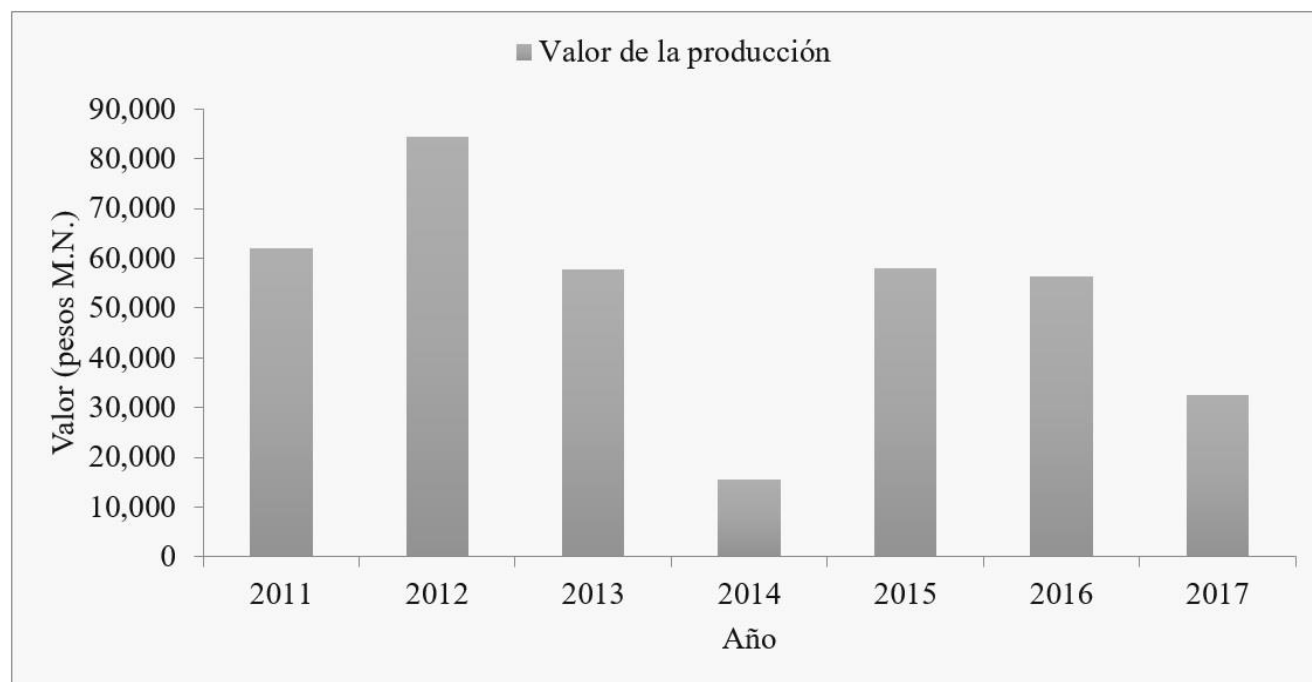
**Cuadro 1. Producción pesquera de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturado en el Golfo de México (Veracruz y Yucatán).**

Año	Peso Vivo (t)	Peso desembarcado (t)	Valor de la producción
2011	1,510.41	1,279.65	\$61,923
2012	1,648.76	1,401.08	\$84,479
2013	1,277.96	1,091.04	\$57,879
2014	1,376.63	1,171.03	\$15,645
2015	1,281.57	1,088.88	\$57,925
2016	1,643.29	1,401.12	\$56,437
2017	1,524.25	1,282.81	\$32,520

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.



**Figura 3. Volumen anual de la producción pesquera de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturado en el Golfo de México. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.**



**Figura 4. Valor anual de la producción pesquera de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) capturado en el Golfo de México. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.**

### Presentaciones de venta

La producción se comercializa principalmente fresco enhielado o refrigerado. Para el consumo local, en su mayoría el atún se vende en tiendas departamentales, en presentación de trozos congelados importado de otros países como Canadá y otras presentaciones como enlatados y sachet (DOF, 2015).

### Procesamiento

Debido a que no hay plantas procesadoras para el producto en fresco, todas las actividades de procesamiento se llevan a cabo después de la captura a bordo del barco por pescadores altamente capacitados y certificados (DOF, 2015). Ya que en México no existe un proceso establecido, para su mejor comprensión se toma como referencia el procedimiento sintetizado y adaptado al español por Chimpén (s. f.) de “The Management of Yellowfin Tuna in the Handline Fishing Industry of Hawaii” publicado por Robert M. Nakamura. (1987), el cual mejora la eficiencia y el pronto enfriamiento del producto. El procedimiento es ilustrado en la Figura 5.





**Figura 5. Actividades de procesamiento y conservación del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) a bordo del barco pesquero. Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de Blanc et al., 2005.**

### Clasificación

El proceso de clasificación del atún aleta amarilla se realiza de acuerdo con la calidad de la carne de cada ejemplar, con fines comerciales y es llevado a cabo por personal certificado por la FDA (DOF, 2015).

De acuerdo con el Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México (*Ibidem*), los aspectos para poder clasificar el producto son: el peso sin cabeza y eviscerado, como se muestra en la Figura 6, no debe ser menor de 60 lb (27.2155 kg); conjuntamente se toma en consideración el estado físico general del ejemplar, como el color y consistencia de la carne para su posterior clasificación en tres niveles de calidad para el consumo humano; el máximo nivel es extra (E), el nivel medio es bueno (A) y la mínima calidad es regular (B), por lo que esta última no se exporta y es destinada para consumo nacional, mientras que el producto inadecuado para el consumo humano es clasificado como no apto (C) (DOF, 2015).

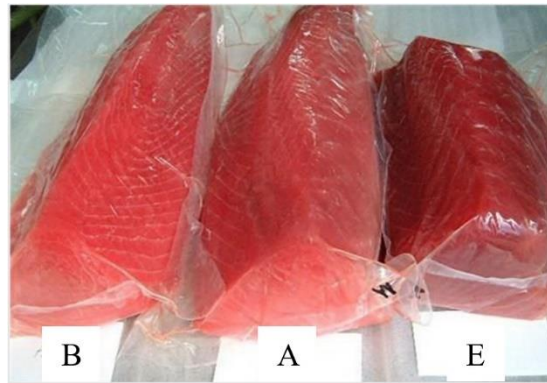


La coloración óptima debe de ser de un rojo intenso, ya que por factores como la refrigeración la carne puede volverse más opaca y café; o debido a la alimentación del ejemplar, el color de la carne puede verse de otros tonos de rojo menos intensos (Lobo *et al.*, 2012). En la Figura 7, se pueden observar tres niveles en el color de la carne del atún.



(a)

**(a) Figura 6. Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) eviscerado, sin aletas ni cabeza.** Fuente: [www.scanfisk.com/granel-atun.html](http://www.scanfisk.com/granel-atun.html).



(b)

**(b) Figura 7. Coloración de la carne en lomo de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*).** Fuente: <https://spanish.alibaba.com>

### Empaquetado

Para el empaquetado del producto de acuerdo con el Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México (DOF, 2015) está referido que: “En el muelle el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) se descarga al camión refrigerado y se envasa en cajas especiales de cartón encerado con hielo aproximadamente 500 lb. (226.80 kg), de pescado/caja, para ser transportado a su destino” (DOF, 2015).

El proceso de empaquetado debe ser muy rápido ya que el atún no debe perder su temperatura para que no pierda calidad, por lo que después de ser clasificado el producto, es puesto en las cajas (Figura 8) para su exportación en cantidades hasta de ocho piezas dependiendo el tamaño de cada ejemplar y luego las cajas son subidas a camiones refrigerados para su distribución.



**Figura 8. Caja de cartón encerado para exportación de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) fresco enhielado. Fuente: <https://spanish.alibaba.com>**

### Comercialización

Los datos de comercialización de atún aleta amarilla en presentación de fresco enhielado o refrigerado (Figuras 9 y 10) se obtuvieron tomando los porcentajes correspondientes a cada mercado de destino del total de las capturas en el Golfo de México registradas en el SIAP; más del 90% para Estados Unidos y aproximadamente 10% para La Nueva Viga, mercados a los cuales el producto ya empaquetado, es transportado vía terrestre en camiones refrigerados.

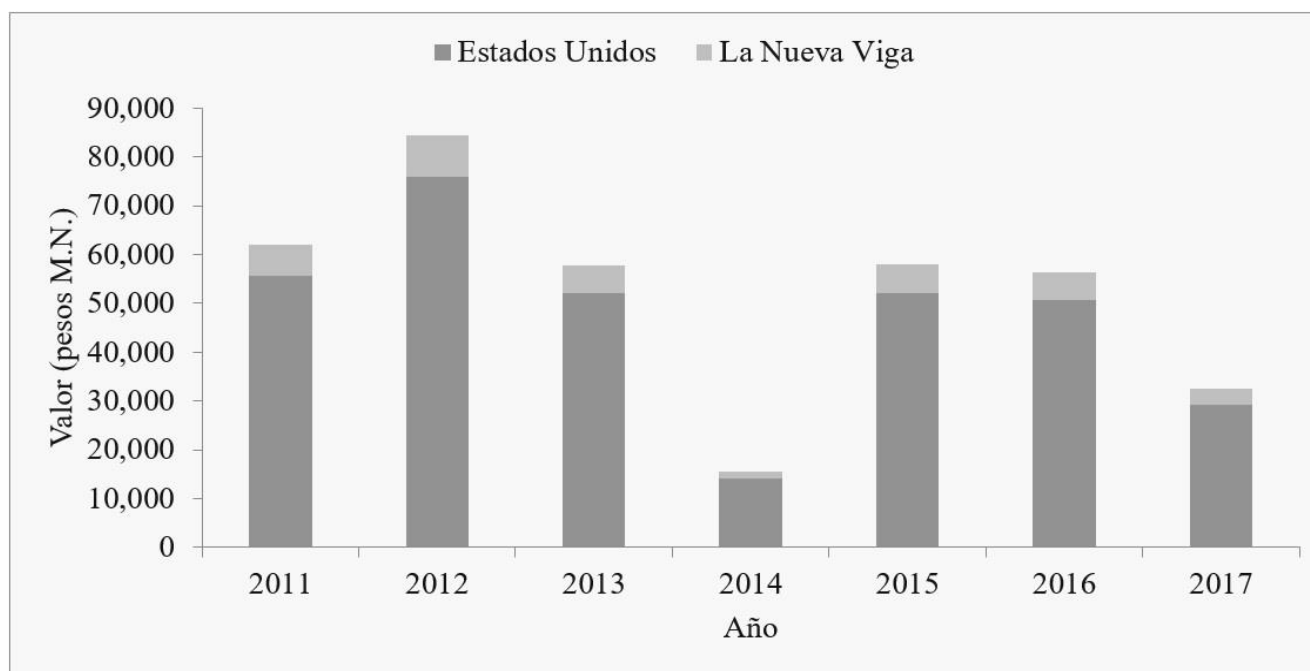
**Cuadro 2. Valores de comercialización de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en fresco refrigerado por mercado de destino**

Año	Estados Unidos		La Nueva Viga	
	Peso desembarcado en t	Valor de la producción en pesos	Peso desembarcado en t	Valor de la producción en pesos
2011	1,151.69	\$55,730.70	127.97	\$6,192.30
2012	1,260.97	\$76,031.10	140.11	\$8,447.90
2013	981.94	\$52,091.10	109.10	\$5,787.90
2014	1,053.93	\$14,080.50	117.10	\$1,564.50
2015	979.99	\$52,132.50	108.89	\$5,792.50
2016	1,261.01	\$50,793.30	140.11	\$5,643.70
2017	1,154.53	\$29,268.00	128.28	\$3,252.00

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.



**Figura 9. Volumen de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) fresco refrigerado de acuerdo con su mercado de destino. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.**



**Figura 10. Valor de la comercialización de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) fresco refrigerado de acuerdo con su mercado de destino. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2019.**





## Conclusiones

Se concluyó que la situación del mercado de atún aleta amarilla capturado en el Golfo de México es la misma en el periodo de tiempo analizado. En primer lugar, el volumen anual de capturas de atún aleta amarilla se ha mantenido constante entre las 1,000 y 1,400 t debido a la disponibilidad del recurso y al esfuerzo pesquero regulado. En segundo lugar, el valor de producción promedio es de \$52,401.14 pesos, cifra que se asemeja a la mayoría de los valores de los años analizados, lo cual confirma la estabilidad del mercado analizado. En tercer lugar, el mercado del atún aleta amarilla es un mercado consolidado, destinando el producto de mayor calidad a Estados Unidos y el resto al mercado de La Nueva Viga en la Ciudad de México, aproximadamente 90% y 10% respectivamente. En cuarto lugar, se identificó que solo existe una presentación para el atún aleta amarilla capturado en el Golfo de México, que es la de fresco refrigerado (o fresco refrigerado); cada ejemplar es comercializado eviscerado, descabezado y sin aletas. Con base a la información obtenida en el SIAP, el Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México y la comunicación personal de colaboradores del INAPESCA, se reitera que la oferta de atún aleta amarilla obtenido del Golfo de México no es suficiente para atender la demanda de otros mercados.

## Agradecimientos

A la Dra. Patricia Devezé Murillo quien fue pieza clave en la creación de este trabajo desde el comienzo hasta su culminación, brindándome asesoría y apoyo económico. A la Mtra. Karina Ramírez López quien con su amplio conocimiento en el tema apoyó de manera significativa con la revisión final de este trabajo.



## Literatura citada

- Blanc, M., A. Desurmont y S. Beverly, 2005. Onboard handling of sashimi-grade tuna: a practical guide for crew members. Ultimo Group. Auckland, New Zealand. 24 p.
- Chimpen, S. L. s. f. Tecnología de procesamiento del atún fresco refrigerado. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. <http://www.oannes.org.pe/upload/201609221406511001020782.pdf> [consultado el 30 de abril de 2019].
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura). 2017. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. SAGARPA. Mazatlán, Sinaloa, México. [https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgpppe/2017/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2017.pdf](https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgpppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf) [consultado el 19 de febrero de 2019].
- Desarrollo económico Tuxpan. 2018. Reporte comercial Tuxpan. Dirección de desarrollo económico. [https://tuxpanveracruz.gob.mx/wp-content/uploads/2019/inf\\_economica/REPORTE\\_COMERCIAL\\_TUXPAN\\_ENERO\\_DICIEMBRE\\_2018.pdf](https://tuxpanveracruz.gob.mx/wp-content/uploads/2019/inf_economica/REPORTE_COMERCIAL_TUXPAN_ENERO_DICIEMBRE_2018.pdf) [consultado el 13 de abril de 2019].
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2015. Acuerdo por el que se da a conocer el Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México. SAGARPA. México, D. F. <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/Planes-de-Manejo-Pesquero/Golfo/PLAN-DE-MANEJO-PESQUERO-ATUN-ALETA-AMARILLA.pdf> [consultado el 3 de marzo de 2019].
- EcuRed. 2010. Enciclopedia Colaborativa en la Red Cubana. Golfo de México. [https://www.ecured.cu/Golfo\\_de\\_M%C3%A9xico](https://www.ecured.cu/Golfo_de_M%C3%A9xico) [consultado el 12 de marzo de 2019].
- FIDEMAR (Fideicomiso de Investigación para el Desarrollo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines y Otros en Torno a Especies Acuáticas Protegidas). 2014. Manual de Observadores. Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín. Tuxpan, Veracruz, México. 71 p.



- González-Ania, L. V., R. P. A. Ulloa, y P. Arenas F. (2002). Pesquería del atún. p 177-185.  
*In:* Guzmán, A. P., Quiroga, B. C., Díaz, L. C., Fuentes, C. D., Contreras, C. M. y Silva-López, G. (eds.). La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA, INAPESCA, UV. México, D. F.
- Lobo, A., V. Gutiérrez y E. Ross (eds.). 2012. Guía de identificación de filetes de pescado y mariscos. Marviva. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Costa Rica. 61 p.
- Nakamura, R. M. 1987. The Management of Yellowfin Tuna in the Handline Fishing Industry of Hawaii: A Fish-handling Handbook. University of Hawaii. Honolulu, United States of America. 27 p.
- Ortiz, U. F. y N. M. García. 2008. Metodología de la investigación: el proceso y sus técnicas. 13ª ed. Limusa. México. 179 p.
- Ramírez, L. K. 2019. La pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México. 1ª ed. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Ciudad de México, México. 81 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Producción de Pesca y Acuicultura. Producción anual pesquera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pesquera> [consultado el 28 de marzo de 2019].
- Solana, S. R. y L. K. Ramírez. 2006. Análisis de la Pesquería Mexicana del Atún en el Golfo de México. ICCAT, 59:525–535.
- Soriano, A. 2018. Permisos y Concesiones de pesca comercial para embarcaciones mayores y menores. R/PIY. Comisión Nacional de Acuicultura y pesca. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-y-concesiones-de-pesca-comercial-para-embarcaciones-mayores-y-menores> [consultado el 23 de abril de 2019].



## DESCRIPCIÓN, CUANTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS TRAMPAS JAIBERAS EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VERACRUZ

Eduardo Oliver Cruz Fonseca<sup>248\*</sup> y Gabriel Núñez Márquez<sup>248</sup>

### Resumen

Con el objetivo de describir las trampas jaiberas, cuantificarlas y determinar su distribución en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, en los años 2014 y 2015 se visitaron 32 localidades pesqueras, se realizaron encuestas entre los pobladores y se tomaron medidas de 2,705 trampas jaiberas. Los datos se agruparon en tres zonas: río Acula, río Limón y las lagunas costeras (Camaronera y Tlalixcoyan). Se observaron tres formas de trampa que se denominaron por la forma de su base: 68% fueron de base cuadrada, 16% fueron de base rectangular y 16% de base redonda. La mayoría (80%) de las trampas de base cuadrada tuvo de 35 a 45 cm por lado y alturas entre 19 y 24 cm. Las trampas de base redonda más frecuentes (56%) tuvieron diámetros de 38 a 45 cm y alturas de 20 a 25 cm. Las trampas con largos de 34 a 44 cm, anchos de 30 a 31 cm y alturas de 21 a 26 cm representaron 60% de las de base rectangular. Se encontró que las trampas predominantes tuvieron base cuadrada y rectangular, con estructura de alambrón delgado, material de recubrimiento plástico con tamaño de malla de 2.5 y 3 cm y con dos o tres bocas de entrada. Se calculó que en 2014 y 2015 había 8,751 trampas jaiberas en el sistema lagunar de Alvarado. El 40% de esas trampas se ubicó en la zona de Río Acula, 34% en la zona del Río Limón y 26% en las lagunas costeras. Se recomienda diseñar un estudio para estimar la selectividad y la eficiencia de captura de las trampas.

**Palabras clave:** jaiba, arte de pesca, pesca artesanal

---

<sup>248</sup>Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. CRIAP Veracruz. Av. Ejército Mexicano No. 106, Col. Exhacienda Ylang-Ylang, Boca del Río, Ver. MÉXICO. C.P. 94298.

E-mail: [eduardo.cruz@inapesca.gob.mx](mailto:eduardo.cruz@inapesca.gob.mx)





## Introducción

La producción anual de jaiba en el país es de alrededor de 48 mil toneladas, de las que el Golfo de México produce 36%. A escala nacional Veracruz ocupa el cuarto lugar en producción con 5.2 mil toneladas y el sistema lagunar de Alvarado (SLA) tiene el segundo lugar en el estado con 1.3 mil. La pesquería en el SLA es artesanal y actualmente tiene una regulación obsoleta, ya que desde 1974 se estableció una talla mínima de captura de 110 mm de ancho de caparazón para todas las especies y el esfuerzo de pesca sólo se controla mediante permisos. El arte de pesca autorizado es el aro jaibero, pero el uso de trampas se ha vuelto cada vez más común en el SLA. Se calcula que 32% de la producción de jaiba reportada en el SLA proviene de la pesca con trampas no autorizadas. Para calcular puntos de referencia para la pesquería actual y establecer medidas de regulación adecuadas, es necesario describir, clasificar y cuantificar el esfuerzo pesquero nominal, que incluye a las artes de pesca. En la propuesta de Plan de Manejo Pesquero (PMP) del SLA, dentro de la línea de acción de “Controlar el esfuerzo pesquero”, se establecen como acciones realizar estudios para estimar la pesca no declarada y para reasignar el esfuerzo pesquero (COFEMER, 2015). Durante los trabajos para la elaboración de ese PMP, (Carrillo *et al.*, 2009) encontraron 3,722 trampas en el SLA, de forma rectangular, con dimensiones muy variables, con una o hasta cuatro entradas y con marcos de metal cubiertos con materiales metálicos y plásticos. Los objetivos del presente trabajo son describir las trampas jaiberas actuales, cuantificarlas y determinar su distribución en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz.

## Materiales y métodos

El SLA se encuentra ubicado entre 18°43' y 18°52' de latitud norte, 95°42' y 95°57' de longitud oeste. Está constituido por las lagunas costeras Camaronera, Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan (ZONA C) y numerosas lagunas interiores comunicadas por dos de los tres ríos principales, el río Limón (ZONA B) y el río Acula (ZONA A) (Figura

1). Se utilizó información estadística de la CONAPESCA para ubicar los lugares del SLA con mayor producción de jaiba, los cuales se ubicaron dentro de las tres zonas.



**Figura 1. Sistema lagunar de Alvarado, Ver. Zonas y localidades visitadas durante el estudio de las trampas jaiberas en 2014 y 2015.**

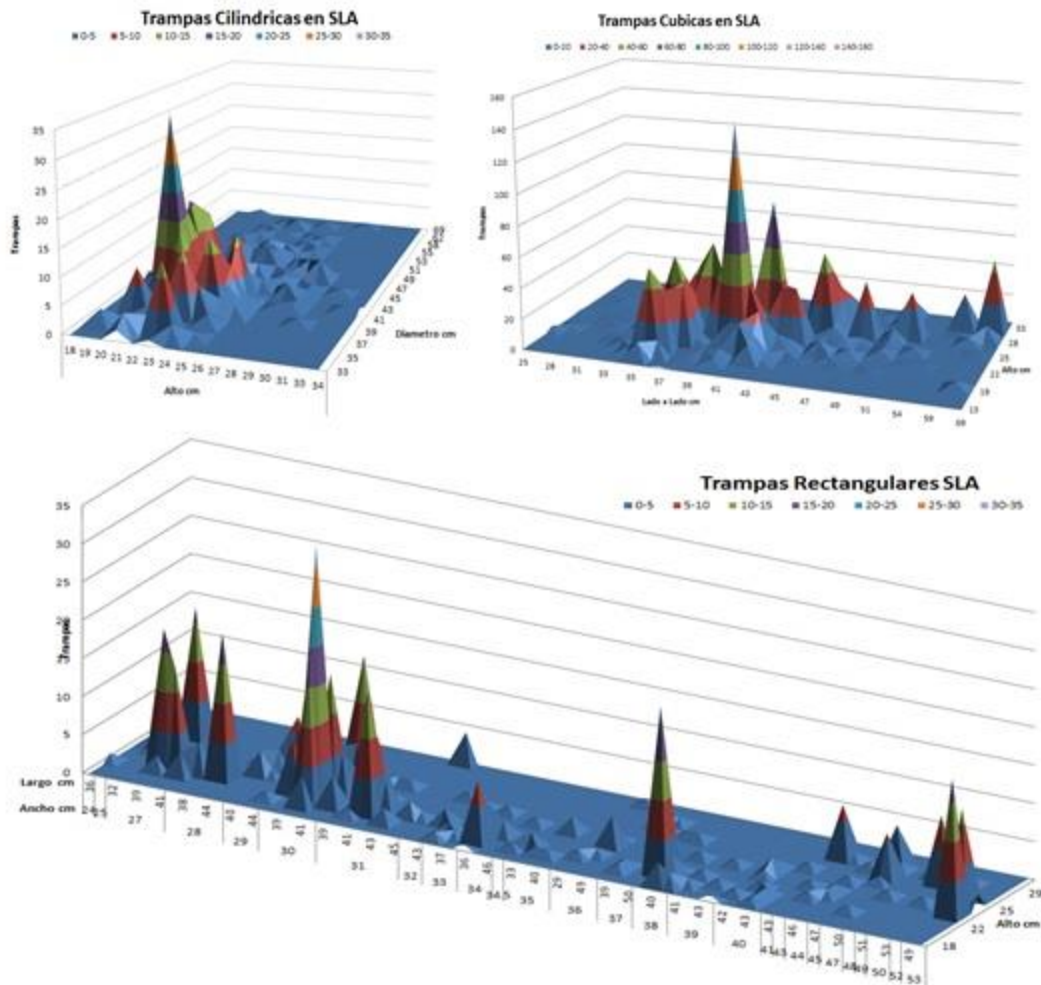
Entre febrero de 2014 y diciembre de 2015 se hizo una encuesta en cada lugar para determinar el promedio de trampas por pescador y el número aproximado del total de pescadores jaiberos por localidad. El producto aritmético de esas dos cantidades es una estimación del total de trampas en ese lugar. La suma de los totales por localidad dentro de cada una de las zonas da el estimado zonal del número de artes de pesca. La suma simple de los tres totales zonales da el total general. En las trampas para crustáceos la selectividad y la eficiencia dependen, principalmente, de la forma del arte de pesca y de sus dimensiones, del tamaño de las mallas de



recubrimiento y del número, tamaño y posición de las entradas (Chiasson *et al.*, 1993; Guillory, 1998; Zhou y Kruse, 2000). Para registrar estas características en las trampas del SLA, en cada localidad se clasificaron por forma, se contaron, se escogió al azar una típica por subconjunto y de este ejemplar se midieron con un flexómetro sus dimensiones, el tamaño de la malla de recubrimiento y la longitud y altura de una de las bocas o entradas. Se registró también el material de la estructura de soporte y de la malla de recubrimiento. Los datos se capturaron en hoja de cálculo de EXCEL y se utilizaron tablas dinámicas para agruparlos por características.

## Resultados y discusión

Entre febrero de 2014 y diciembre de 2015 se visitaron 30 localidades pesqueras donde se captura jaiba del SLA y en 23 de ellas se midieron un total de 2,705 trampas. Se observaron tres formas de trampa, que se denominaron por la forma de su base: 68% fueron de base cuadrada, 16% fueron de base rectangular y 16%, de base redonda. Más de la mitad (52%) de las trampas tuvieron dos bocas o entradas, 21% tuvo tres y sólo 4% de las trampas tuvieron cuatro entradas. La estructura del 74% de las trampas estuvo constituida por soportes de alambro delgado y mallas de plástico fino; el tamaño de las mallas de recubrimiento de 54% de las trampas fue de 2.5 mm, 17% mallas de 3 mm y 9% mallas de 4 mm. El largo de la boca de 7 a 10 cm fue el más frecuente (84%); 75% tuvo alto de entrada de 5 a 7 cm. La mayoría (80%) de las trampas de base cuadrada tuvo de 35 a 45 cm por lado y alturas entre 19 y 24 cm. Las trampas de base redonda más frecuentes (56%) tuvieron diámetros de 38 cm a 45 cm y alturas de 20 a 25 cm. Las trampas con largos de 34 a 44 cm, anchos de 30 a 31 cm y alturas de 21 a 26 cm representaron 60% de las de base rectangular (Figura 2).



**Figura 2. Agrupaciones según sus dimensiones de las trampas jaiberas de las tres formas observadas en el SLA durante 2014 y 2015.**

En total, se calculó que durante los años 2014 y 2015 en todo el SLA hubo 8,751 ( $\pm 283$ ) trampas, 3,521 ( $\pm 256$ ) en la zona de Río Acuña, 2,916 ( $\pm 214$ ) en la zona del Río Limón y 2,314 ( $\pm 462$ ) en las lagunas Camaronera y Tlalixcoyan.

El número de trampas rectangulares observadas en 2009 (Carrillo *et al.*, 2009) en las 43 localidades pesqueras del SLA que visitaron es 50% menor que el número calculado en 2014 y 2015 sólo para las 30 localidades pesqueras más importantes del sistema. En la mayoría de los lugares visitados durante 2014 y 2015 se observaron trampas de manufactura reciente y muchas otras en construcción, de manera que es razonable pensar que es posible que el número de trampas haya incrementado al doble en cinco o seis años. Sin embargo, en 2009 tampoco se verificaron todas las





trampas existentes, ya que se reconoció que había un número indeterminado de ellas trabajando sumergidas (Carrillo *et al.*, 2009). Es decir que en ambos casos el número de trampas real seguramente es mayor. El SLA es muy grande, las localidades donde normalmente se desembarcan las capturas de jaiba están muy dispersas y sus tamaños (número de casas-habitación) son muy variables. Con base en datos del INEGI, calculamos que en el presente trabajo la cobertura de la actividad de encuesta abarcó desde 4% hasta 93% de la población masculina adulta de las localidades visitadas. Se recomienda diseñar un estudio para estimar la selectividad y la eficiencia de captura de las trampas.

## Conclusiones

- 1- Las trampas predominantes en el SLA tuvieron base cuadrada y rectangular, con estructura de alambrón delgado, material de recubrimiento plástico con tamaño de malla de 2.5 y 3 cm y con dos o tres bocas de entrada.
- 2.- Se calculó que en 2014 y 2015 había más de 8 mil trampas jaiberas en el SLA, lo cual representa un incremento de más de 50% del número reportado en 2009.
- 3.- El 40% de las trampas se ubicó en la zona de Río Acula, 34% en la zona del Río Limón y 26% en las lagunas costeras.

Se recomienda diseñar un estudio para estimar la selectividad y la eficiencia de captura de las trampas.

## Agradecimientos

Se hace un reconocimiento a los pescadores del sistema lagunar de Alvarado que dieron las facilidades para la realización del presente trabajo.



## Literatura citada

- Carrillo-Alejandro, P., L. F. J. Beléndez-Moreno, C. Quiroga-Brahms, R. M. Lorán-Núñez, F. R. Martínez-Isunza, J. A. Pech-Paat, *et al.* 2009. Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. INAPESCA, pp: 359-462.
- Chiasson, Y.J., R. Vienneau, P. DeGrace, R. Campbell, M. Hebert y M. Moriyasu. 1993. Evaluation of catch selectivity of modified snow crab (*Chionoecetes opilio*) conical traps. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1930:21.
- COFEMER. 2015. Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. <http://www.cofemersimir.gob.mx/portales/resumen/37643>.
- Guillory, V. 1998. Blue crab, *Callinectes sapidus*, retention rates in different trap meshes. *Mar. Fish. Res.* 60(1):35-37.
- Zhou, S., y G.H. Kruse. 2000. Capture efficiency and size selectivity of two types of pots for red king crabs in the Bering Sea. *Alaska Fishery Research Bulletin* 6(2): 94-103.



## IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES MARINAS DE CAPTURA INCIDENTAL CON INTERÉS COMERCIAL EN LAS CIUDADES DE CUITLÁHUAC Y CÓRDOBA, VER., EN LA PESCA DE ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) DEL PUERTO DE TUXPAN, VERACRUZ

Rafael Cancino San Juan y Patricia Devezé Murillo<sup>249</sup>

### Resumen

Con el objetivo de Identificar las especies marinas de captura incidental en la pesca de atún aleta amarilla (*Thunnus Albacares*) del Puerto de Tuxpan, Ver., que son de interés comercial en las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba en el estado de Veracruz. En el Puerto Tuxpan se concentra la mayor parte de la flota palangrera dedicada a la captura de atún aleta amarilla (*Thunnus Albacares*) y otras especies marinas que son capturadas de manera incidental dentro de la especie objetivo. Se identificaron más de 40 especies marinas capturadas de las cuales más del 90% son aprovechables, mientras el restante son liberados vivos ya que no cumplen con la talla comercial y la otra parte son descartados muertos por no ser aprovechables. Con base en estos resultados se clasificaron las especies más comerciales, conforme al volumen anual y precio por kilogramo, lo cual fue factor para la realización del catálogo. Se diseñó una encuesta con un catálogo con las especies marinas que son capturadas en el Puerto de Tuxpan y las que son de interés comercial, donde se entrevistaron a tres pescaderías, cinco restaurantes de pescados y mariscos en la Ciudad de Cuitláhuac, Ver, al igual se consideraron seis restaurantes de la Ciudad de Córdoba ver, como también cuatro pescaderías del Mercado Revolución de la misma ciudad. Donde se aplicaron un total de 18 encuestas y hubo gran interés comercial en las dos ciudades. Por otro lado, con los resultados obtenidos en las encuestas se propuso un canal de comercialización para las ciudades de Cuitláhuac

---

<sup>249</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Ángel de Quevedo S/N esq. Yáñez.



y Córdoba, y así se definieron los eslabones de la cadena de marketing de las especies marinas que tuvieron interés por partes de los propietarios. Se concluye que las especies marinas tienen gran oportunidad en mercados de la zona centro del estado de Veracruz, lo cual puede ser de utilidad para la comercialización de nuevas especies dentro del mercado pesquero.

**Palabras clave:** flota palangrera, pesca de altura, esfuerzo pesquero, pesca incidental, canal de comercialización

## Introducción

En México la pesca es una actividad económica de trascendencia histórica, que ha dado sustento económico, social y cultural a diversas poblaciones asentadas a lo largo y ancho del territorio nacional. Se estima la existencia de 551 especies capturadas en aguas marinas: 287 corresponden al Pacífico y 264 al Golfo de México y Mar Caribe. Pese a que las cifras son similares, este último contribuye sólo con 28% del volumen de pesca nacional, mientras que el Pacífico aporta 69% y los cuerpos de aguas continentales 3% (Martínez, 2016). En el Golfo de México la pesquería mexicana del atún se realiza durante todo el año por una flota palangrera en pesca de altura. El esfuerzo pesquero está dirigido a la captura de atún aleta amarilla o rabil (*Thunnus Albacares*); sin embargo, se observa una captura incidental de otras especies, como son marlines (*Istiophoridae spp*), tiburones (*Carcharhinus spp*), entre otras especies de escama como: jurel (*Trachurus Trachurus*), medregal (*Seriola Dumerili*), huachinango (*Lutjanus Campechanus*) y pargo (*Pagrus Pagrus*) (Ramírez, 2009). Es por ello por lo que la pesquería de atún aleta amarilla (*Thunnus Albacares*) es de las más importantes en la región del Golfo de México y Mar Caribe, debido a su calidad de exportación, por lo que representa una importante fuente de divisas. Se trata de la única pesquería mexicana oceánica en el Golfo de México (*Ibidem*). En el Golfo de México, Veracruz ocupa el primer lugar como productor pesquero de la región. Su producción ha oscilado alrededor de 50,000 toneladas en





la última década. En 2014, ésta alcanzó 19,540 t, que constituyó 13% del total nacional y 41% del Golfo de México, con un valor de 906 millones de pesos, cifras que lo colocan en el tercer lugar nacional. Para 2016, descendió al cuarto lugar al participar con 10.6% de la producción nacional, con 13,328 toneladas. El mayor volumen en las capturas lo constituye la mojarra, el ostión y otras especies marinas (CONAPESCA, 2019).

En este estado la actividad pesquera es el resultado de dos fenómenos interrelacionados: su situación litoral y su tradición histórica. Este litoral posee alrededor de 745 km de longitud, lo que representa el 23.8% del total de la cuenca del Golfo de México y Mar Caribe y 6% del total nacional (*ibídem*). En el Puerto de Tuxpan se han registrado los mayores índices de captura de pesca en el Golfo de México, dentro de la especie objetivo, por ejemplo, en el 2013 se registró un total de 1,097.33 t de peso desembarcado de diferentes especies capturadas incidentalmente con un valor de \$57,959.325 miles de pesos. Además, se cuenta con la mayor flota de pesca palangrera atunera, que incluye 24 embarcaciones que operan durante todo el año, lo que representa uno de los sectores económicos más importantes para el municipio (DOF, 2015). Debido a ello, el objetivo de esta investigación fue identificar las especies marinas capturadas de manera incidental dentro de la pesca del Atún aleta amarilla (*Thunnus Albacares*), que son de interés comercial para las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba, en el Estado de Veracruz, debido a que el consumo de pescado en esa zona es preferentemente de especies de producción acuícola.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo fue realizado en las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba, Ver., son ciudades localizadas en la zona centro del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, se encuentran ubicadas a 90 y 185 km. De la capital del estado limitando con los municipios de Carrillo Puerto, Yanga, Amatlán de los Reyes, Omealca, Paso del Macho, Atoyac, Fortín, Ixhuatlán del Café y Coetzala.



### **Tipo de estudio**

Por su finalidad, el presente estudio se considera una investigación aplicada, ya que busca darle una respuesta específica haciendo énfasis en una solución práctica. Su enfoque es mixto mediante un método descriptivo y exploratorio. Es descriptivo debido que a que se investigara en bases de datos, trabajos recepcionales para poder llegar al resultado final, al igual que es exploratorio debido a que se implementará un estudio de campo donde se aplicaron encuestas para llegar al resultado final de esta investigación.

### **Fase de campo**

En este apartado se mencionan las diferentes herramientas de campo que se utilizaron de manera ordenada. Las encuestas fueron aplicadas durante el mes de mayo del año en curso, en las pescaderías del mercado local y en los restaurantes de las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba, Ver. Para recopilar la información se realizó una cita previa con los propietarios de los establecimientos en ambos municipios. A continuación, se enlistan los lugares donde fueron aplicadas estas encuestas:

#### **Cuitláhuac**

- Restaurant “El Jaibón”
- Restaurant “La Jaiba Mordelona”
- Restaurant “Mariscos Cambambia”
- Restaurant “Siete Mares”
- Restaurant “Las Cañas”
- Pescadería “La barca de Oro”
- Pescadería “Rico”
- Pescadera “Alvarado”

#### **Córdoba**

- Restaurant “La jaiba Loca”
- Restaurant “Mariscos la Palapa Córdoba”
- Restaurant “Casa Díaz”
- Restaurant “Ambrosio”



- Restaurant “EL Mesón de la Jaiba”
- Restaurant y Pescadería “Central de Mariscos”
- Pescadería “Castro Solís”
- Pescadería y coctelera “Villa Rica”
- Pescadería “Rio Papaloapan”
- Pescadería “Villa del Mar”

### **Fase de gabinete**

Con base en el programa Microsoft Excel, se elaboró un concentrado de los resultados obtenidos del catálogo de aceptación y las preguntas abiertas recurriendo a la estadística descriptiva para facilitar la interpretación de los resultados. Se capturaron los datos de 18 encuestas aplicadas en las dos ciudades: ocho en la ciudad de Cuitláhuac y diez en la ciudad de Córdoba, Ver.

### **Resultados y discusión**

#### **Especies marinas que se capturan en la pesca incidental del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Puerto de Tuxpan, Veracruz**

En la presente sección se describen los resultados obtenidos con base al método descriptivo, y se muestran las especies marinas que son capturadas por la flota atunera, donde se han identificado 40 especies (Cuadro 1).

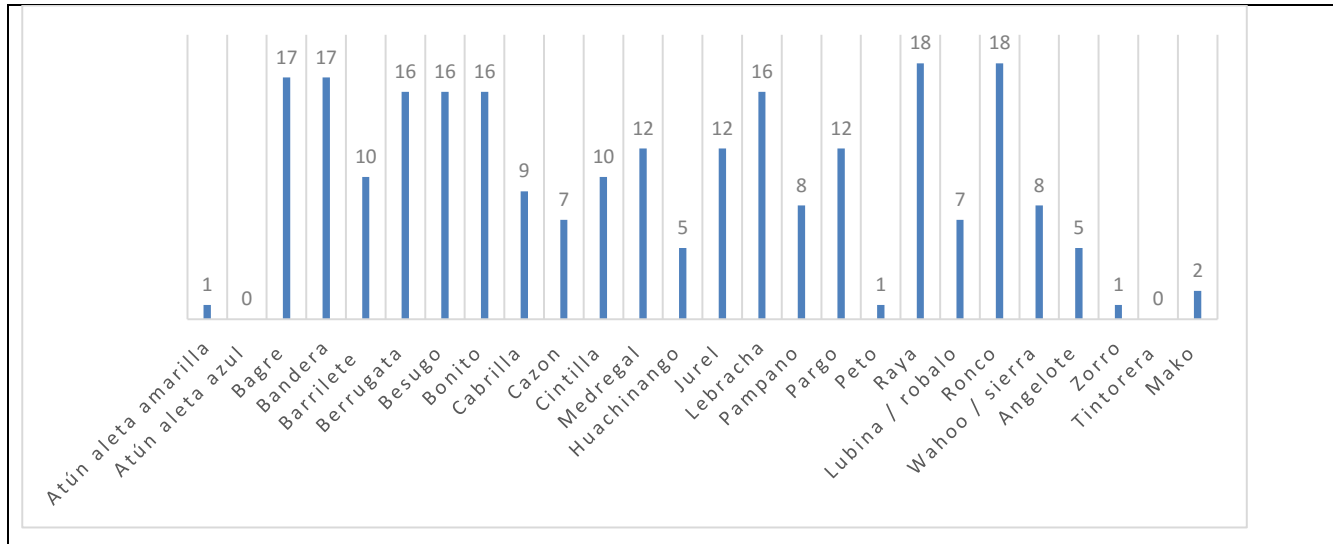
Se presentaron 26 especies de captura incidental en la pesca de altura del atún aleta amarilla (Figura 1), encontrando que existe interés comercial en las dos ciudades muestreadas en la presente investigación. Se destacaron dos especies con mayor interés comercial: Raya y Pez Ronco, el grado de aceptación de estas especies de debió a un precio de compra accesible y la gran variedad de platillos con los que se pueden ofrecer estas especies. Sin embargo, otras especies de escama como: bagre, bandera, besugo, lebrancha berrugata y bonito tuvieron gran aceptación por parte de comerciantes. Cabe mencionar que las especies de tiburón tuvieron una aceptación mínima debido al precio de compra es muy elevado.



**Cuadro 1. Especies marinas que son capturadas por la flota atunera.**

Familia	Especie	Nombre común
Otros Túnidos		
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	Peto
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Barrilete
	<i>Sarda sarda</i>	Bonito
	<i>Thunnus alalunga</i>	Albacora
	<i>Thunnus albacares</i>	Atún aleta amarilla
	<i>Thunnus atlanticus</i>	Atún aleta negra
	<i>Thunnus obesus</i>	Patudo
	<i>Thunnus thynnus</i>	Atún aleta azul o rojo
Marlines y especies afines		
Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i>	Pez espada
Istiophoridae	<i>Makaira nigricans</i>	Marlín azul
Istiophoridae	<i>Tetrapturus albidus</i>	Marlín blanco
Istiophoridae	<i>Tetrapturus pfluegeri</i>	Marlín aguja larga
Istiophoridae	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez vela
Otros peces de escama		
Alepisauridae	<i>Alepisaurus ferox</i>	Lanceta
Akysidae	<i>Siluriformes</i>	Bagre
Cyprinodontidae.	<i>Jordanella floridae</i>	Bandera
Sciaenidae	<i>Umbrina coroides</i>	Berrugata
Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Besugo
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Cabrilla
Cepolidae	<i>Cepola macrophthalma</i>	Cintilla
Carangidae	<i>Seriola dumerili</i>	Medregal
Lutjanidae	<i>Lutjanus campechanus</i>	Huachinango
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lebracha
Stromateidae	<i>Trachinotus</i>	Pampano
Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i>	Pargo
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Lubina
Haemulidae	<i>Haemulon sciurus</i>	Ronco
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	Wahoo
Tiburones y rayas		
Mobulidae	<i>Manta birostris</i>	Mantarraya
Alopiidae	<i>Alopias vulpinus, A. superciliosus</i>	Tiburón zorro
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus leucas</i>	Tiburón toro
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis, C. limbatus, C. brevipinna</i>	Tiburón puntas negras
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Tiburón puntas blancas
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Tiburón café
Carcharhinidae	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Tintorera
Carcharhinidae	<i>Prionace glauca</i>	Tiburón azul
Carcharhinidae	<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	Cazón de ley
Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus, I. paucus</i>	Tiburón mako
Sphyrnidae	<i>Sphyrna tiburo, S. mokarran</i>	Tiburón martillo





**Figura 1. Grado de aceptación de especies marinas de captura incidental en las ciudades Cuitláhuac y Córdoba, Ver.**

### **Descripción de los canales de comercialización de las especies marinas de captura incidental en la pesca del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Puerto de Tuxpan, Ver., y las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba, Veracruz**

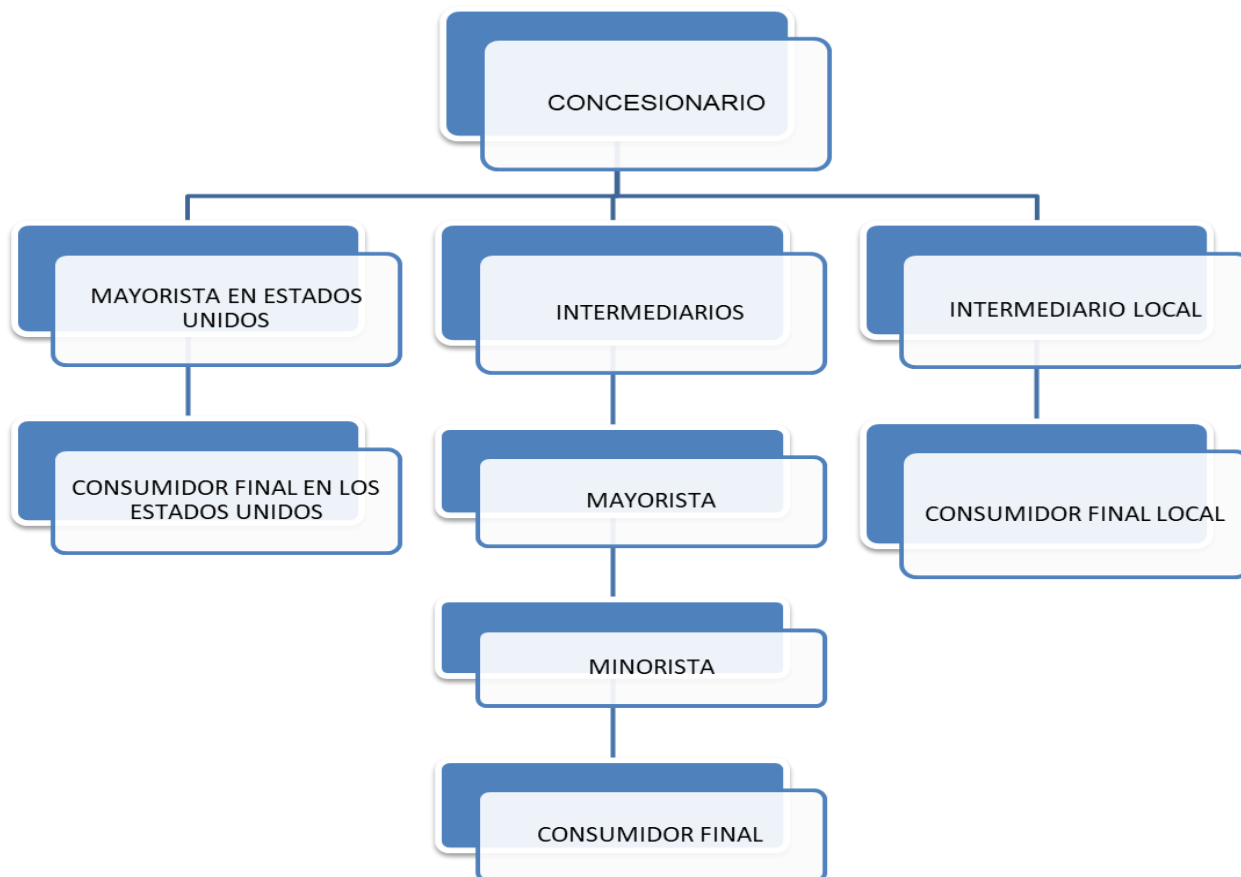
A continuación, se presentan los canales de comercialización (Figura 2) donde se describen los canales actuales de las especies marinas de captura incidental y los canales a utilizar hacia el mercado de restaurantes y pescaderías de las ciudades de Córdoba y Cuitláhuac, Ver.

Actualmente los canales de comercialización en el Puerto de Tuxpan Ver. Inicia con el concesionario (Figura 3), es el propietario de la embarcación, quien captura el producto pesquero en alta mar, lo transporta hacia el embarcadero y lo clasifica en categorías (Especial, 1era., 2da. y 3era.). Después es intervenido por el intermediario local, el intermediario hacia los mercados de la Ciudad de México o bien el intermediario que lleva el producto pesquero hacia los Estados Unidos.

El intermediario local se encarga de comprar la captura a los concesionarios y lo acopia transportándolo al lugar de venta en la misma comunidad pesquera (locales o puestos) y así llega al consumidor final local quien pueden ser personas que consume el producto en comedores, turistas u otros que compran el producto en los puestos o en locales.



Sin embargo, el intermediario internacional vende el producto al mayoreo en la frontera entre México y los Estados Unidos, a mayoristas restauranteros y ellos comercializan el producto pesquero en grado sushi o surimi al consumidor final en restaurantes locales.



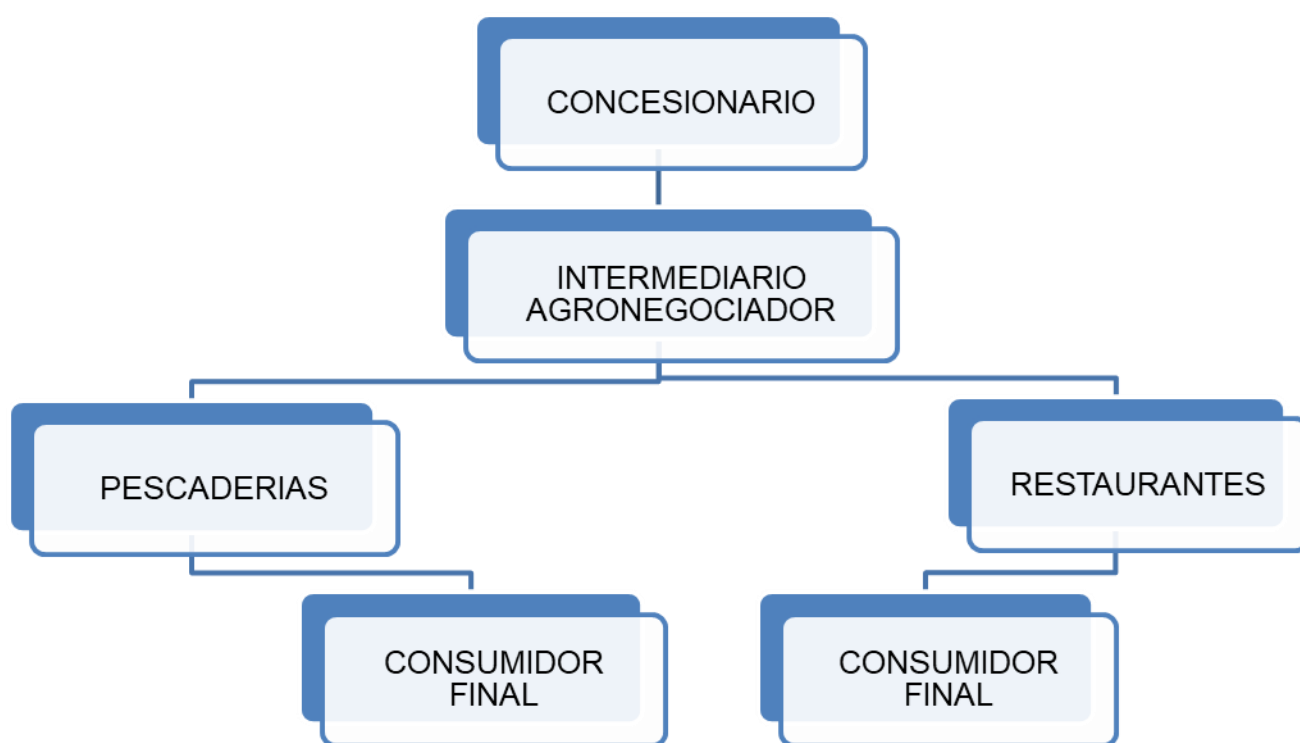
**Figura 2. Canales de comercialización del Puerto de Tuxpan, Ver.**

En cambio, el intermediario nacional se encarga de transportar el producto pesquero principalmente hacia los mercados de la Ciudad de México (la Central de Abastos y el Mercado de la Viga) donde lo vende a los compradores mayoristas, quienes se encarga de comprar el producto para la venta al menudeo o igual puede ser al mayoreo.



Hasta por fin llegar al consumidor final quien es el último participante en el canal de comercialización, compra el producto para satisfacer sus necesidades o ya sea en pequeñas pescaderías o restaurantes aledañas.

A continuación, se describen los canales de comercialización que se utilizarían para poder comercializar los productos pesqueros del puerto de Tuxpan hacia los municipios de Cuitláhuac y Córdoba Ver. Donde se investigaron un total de 18 establecimientos entre pescaderías y restaurantes que presentaron interés comercial en algunas especies marinas de la pesca de altura.



**Figura 3. Descripción de los canales de comercialización para las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba, Ver.**

El comportamiento del canal de comercialización del producto pesquero fresco es similar, y hace referencia al utilizado normalmente del puerto de Tuxpan hacia la Ciudad de México. participando el concesionario, un intermediario mayorista, minorista y el Consumidor Final; donde el primer eslabón del canal de comercialización es el concesionario quien es la persona que se encarga de las



operaciones de pesca, desembarco y clasificación del producto pesquero, Al igual que determina el precio.

Sin embargo, solo interviene un intermediario directo que es el responsable de transportar y comercializar el producto pesquero hacia las pescaderías de las ciudades de Córdoba y Cuitláhuac Veracruz, y así evitar altos incrementables sobre el producto. Siendo así que sea un producto pesquero más accesible para los propietarios.

Las características del producto para la venta en restaurantes y pescaderías se conforman de la siguiente manera: Pescaderías: Para las pescaderías el producto debe ir en presentación de fresco y entero, solamente se utilizará cajas de plástico como embalaje.

Restaurantes: En el caso de restaurantes el producto pesquero es a consideración del minorista, ya sea fileteado donde se utilizarán cajas de plástico como embalaje y láminas separadoras film inter-loncheados para cárnicos. O entero donde solo se utilizarían cajas de plástico como embalaje.

Así se determina el producto pesquero para el consumidor final quien compra el producto para satisfacer sus necesidades.

## Conclusiones

Con la información recolectada a lo largo de este trabajo sobre Identificación de especies marinas de captura incidental de interés comercial en las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba Ver. en la pesca de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Puerto de Tuxpan, Veracruz se puede concluir lo siguiente:

Durante la investigación se identificaron alrededor de 40 especies marinas dentro de la captura de la especie objetivo atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), donde el 53% de las especies presentadas en el catálogo de las especies son de interés comercial. Mientras el restante son especies que no cumplen con la talla comercial y son regresadas al mar o presentan daño por mordida de tiburón y son descartadas muertas, con base en estos datos se puede llegar a la conclusión de que existe una





gran variedad de especies marinas que se pueden comercializar lo que abre la oportunidad de aprovechar este giro como un importante agronegocio.

De igual manera se identificaron 26 especies comercializables, de las cuales el cazón (*Galeorhinus Galeos*) fue la que tuvo mayor volumen de captura en el año 2015, y con un precio de \$58 pesos, sin embargo, no existen índices de captura de años más recientes. La sierra (*Thyrsites Solandri*) tuvo el precio más económico por kilogramo. Existe un alto grado de aceptación por parte de los comerciantes de pescaderías y propietarios restauranteros, lo que significa una gran oportunidad para las comercializadoras de pescados y emprendedores que buscan desarrollar un negocio rentable. La mayor parte de las especies presentadas en el catálogo de especies marinas tuvieron interés comercial en las ciudades de Cuitláhuac y Córdoba Ver, donde las especies, pez ronco (*Haemulon Sciurus*) y la raya (*Batoidea*) tuvieron mayor aceptación. Además, que existe una gran variedad de recetas que los propietarios restauranteros pueden ofrecer a sus clientes.

Es necesario reducir el número de intermediarios dentro del canal de comercialización, debido a que muchos propietarios argumentaron que sus productos tienen precios muy elevados debido a esta situación, lo que significa el alto valor de incrementables del del canal de comercialización. Siendo así, dentro de la investigación se propuso un canal de comercialización donde los incrementables no sean tan elevados y así los productos pesqueros no tengan precios tan elevados para el consumidor final y por ende haya más demanda de producto pesquero.

### Literatura citada

- Araceli Almaraz. 2010. Historia, embargo atunero y actividades pesqueras en Ensenada. 2011, de Colegio de la Frontera Norte Sitio web: <https://www.colef.mx/estemes/historia-embargo-atunero-y-actividades-pesqueras-en-ensenada/>
- BBVA. 2015. Teoría de la Oferta y la Demanda. 2015, de Educación Financiera Sitio web: <https://www.bbva.com/es/teoria-la-oferta-la-demanda/>



- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2015. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. 2019, de SEGOB Sitio web: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- CONAPESCA. 2019. Garantizado el abasto de pescados y mariscos durante la cuaresma. 20 de febrero de 2019, de SEGOB Sitio web: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos>.
- Diario Oficial de la Federación. 2015. Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el golfo de México. 2015, de SAGARPA Sitio web: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5391713](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5391713)
- Eduardo Pastor Rodríguez. 2014. Historia resumida del Perú pesquero y su futuro. Industrias Pesqueras, 4,5.
- Erick Rodolfo Menéndez Delgado. 2007. LA COMERCIALIZACIÓN DE LA PESCA INCIDENTAL DEL TIBURÓN REALIZADA POR LOS PESCADORES ARTESANALES DE MANTA. 2018, de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Sitio web: <file:///C:/Users/NoeMP98/Downloads/971-13-3501-1-10-20180701.pdf>
- Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. 2016. Estrategia de integración para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, Sector Pesquero y Acuícola. 2016, de SAGARPA Sitio web: [https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/pdf/Pesca\\_SP\\_S.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/pdf/Pesca_SP_S.pdf)
- Linares Martínez, J.J. 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SAG/PESC-2014, Que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. 2019, de SAGARPA Sitio web: NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SAG/PESC-2014, Que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe.
- Ramírez, K. 2008. Captura incidental de marrajo dientuso y tintorera por la flota palangrera mexicana dedicada a la pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México, durante 1994-2007. 2019, de INAPESCA Sitio web: [https://www.iccat.int/documents/meetings/docs/scrs/scrs-08-145\\_ramirez\\_et\\_al.pdf](https://www.iccat.int/documents/meetings/docs/scrs/scrs-08-145_ramirez_et_al.pdf)



- Ramírez López, K. 2009. Datos estadísticos de la flota palangrera mexicana dedicada a la pesca del atún aleta amarilla en el golfo de Mexico durante el periodo 1994 a 2007. 2019, de INAPESCA Sitio web: [https://www.researchgate.net/publication/284884773\\_Datos\\_estadisticos\\_de\\_la\\_flota\\_palangrera\\_Mexicana\\_dedicada\\_a\\_la\\_pesca\\_del\\_atun\\_aleta\\_amarilla\\_en\\_el\\_Golfo\\_de\\_Mexico\\_durante\\_el\\_periodo\\_1994\\_a\\_2007](https://www.researchgate.net/publication/284884773_Datos_estadisticos_de_la_flota_palangrera_Mexicana_dedicada_a_la_pesca_del_atun_aleta_amarilla_en_el_Golfo_de_Mexico_durante_el_periodo_1994_a_2007)
- Kotler, P. 2007. Marketing para Latinoamérica. México: Pearson Educación.
- Pilar Valencia de Lara. (2011). El empresario innovador y su relación con el desarrollo económico. Tec, Empresarial, volumen, 5, páginas: 21, 22,23.
- Martínez Martínez, S.T. 2016. La construcción de la política pesquera en México. Revista Atlántica de Economía, Volumen 2, 1,2.
- SEFIPLAN. 2017. Sistema de información municipal Cuitlahuac cuadernillos municipales, 2016. 2019, de SEFIPLAN Sitio web: <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Cuitlahuac.pdf>
- SIAP. 2018. Del fondo del mar al plato. 2019, de SEGOB Sitio web: <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/05-pesca/contexto-1.html>
- Secretaría de Economía. 2019. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. 2019, de secretaria de Economía Sitio web: <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/>



## COMPORTAMIENTO DE LA CAPTURA EN LA PESQUERÍA DE JAIBA DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Gabriel Núñez Márquez,<sup>250\*</sup> Osvaldo Gutiérrez Benítez<sup>251</sup> y Heber Zea de la Cruz<sup>250</sup>

### Resumen

Para describir cuantitativamente el comportamiento de la producción de jaiba en Veracruz y su relación con variables ambientales, se estimó la tendencia y la oscilación de la captura mensual en las dos zonas de pesca principales en el estado y se correlacionaron con algunas variables meteorológicas y mareográficas. Se utilizaron datos oficiales de producción de la laguna de Tamiahua y del sistema lagunar de Alvarado para el período de 2007 a 2016, los cuales se analizaron con el método Singular Spectrum Analysis y se correlacionaron con datos de precipitación pluvial, temperatura del aire, presión barométrica, velocidad del viento y mareas. Las capturas de jaiba presentaron una tendencia decreciente en las dos zonas de pesca y varios componentes armónicos de diferente frecuencia de oscilación. La tendencia y los componentes en conjunto explicaron más del 90% de la variación en las series de producción. Para el sistema lagunar de Alvarado se obtuvieron componentes armónicos que se pueden interpretar como ciclos de producción cada 46 meses, 12 meses y 5 meses; para laguna de Tamiahua, ciclos de producción cada 15 meses, 11 meses y 6 meses. Las capturas de jaiba del sistema lagunar de Alvarado presentaron correlaciones negativas con la velocidad del viento y con la presión barométrica ( $r = -0.3422$ ,  $r = -0.2238$ , respectivamente). Las capturas de laguna de Tamiahua se correlacionaron positivamente con la temperatura media del aire ( $r = 0.2782$ ) y negativamente con la presión barométrica ( $r = -0.3453$ ) y con las mareas ( $r = -0.2903$ ). Sólo los ciclos de captura que se repiten cada 12 meses en el sistema lagunar de Alvarado y cada 11 meses en laguna de Tamiahua presentaron

<sup>250</sup>Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. CRIAP Veracruz. \*[gabriel.nunez@inapesca.gob.mx](mailto:gabriel.nunez@inapesca.gob.mx)

<sup>251</sup>Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana.





correlación significativa con las variables ambientales. Así, en un ciclo anual, en las dos zonas de pesca la captura cambió en el mismo sentido que la temperatura media del aire y en sentido inverso al cambio de la presión barométrica, la velocidad del viento y las mareas.

**Palabras clave:** *Callinectes*, oscilación temporal, tendencia

## Introducción

La pesquería de jaiba en el Golfo de México inició en la década de 1980 y en la actualidad está caracterizada por una amplia zona general de pesca que abarca todos los sistemas lagunares y estuarinos y las aguas marinas costeras de Jurisdicción Federal, una unidad de pesca consistente en una embarcación menor de madera o fibra de vidrio de 4.8 a 7.9 m de eslora, equipada con motor fuera de borda en la que operan uno o dos pescadores empleando como artes de pesca aros jaiberos o trampas tipo Chesapeake, en ambos casos con carnada para atraer a los organismos; y seis especies de jaiba como objetivo. El recurso se considera aprovechado al máximo sustentable, el manejo está basado principalmente en proteger a la fracción reproductora de la población mediante una talla mínima de captura y permisos de pesca comercial como mecanismo de acceso; la producción promedio anual se ha reducido 11% en el período entre 1991 y 2015 (DOF, 2018).

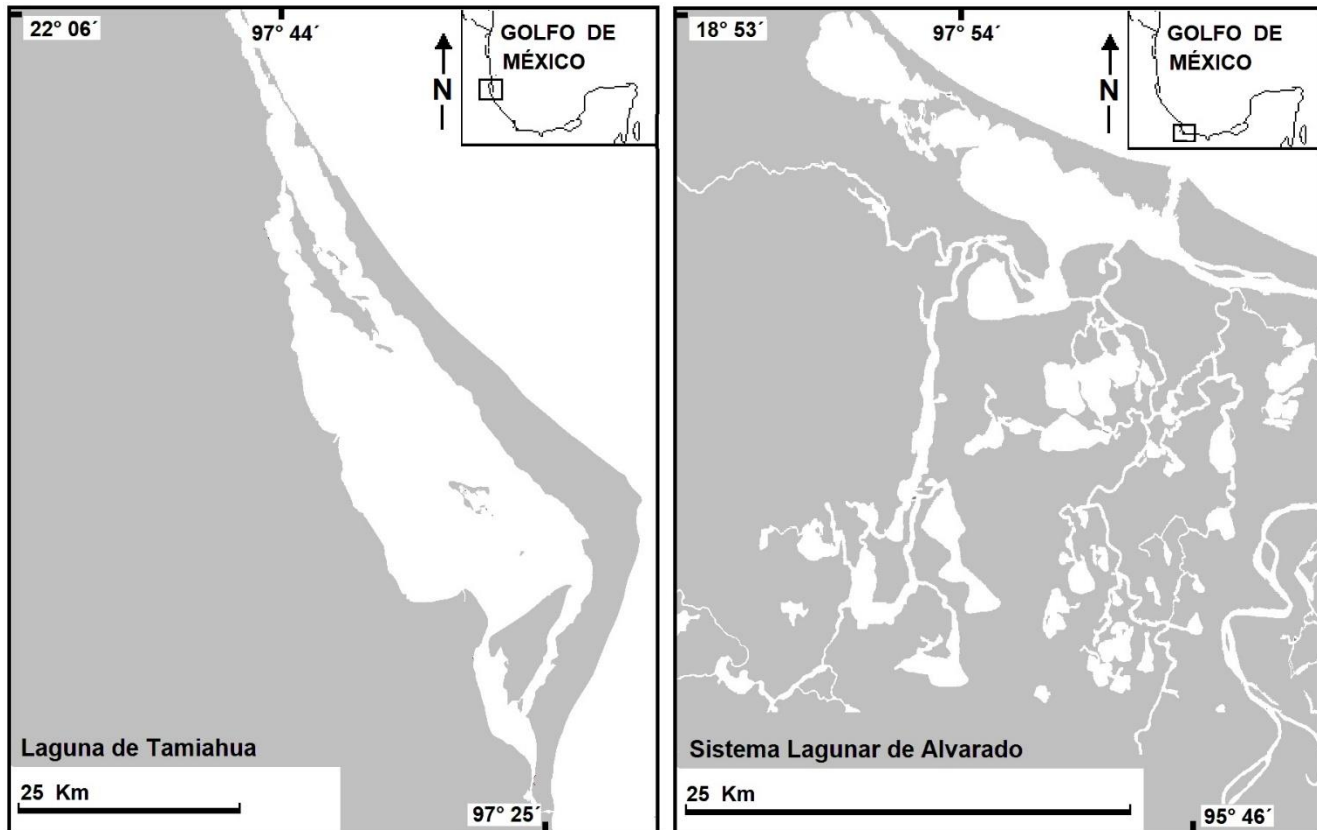
El estado de Veracruz es el productor principal de jaiba en la región del Golfo de México, con 32.51% de la captura. De 1993 a 1999 la producción estatal se ubicó alrededor de las 5,000 t por año, pero de 2000 a 2015 disminuyó a niveles alrededor de 3,500 t anuales. Se desconoce si la declinación en la captura es un reflejo de variaciones en la abundancia o en la distribución de los stocks de jaiba y, en su caso, en qué grado influyen los factores ambientales y los factores pesqueros como el esfuerzo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es describir cuantitativamente el comportamiento temporal de la producción de jaiba en Veracruz y su relación con variables ambientales, para lo cual se estimó la tendencia y la oscilación de la



captura mensual en la laguna de Tamiahua y el sistema lagunar de Alvarado, que son las dos zonas de pesca principales en el estado, y se correlacionaron con algunas variables meteorológicas y mareográficas. En concordancia con el Programa Institucional 2013-2018 del Instituto Nacional de Pesca (DOF, 2013) y con la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (DOF, 2007), se espera que los resultados constituyan información útil para contribuir a la toma de decisiones y a la planificación de sus actividades por parte de los productores jaiberos, y a que las autoridades pesqueras tengan elementos objetivos indicadores de la disponibilidad del recurso para el otorgamiento o la restricción de los permisos de pesca.

## **Materiales y métodos**

La laguna de Tamiahua (Figura 1) se localiza en 22°06' y 21°18' N y 97°23' y 97°46' W. Su superficie es de 88,000 hectáreas. Al suroeste se encuentra la Sierra Madre Oriental y la Sierra de Tantima, al norte el río Pánuco, al sur el río Tuxpan, al oeste una amplia zona de pastizales ganaderos y tierras agrícolas y al este la barrera arenosa e insular conocida como Cabo Rojo que separa a laguna de Tamiahua del Golfo de México. Tiene dos bocas de comunicación con el mar, la Boca de Corazones al sur y la Boca de Tampachiche al norte. El sistema lagunar de Alvarado se localiza en 18° 53' y 18° 25' N y 95° 34' y 96° 08' W. Su superficie es de 267,010 hectáreas. En su parte norte tiene las lagunas de Alvarado, Buen País y Camaronera, al sur más de 100 lagunas interiores, como Tlalixcoyan, Pajarillos y Las Pintas, al oeste el río Limón y al este el río Acula y el río Papaloapan. Tiene una sola boca de comunicación con el mar, la Boca de Alvarado.



**Figura 1. Mapa de localización de la laguna de Tamiahua (izquierda) y del sistema lagunar de Alvarado (derecha), en el estado de Veracruz, México.**

Las series de la captura mensual de jaiba de la laguna de Tamiahua y del sistema lagunar de Alvarado fueron construidas con la información de los reportes que los productores pesqueros entregaron en avisos de arribo en las oficinas de la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) en Tamiahua y en Alvarado de enero de 2007 a abril de 2016. Las series de las variables ambientales precipitación pluvial, temperatura del aire, presión barométrica y velocidad del viento se obtuvieron de los registros mensuales de la Estación Meteorológica Automática (EMA) ubicada en Alvarado ( $18^{\circ}42' N$  y  $95^{\circ}37' W$ ) y de la Estación Sinóptica Meteorológica Automática (ESIME) ubicada en el puerto de Tuxpan ( $21^{\circ}06' N$ ;  $22^{\circ} 06' N$ ;  $97^{\circ}23'$  a  $97^{\circ} 46' W$ ), a 25 kilómetros de distancia de la laguna de Tamiahua. Ambas estaciones son operadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para el sistema lagunar de Alvarado se obtuvieron datos de variables climáticas para enero de 2007 a abril de 2016, mientras para laguna de Tamiahua se obtuvieron sólo para julio de 2009 a abril de



2016, por lo que la captura para esta laguna fue analizada únicamente para este periodo. También se obtuvo información sobre las mareas para el puerto de Alvarado y el puerto de Tuxpan en el programa MAR versión 1.0. (González, 2015).

Para establecer el comportamiento de la captura de jaiba en las dos grandes zonas de pesca se analizó cada serie de tiempo bajo el método "*Singular Spectrum Analysis*" (SSA). Esta técnica no paramétrica se basa en principios de estadística y geometría multivariada, sistemas dinámicos y procesamiento de señales y combina las ventajas de otros métodos, como el análisis Fourier y de regresión (Golyandina *et al.*, 2001; Polukoshko y Hofmanis, 2009) para, siguiendo el procedimiento de análisis de componentes principales, descomponer una serie de tiempo en varias series aditivas independientes o separables, una de las cuales generalmente se puede interpretar como la tendencia (componente aditivo de la variación suavizada), otras como la periodicidad o estacionalidad (oscilatorios armónicos de diferentes amplitudes) y el resto como el ruido (componentes aperiódicos de la serie); al mismo tiempo se cuantifica el porcentaje de la varianza de cada componente en la serie original (Golyandina *et al.*, 2007). El análisis de ambas series de datos se realizó mediante el software Caterpillar 1.00 disponible en la dirección electrónica <http://www.gistatgroup.com/cat/programs.html>.

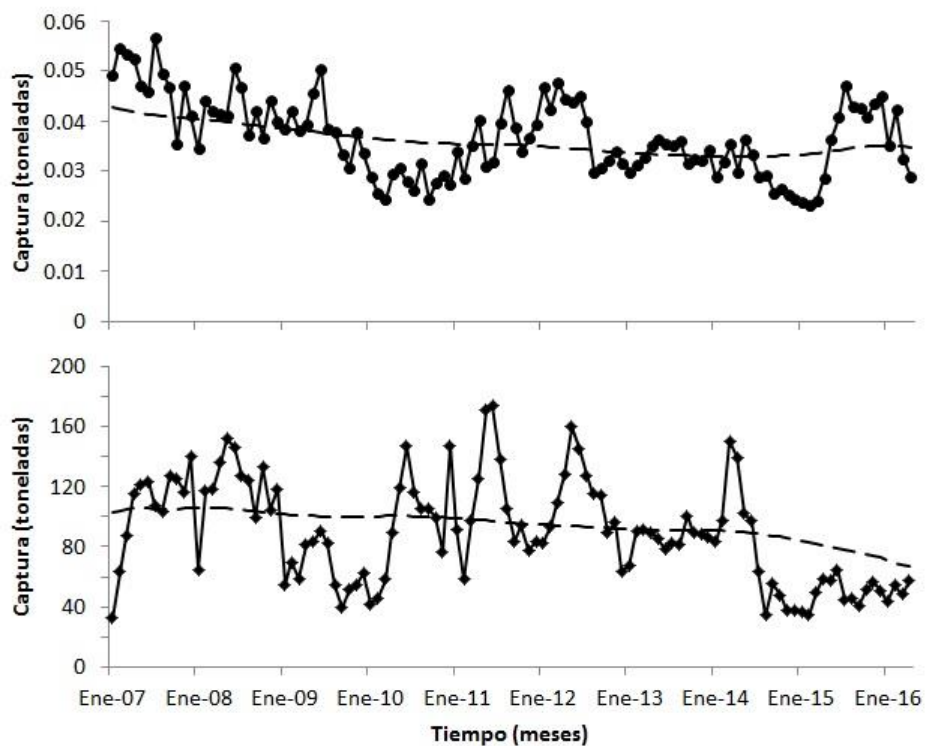
Para describir el comportamiento de las variables climáticas se aplicó a los datos un suavizador no lineal resistente 4253e HT utilizando el software estadístico Stata (Stata Corporation, 2005) antes de graficarlos para buscar patrones regulares. Para las mareas se calcularon los valores promedio mensuales a partir de las mareas previstas cada hora durante el periodo.

Para evaluar la relación entre las capturas mensuales y las variables ambientales, así como la relación entre los componentes oscilatorios y las variables climáticas, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson; todas las correlaciones fueron consideradas significativas si  $P < 0.05$ .



## Resultados y discusión

El análisis SSA determinó una tendencia decreciente en las capturas de jaiba en ambas zonas de pesca (Figura 2); el componente asociado con este comportamiento explicó 96.91% de la variación total en el sistema lagunar de Alvarado y 89.86% de la variación total en laguna de Tamiahua.

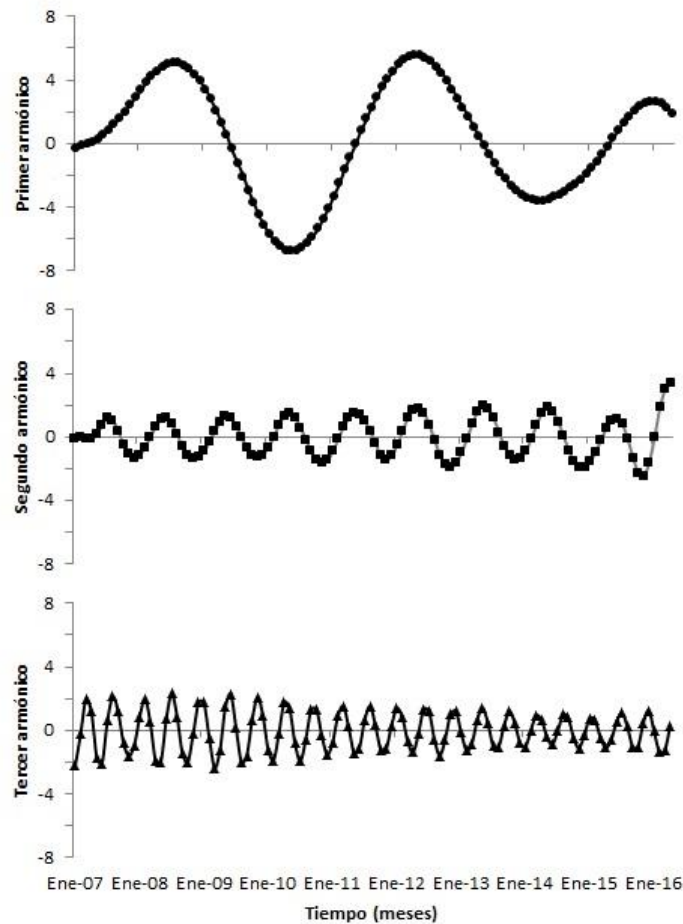


**Figura 2. Series de volumen de captura de jaiba en el Sistema Lagunar de Alvarado (•) y laguna de Tamiahua (♦) de enero de 2007 a abril de 2016. Se presentan las tendencias de captura (-) estimadas con el método Singular Spectrum Analysis (SSA).**

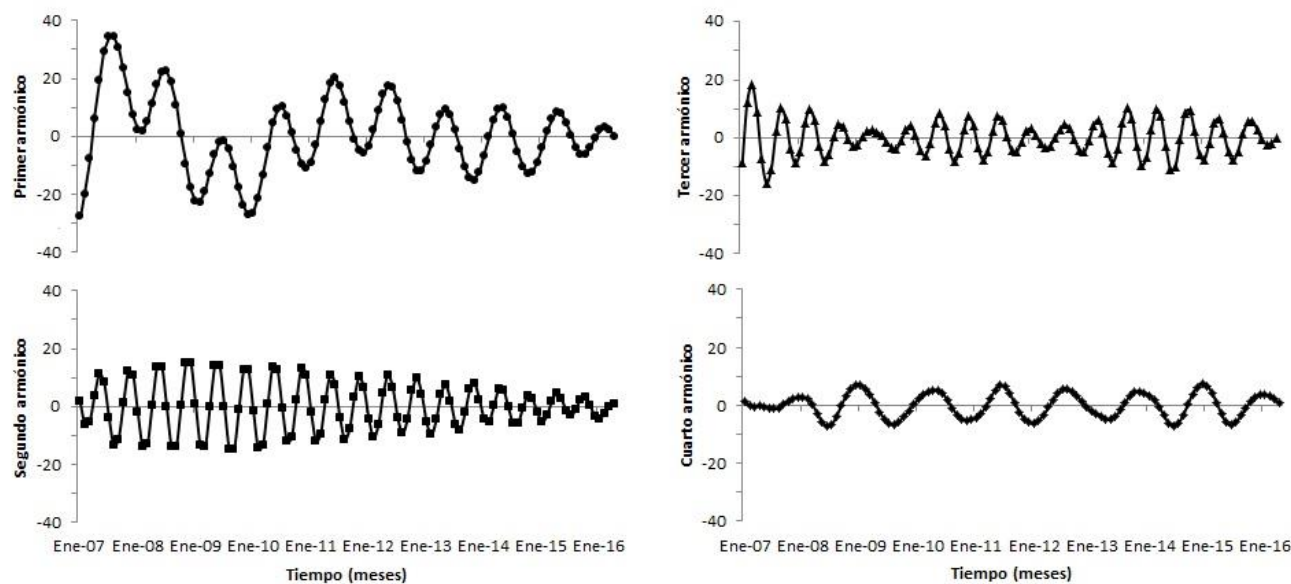
En el sistema lagunar de Alvarado se identificaron tres componentes armónicos de diferente frecuencia de oscilación, el primero fue de 46 meses, el segundo fue de 12 meses y el tercero fue de 5 meses (Figura 3), con un porcentaje de contribución a la varianza explicada del 1.32%, 0.18% y 0.14%, respectivamente. Para laguna de Tamiahua se identificaron cuatro componentes armónicos, el primero fue de 11 meses, el segundo y tercero fueron de 6 meses cada uno y el cuarto fue de 15 meses



(Figura 4), con un porcentaje de contribución a la varianza de 2.72%, 0.89%, 0.42 y 0.31% respectivamente. En conjunto la tendencia y los componentes armónicos explicaron el 98.55 % de la variabilidad de la serie original de capturas de jaiba del sistema lagunar de Alvarado y el 94.20% de la variabilidad en la serie de laguna de Tamiahua.

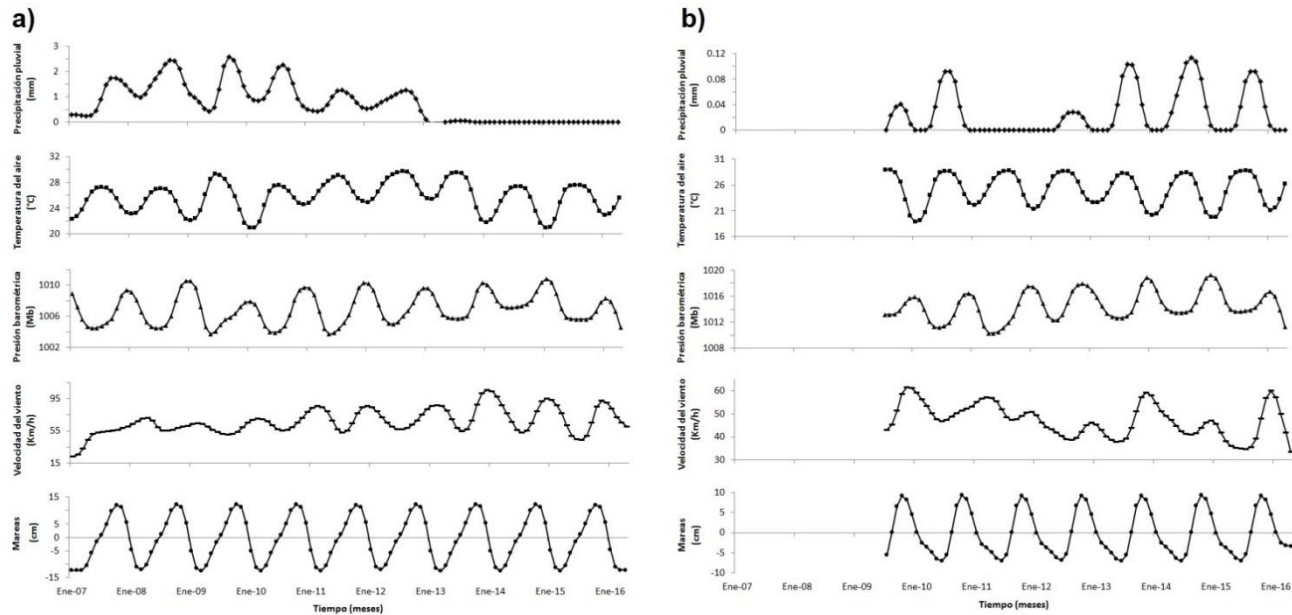


**Figura 3. Componentes armónicos de la serie de volumen de captura de jaiba en el sistema lagunar de Alvarado estimados mediante el método Singular Spectrum Analysis (SSA).**



**Figura 4. Componentes armónicos de la serie de volumen de captura de jaiba en laguna de Tamiahua estimados mediante el método Singular Spectrum Analysis (SSA).**

Con respecto a las variables climáticas (Figura 5), la precipitación pluvial promedio en el sistema lagunar de Alvarado presentó los mayores volúmenes de junio a octubre, mientras que en laguna de Tamiahua mostró un patrón variable de julio de 2009 a abril de 2016, donde generalmente los máximos valores se presentaron en los años 2010, 2013-2016 y solo se presentaron valores bajos de precipitación durante enero de 2011 a enero de 2012, los cuales no mostraron un patrón definido. La temperatura media del aire mostró un patrón claramente definido en ambas zonas de pesca: los mínimos valores en diciembre y enero, y los máximos de junio a agosto. La presión barométrica mostró un patrón inverso al de la temperatura del aire, en el sistema lagunar de Alvarado los mayores valores en diciembre y enero y mínimos en junio y agosto, en laguna de Tamiahua los valores más altos fueron de noviembre a enero y los más bajos de mayo a julio. La velocidad del viento promedio se caracterizó por valores altos durante los meses de octubre a marzo para ambos lugares y las mareas presentaron un comportamiento caracterizado por mínimos en febrero y marzo, y valores altos en septiembre, octubre y noviembre para el sistema lagunar de Alvarado, mientras que en laguna de Tamiahua los mínimos fueron en mayo y junio, y los máximos en septiembre y octubre.



**Figura 5. Series de tiempo mensuales de precipitación pluvial (◆), temperatura del aire (■), presión barométrica (▲), velocidad del viento (-) y mareas (●) de enero de 2007 a enero de 2016 en el sistema lagunar de Alvarado (a) y de julio de 2009 a enero de 2016 en laguna de Tamiahua (b).**

Las capturas de jaiba en el sistema lagunar de Alvarado presentaron correlaciones negativas con la velocidad del viento y la presión barométrica, es decir el volumen de captura comienza a decrecer al incrementarse la velocidad del viento, los valores mínimos y máximos de captura coinciden de manera inversa con los valores elevados y bajos de velocidad del viento. Esta misma relación inversa y comportamiento de la captura se presenta con la presión barométrica (Cuadro 1). En laguna de Tamiahua las capturas de jaiba se correlacionaron positivamente con la temperatura media del aire y de manera inversa con la presión barométrica y las mareas.

Los componentes estacionales del volumen de captura con amplitud de 12 meses en el sistema lagunar de Alvarado y de 11 meses en laguna de Tamiahua fueron los que presentaron correlación significativa con las variables ambientales. En el sistema lagunar de Alvarado se correlacionó positivamente con la temperatura media del aire ( $r= 0.3571$ ) y de manera inversa con la presión barométrica ( $r= -0.5075$ ), velocidad del viento ( $r= -0.3388$ ) y mareas ( $r=-0.5710$ ) y similarmente en laguna de





Tamiahua (temperatura media del aire,  $r = 0.4232$ ; presión barométrica,  $r = -0.4265$ ; velocidad del viento,  $r = -0.4098$ ; mareas,  $r = -0.6209$ ). Los otros componentes de cada serie no presentaron evidencia suficiente para determinar correlación con las variables ambientales.

**Cuadro 1. Coeficientes de correlación de Pearson entre las capturas de jaiba y variables climáticas en el sistema lagunar de Alvarado y laguna de Tamiahua.**

	Alvarado	Captura de jaiba	Precipitación	Temperatura del aire	Presión barométrica	Velocidad del viento	Mareas
Captura de jaiba	1						
Precipitación	0.0836	1					
Temperatura del aire	0.1739	0.1627	1				
Presión barométrica	<b>-0.2238</b>	<b>-0.2094</b>	<b>-0.6515</b>	1			
Velocidad del viento	<b>-0.3422</b>	<b>-0.2673</b>	<b>-0.3059</b>	<b>0.3743</b>	1		
Mareas	-0.0777	<b>0.3097</b>	<b>0.2776</b>	0.0272	0.0285	1	
<b>Tamiahua</b>							
Captura de jaiba	1						
Precipitación	-0.0087	1					
Temperatura del aire	<b>0.2782</b>	<b>0.4202</b>	1				
Presión barométrica	<b>-0.3453</b>	<b>-0.2590</b>	<b>-0.6758</b>	1			
Velocidad del viento	-0.0200	-0.0749	<b>-0.3669</b>	0.1219	1		
Mareas	<b>-0.2903</b>	<b>0.2634</b>	-0.0317	<b>0.2319</b>	<b>0.3753</b>	1	

La tendencia de la captura es un elemento de diagnóstico del estado de la pesca y en ocasiones la única información disponible para calcularla son los registros de producción en avisos de arribo (Arreguín y Arcos, 2011). Con base en este tipo de información y un método de análisis robusto, en el presente trabajo se estimó que la captura de jaiba de Veracruz estaba declinando para el año 2016. Coincidentemente, Rodríguez *et al.* (2017) también utilizaron avisos de arribo y otro tipo de herramientas para el análisis cuantitativo y concluyeron que la pesquería de Tamaulipas, que es el segundo estado productor de jaiba del Golfo de México, para el año 2012 se encontraba en fase de colapso y decadencia. Los resultados combinados de ambos trabajos de investigación para los dos estados productores principales podrían explicar la disminución de 11% en la captura de la pesquería global de jaiba del Golfo de México, observada en las cifras presentadas en la Carta Nacional Pesquera vigente (DOF, 2018).



En las dos zonas de pesca de Veracruz se encontró un componente con una estacionalidad anual correlacionado significativamente con algunas variables ambientales. Esos componentes pueden traducirse como una temporalidad de la captura que evidencia cambios principalmente a corto plazo. Esto coincide con lo sugerido por Pedraza y Cubillos (2008) de que los cambios en las capturas se encuentran sujetos a factores de origen biológico y/o ambiental y con la conclusión de Sánchez-Santillán (1999) de que las fluctuaciones en los volúmenes de captura de 12 especies pesqueras del Golfo de México se relacionaron con la variabilidad climática.

Existe también la variabilidad natural debida a las características biológicas de las especies, a veces mal reflejada en las estadísticas de producción oficial. La pesquería de jaiba de Veracruz está sostenida por la jaiba azul *Callinectes sapidus* y la jaiba prieta *C. rathbunae*, pero en los avisos de arribo no se registra la captura por especie, sino que la producción pesquera es agrupada bajo la categoría comercial de jaiba. Entonces la evaluación se realiza como un sólo stock pesquero, pero esta agrupación podría producir incertidumbre al realizar evaluaciones cuantitativas de las poblaciones de ambas especies del género *Callinectes*.

Normalmente el manejo de los recursos tiende a enfocarse a controlar sólo el esfuerzo de pesca, pero en los ecosistemas costeros las actividades que cambian o destruyen el hábitat clave pueden tener un efecto mayor sobre la abundancia poblacional que la mortalidad por pesca (Freire *et al.*, 2002) e incidir en la declinación y en la oscilación de las capturas. También, hay antecedentes de pesquerías de jaiba que han confiado en un manejo basado principalmente en proteger a la fracción reproductora de la población a través de una talla mínima de captura, pero que han colapsado debido a combinaciones de factores biológicos, ambientales y dependientes de la pesquería que han llevado al stock reproductor a niveles bajos (Johnston *et al.*, 2011).



## Conclusiones

1. Las capturas de jaiba en laguna de Tamiahua y el sistema lagunar de Alvarado presentan una tendencia decreciente y fluctuaciones de diferente amplitud, con máximos de captura cada cierto número de meses. 2. En el sistema lagunar de Alvarado las capturas de jaiba sólo presentaron correlaciones significativas con la velocidad del viento y con la presión barométrica y en ambos casos fueron negativas. En laguna de Tamiahua las capturas se correlacionaron positivamente con la temperatura media del aire y negativa con la presión barométrica y las mareas. 3. Sólo los ciclos de captura mensual que se repiten cada 12 meses en el sistema lagunar de Alvarado y cada 11 meses en laguna de Tamiahua fueron los que presentaron correlación significativa con las variables ambientales.

## Agradecimientos

Al Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por facilitarnos los datos de las variables ambientales y permitirnos su utilización para este trabajo.

## Literatura citada

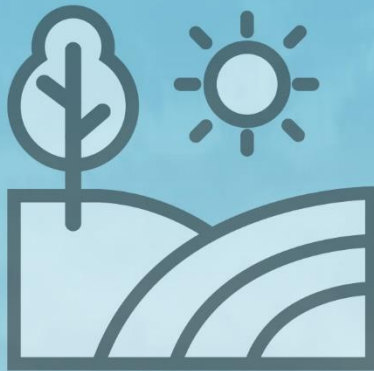
- Arreguín, S. F. y E. Arcos H. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*. 21(3): 431-462.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2007. Decreto por el que se expide la Ley general de Pesca y Acuicultura Sustentables. Veracruz. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS\\_240418.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS_240418.pdf) [consultado el 24 de julio de 2007].
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2013. PROGRAMA institucional del INAPESCA 2013-2018. 14 de agosto de 2013.



- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Veracruz. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF\\_-\\_CNP\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF_-_CNP_2017.pdf) [consultado el 11 de junio de 2018].
- Freire, J., C. Bernárdez, A. Corgos, L. Fernández, E. González G., M. P. Sanpedro *et al.* 2002. Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NW Spain), *Aquat. Ecol.* 36: 41-50.
- Golyandina, N., V. Nekrutkin y A. Zhigljavsky. 2001. *Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques*. Chapman and Hall. London. 1364 – 1378 p.
- Golyandina, N. y E. Osipov. 2007. The "Caterpillar" SSA method for analysis of time series with missing values. *Journal of Statistical Planning and Inference*. Chapman and Hall. London. 2642-2653p.
- González, J. I. 2015. Programa de Predicción de Mareas en México (programa de cómputo) MAR versión 1.0. CICESE. Ensenada, BCN. México.
- Johnston D., D. Harris, N. Caputi, and A. Thompson. 2011 Decline of a blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) fishery in Western Australia - history, contributing factors and future management strategy. *Fish. Res.* 109(1):119-130.
- Pedraza, G. M. and L. A. Cubillos. 2008. Population dynamics of two small pelagic fish in the central-south area off Chile: delayed density-dependence and biological interaction. *Environmental Biol. Fish.* 82: 111-122.
- Polukoshko S. and J. Hofmanis. 2009. Use of "caterpillar" ssa method for analysis and forecasting of industrial and economic indicators. *Environment Technology Resources Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference*. 2. 241-248 p.
- Rodríguez, J. C., A. Correa S., J. A. Ramírez D. y J. A. Adame G. 2017. Modelación de la captura y fases de desarrollo de la pesquería de jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México. *CienciaUAT*. 12(1): 96-113.
- Sanchez, S. N. 1999. Global Climate Change in the Gulf of Mexico and Mexican Caribbean and their influence in twelve commercially important fisheries. PhD. Thesis. Faculty of Sciences, UNAM. México. 500 pp.
- Stata Corporation. 2005. *Stata statistical software for windows: release 9.0* College Station, TX: Stata Corporation LP.



# Desarrollo Rural





## EL TRUEQUE CAMPESINO Y LAS REDES ALIMENTARIAS PARA UNA SOBERANÍA ALIMENTARIA LOCAL

José Fernando de la Cruz García<sup>252</sup>

### Resumen

El presente trabajo es un estudio de caso de una de las formas de intercambio más antiguas, enfocado desde la perspectiva de las redes alimentarias, en donde se encuentran sus aportes para la construcción de la soberanía alimentaria local. Se realizó una investigación empírica, en el mercado del trueque realizado por campesinos en Coscomatepec, Veracruz, haciendo uso de herramientas cualitativas como el método Delphi y la observación participante, se examinó la información a través de la metodología de las redes sociales. Los principales resultados obtenidos fueron, las características generales del funcionamiento del trueque y cómo se desarrolla, la diversidad de productos agroalimentarios que se concentran en este mercado provenientes de diferentes zonas, así como la formación de las relaciones de confianza, solidaridad y reciprocidad que suceden durante el trueque; el papel de la mujer dentro de esta actividad, la dominancia del patriarcado y las formas de producción que tienen los alimentos que son llevados al intercambio. Se llega a la conclusión del importante papel social, económico y cultural que juega el trueque, sus aportes para la construcción de la seguridad y la soberanía alimentaria; se visibiliza su potencial como una estrategia integradora, que logra construir relaciones sociales, cabe mencionar que estas relaciones son cambiantes en el espacio y tiempo. Con el trueque se reconstruye una identidad de comunidad.

**Palabras clave:** campesinos, exclusión, género, intercambio, soberanía alimentaria, solidaridad

---

<sup>252</sup> Universidad Autónoma Chapingo, [fernando.jfdlc@gmail.com](mailto:fernando.jfdlc@gmail.com)



## Introducción

La percepción del trueque dentro de la sociedad es variada, para algunos como una actividad rica en cultura, para otros es una práctica ligada a la pobreza, y para muchos, pasa desapercibida, aunque en su momento fue una práctica comercial que movilizó las mercancías en la época prehispánicas. Hoy en día es poco utilizada por la sociedad, los mercados que se rigen bajo la actividad del trueque son muy pocos en el país, y realmente no se conoce un número exacto de estos, y para ser precisos pocas personas conocen como se realiza esta actividad, en que consiste y como se asigna valor a los productos sin usar dinero.

La presente investigación se basa en un estudio del Trueque campesino, visualizando a esta actividad como una forma de intercambio social y solidaria, que puede contribuir a ayudar a obtener alimentos, sin afectar económicamente a las familias; sobre todo, permite el acceso a alimentos locales, saludables y de importancia cultural. Esta actividad puede contribuir a un comercio más justo, valorando los productos campesinos.

En esta investigación se contempla el trueque como una actividad en la cual se construyen relaciones que contribuyen a la formación de redes alimentarias, mismas que se explican dentro de la investigación.

La zona de estudio se ubica en la zona montañosa del Centro del estado de Veracruz, con arraigos culturales prehispánicos; un territorio biodiverso y heterogéneo tanto en naturaleza como en cultura, abarcando diferentes municipios, incluyendo principalmente Coscomatepec, Ixhuatán del Café, Tomatlán, Huatusco, Chocamán, Calchualco, Alpatlahuac, entre otros.

El trueque se caracteriza por ser una red integrada en su mayoría por familias campesinas que han determinado el trueque como una forma de comercializar sus alimentos de una manera más justa para no verse tan afectados por el aumento de precios, esta es una forma de intercambio en donde los campesinos mantienen sus arraigos culturales, estableciendo formas de convivencia y organización



## Materiales y métodos

La región de estudio se encuentra localizada en la zona Centro del estado de Veracruz, en la región montañosa de la Sierra Madre Oriental, por lo que se analiza el espacio físico del trueque en el municipio de Coscomatepec y posteriormente un componente de comunidades de diferentes municipios como lo son Ixhuatlán del café, Huatusco, Córdoba, Chocamán, Tomatlán, Calchualco y Alpatlahuac.

**Herramientas de investigación.** El desarrollo de esta investigación hace uso de métodos empíricos para la recopilación de información y datos, pero también se hicieron algunas adaptaciones a las metodologías utilizadas:

Bola de nieve. Con este método es más fácil establecer relaciones de confianza, el tamaño de la muestra se encuentra restringida, debido a que lo que se busca es obtener información confiable. Se decide dejar de buscar informantes cuando la información es repetitiva y hay información nueva. Entonces se decidió combinar otro tipo de muestreo, el de cuota, este “implica separar del resto de informantes, ... y hacer selecciones de tipo secundario o terciario ... Se identifica cómo ventajas en este muestreo el hacer comparaciones entre grupos” (Blanco y Castro 2007).

El método Delphi. Es una técnica de recolección de información, de carácter cualitativo, “Es una metodología estructurada para recolectar sistemáticamente juicios de expertos sobre un problema, procesar la información y a través de recursos estadísticos, construir un acuerdo general de grupo. Permite la transformación durante la investigación de las apreciaciones individuales de los expertos en un juicio colectivo superior” (García y Suárez 2013). El término experto es ambiguo y polisémico de acuerdo con Mengual (2011), citado por Barroso y Cabero (2013), lo define como “personas que son capaces de proporcionar valoraciones fiables sobre un problema en cuestión, y al mismo tiempo, hacen recomendaciones”. Se hizo uso de la observación participante, y la información se recogió en una libreta de campo que fue de suma importancia para complementar la información de las entrevistas.





El uso de entrevistas abiertas, en las cuales solo se marcaban puntos clave que nos interesaba obtener, de tal manera que eran más bien una guía, estas encuestas fueron dirigidas a los que participaban en el trueque y a los que no lo hacían, esto con la finalidad de analizar dos percepciones distintas sobre el trueque.

**Análisis de información.** Los datos se analizaron en el programa Microsoft Office Excel 2013, para obtener estadísticas descriptivas y diagramas. Conjuntamente se hizo un análisis estructural de redes, este “se fundamenta, empíricamente en la creación y desarrollo de la matriz de las relaciones y en construcción del grafo” (Sanz 2003). El análisis estructural general de la red y el nivel de integración que caracteriza a la misma y se analiza densidad; en segundo lugar, se analiza el lugar que ocupa cada actor en la red, a través de un análisis de centralidad, este último está más relacionado con el poder. También se hace uso de tecnologías analíticas, en el que se incluyen los softwares UCINET®, NetDraw® y Key Player®.

## Resultados y discusión

El trueque es una actividad llevada a cabo en muchas formas, ya sea visible o no. La región de Coscomatepec se ha caracterizado por crear un espacio físico, con un alto grado de impacto, de acuerdo con la investigación realizada, el 85% de los que llevan a cabo el trueque, son campesinos provenientes de siete diferentes municipios, como Huatusco, Coscomatepec, Ixhuatán, Tomatlán, Chocamán, Alpatlahuac y Calchualco, aunque pueden existir más, el resto son familias no campesinas de la zona urbana de Coscomatepec y de pueblos cercanos.

### Formas de intercambio, relaciones, simbolismo y espacio

De acuerdo con los datos obtenidos, esta actividad se lleva a cabo en este espacio físico desde 1930 aproximadamente. Pero el trueque no solo se realiza en éste lugar, sino que es una actividad cultural que se lleva a cabo entre vecinos y familias de sus mismas comunidades, al visitarse uno con otro, esto debido a que les genera una



forma de establecer y reforzar sus relaciones de confianza y solidaridad que tienen, donde el valor económico de las cosas no es relevante.

Todos los lunes sin excepción alguna, la calle Miguel Domínguez del municipio de Coscomatepec, se destina especialmente a esta actividad de intercambio, las personas no tienen que pagar alguna cuota al municipio por instalarse, sin embargo, algunos deciden instalarse sobre otras calles, aunque implique pagar el derecho al uso del espacio. Inicialmente ocupaban un espacio en la parte central, frente a la iglesia, pero con el tiempo fueron reubicados, debido a las constantes restauraciones que ha tenido el centro y al crecimiento de otras actividades comerciales que se realizan el mismo día.

Existen tres tipos de personas que intercambian: las *móviles*, las *fijas* y las *mixtas* las móviles se caracterizan por traer grandes bolsas de plástico, costales o botes de plástico, donde caminan de puesto en puesto intercambiando. Las fijas son aquellas que se encuentran sentadas en la banqueta, junto a ellas tienden un “nailon” -pliego de plástico grande- o costal, donde ponen sus productos, por lo regular no instalan un puesto muy sofisticado y las pocas que lo tienen es por que comparten el espacio con alguien más. Y las mixtas son las que desarrollan ambas actividades. Los espacios son designados conforme las personas van llegando, los mejores espacios los obtienen quien llegue primero, eso en el caso de la calle designada al trueque, en las demás calles, quien paga su espacio, se le respeta y nadie más puede hacer uso de éste.

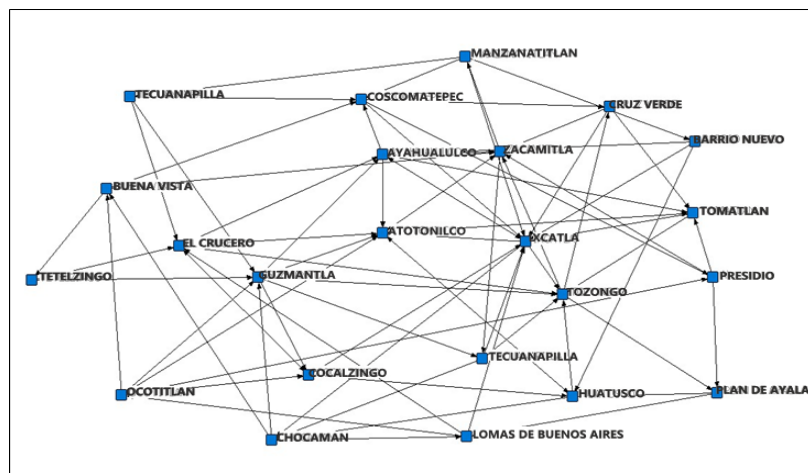
Se calcula que el número de personas que participan en el trueque oscila entre las 100 y las 130 personas, la vestimenta de estas personas es fácil de identificar, la mujer se caracteriza en algunos casos por portar un delantal, a veces un rebozo, llevan falda o vestido largo, aunque también existen mujeres más jóvenes que visten pantalones. Los varones se caracterizan por el uso de sombrero, gorra, un pantalón de mezclilla o tela, camisa cuadrada o playera, algunos traen camioneta, en las que traen animales a la venta mientras las mujeres intercambian, ellos son los encargados de vender los animales y en algunos casos pueden llegar a intercambiarlos. Algunas otras personas vienen en transporte público o se transportan en grupo con los que traen camioneta.



El trueque se realiza prácticamente todo el día, comenzando a las siete de la mañana, y hasta las cuatro de la tarde. El horario en el que existe mayor afluencia es de ocho a doce del día.

### Estructura de la red

Las personas provienen de distintas comunidades campesinas de los municipios ya mencionados. Existen personas y comunidades con mayores relaciones que otras, lo cual se obtuvo al preguntar si sabían de donde provienen los alimentos que intercambiaba, y con quien hace más intercambios. La Figura 1, muestra la matriz de relaciones establecidas entre los campesinos de diferentes comunidades, así como sus interacciones y el origen de los alimentos.



**Figura 1. Red de las diferentes relaciones entre comunidades campesinas que realizan el trueque.**

Muestra también las comunidades que participan en el trueque, y el alcance y el impacto que tiene. De acuerdo con los datos, se detectaron 22 comunidades campesinas, de diferentes municipios.

La Figura 2, realiza un análisis básico de redes y como resultado se obtiene la que representa el nombre de las comunidades clave, de donde provienen algunos habitantes que participan en el trueque, y son aquellas que tienen a tener un mayor número de conexiones con otras comunidades, y son comunidades clave como Ixcatla, Guzmantla, Yahualulco, Zacamitla y Atotonilco, Estas comunidades tienen un papel importante, ya que son las que destacan por su nivel de participación, así







Cuando los intercambios perduran es porque existe una satisfacción, de esta manera, “mientras mayor es el nivel de satisfacción mayor confianza depositará el cliente en su proveedor” (Selnes 1998). Esto indica que cuando existe confianza, las relaciones se fortalecen. “La confianza se sustenta en la capacidad del mediador para garantizar el cumplimiento de los compromisos contractuales entre sus miembros” (Moraga *et al.*, 2009) Dicho de otra forma, la confianza dentro del trueque se crea y se fortalece porque los que participan cumplen con el compromiso y con expectativas que se requieren, los productos son buenos, de buen sabor, los intercambios son justos para ellos, se busca el bienestar común y no el de uno solo y donde todos se sientan satisfechos.

En el Cuadro 1 se presentan algunas equivalencias presentes en el trueque, donde se observa las cantidades de alimentos intercambiados por otros, de noviembre a enero. Esto debido a que no todos los alimentos se encuentran presentes en todas las temporadas, y en algunos su valor cambia, dependiendo la cantidad que se ofrece y el valor de uso, ya que algunos llegan a ser utilizados solo en eventos de orden cultural, como en el altar de muertos, platillos regionales, o fiestas patronales.

**Cuadro 1. Relación de posibles cambios entre alimentos.**

Producto 1	Cambiado por	Producto 2
1 penca de plátano	=	5 medidas de maíz
4 cucharadas de café	=	1/2 kg de papa
3 tamales	=	1 penca de plátano
1 pieza de pan	=	2 plátanos
7 kg de plátano	=	1 kg de café
1 reja de naranja	=	1 reja de mazorca
1 conejo pequeño	=	8 kg de maíz
1 gallina chica	=	8 kg de maíz y 2 kg de frijol
1 kg de maíz	=	3 kg de chayote
1 calabaza	=	2 kg de chayote y 1 manojo de hierba mora
10 naranjas	=	5 aguacates criollos
1 kg de tomate	=	3 pencas de plátano
1 medida de maíz	=	1 penca de plátanos
7 aguacates Hass	=	1 manojo de hierba mora y 1 kg de jitomate
8 cucharadas de café	=	1 kg de manzana
1 kg de jitomate	=	3 pencas de plátano
10 tomates de árbol	=	3 aguacates jazz y 1 manojo de cilantro



## Productos intercambiados y el papel de la canasta básica

En este espacio físico, se pueden intercambiar diferentes productos alimenticios, cosméticos, de ornato entre otros, pero se dará prioridad a los agroalimentarios. Se intercambian productos que las personas consideran de primera necesidad y parte de su dieta, que están presentes toda la semana en la mesa, o por lo menos se consumen una vez por semana.

Se intercambian 70 productos comestibles, y existen temporadas en los que se incluyen alimentos pocos comunes (Cuadro 2). Se muestra que existe una gran presencia de alimentos que culturalmente representan un espacio importante dentro de la gastronomía regional, por ejemplo, la flor de izote, el tepejilote, la tlanepa, hierba mora, chinene, entre otros más. En los productos de origen animal, la situación es diferente, ya que la carne de cerdo no es común en intercambio, ni la de pollo o huevo, ya que la mayoría de las familias tienen aves en su traspatio.

**Cuadro 2. Diversidad de alimentos que se intercambian en el trueque.**

Plátano	Tamales	Tamarindo	Nanches
Naranja dulce	Gorditas	Jamaica	Capulín
Naranja de jugo	Chayote	Gallinas	Ciruelo
Limón dulce	Epazote	Semillas de calabaza	Maracuyá morada
Limón agrio	Pimienta	Frijol ejotero	Queso
Papa	Aguacate	Huevo	Guajolote
Manzana	Xinecuilt	Gasparito	Hierba mora
Perón	Maracuyá	Tortillas	Perejil
Café	Macadamia	Chirimoya	Hojas de maíz
Chilacayote	Cebollas	Chinene	Hojas de papata
Flor de tepejilote	Cebollín	Tepejilote	Orégano
Mango	Ciruela	Laurel	Zarzamora
Guayaba	Quelites	Tlanepa	Manzanilla
Caña de azúcar	Nanches	Cilantro	Jitomate
Calabaza	Frijol gordo	Durazno	Flor de calabaza
Chile de cera	Maíz	Litchi	Coyol
Tomate de árbol	Rábano	Zacate limón	Flor de izote
Tomate de cascara	Mango		

El Cuadro 2, mostró la diversidad de productos que se intercambian en trueque, pero aparte de la diversidad alimentaria cultural, se hace un análisis de la cantidad de alimentos presentes en el intercambio que comprenden la canasta básica



mexicana. Con esto se visualiza el poder adquisitivo que se le da a la población, al tener más posibilidades de adquirir la canasta básica, sin utilizar dinero, solo con los excedentes de su producción. El Cuadro 3, enlista 17 productos de la canasta básica, que no se comercializan totalmente en el trueque, pues no son de producción local, pero que los consideran necesarios, como el arroz, la leche, el piloncillo, la carne de cerdo o res. En otros casos, el consumo de estos productos es mínimo o nulo por que no los consideran parte de su dieta, como es el caso de la margarina, la crema fresca o las espinacas.

### **Cuadro 3. Productos de la canasta básica local que faltan por incluirse en el trueque.**

<b>Productos</b>	
Crema fresca	Sandía
Leche pasteurizada	Espinaca
Leche en polvo	Carne de cerdo
Arroz	Carne de res
Pan dulce	Jamón
Pastas y sopas	Chorizo
Azúcar o piloncillo	Pescado
Margarina	Chocolate de mesa
Salchichas	

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2014)

### **Beneficios económicos**

Con el intercambio de alimentos, existen muchos beneficios, y aunque no interviene el valor económico, se logra un ahorro familiar. De acuerdo con lo obtenido, una familia puede ahorrar de \$ 500.00 a \$ 900.00 pesos semanales, esto va a variar dependiendo el tamaño de la familia y la época del año, ya que algunos alimentos suelen incrementar o bajar de precio.

Los campesinos expresan que el trueque no solo les ahorra dinero en el gasto de alimentos que se consumen semanalmente, también los productos que se intercambian son para el funcionamiento de la unidad productiva familiar, con esto se refiere a que algunos alimentos no son para consumo humano, si no para los animales de traspatio, por ejemplo, el maíz podrido, permite alimentar a las aves de traspatio o a los cerdos.



## El origen de los alimentos y su forma de producción

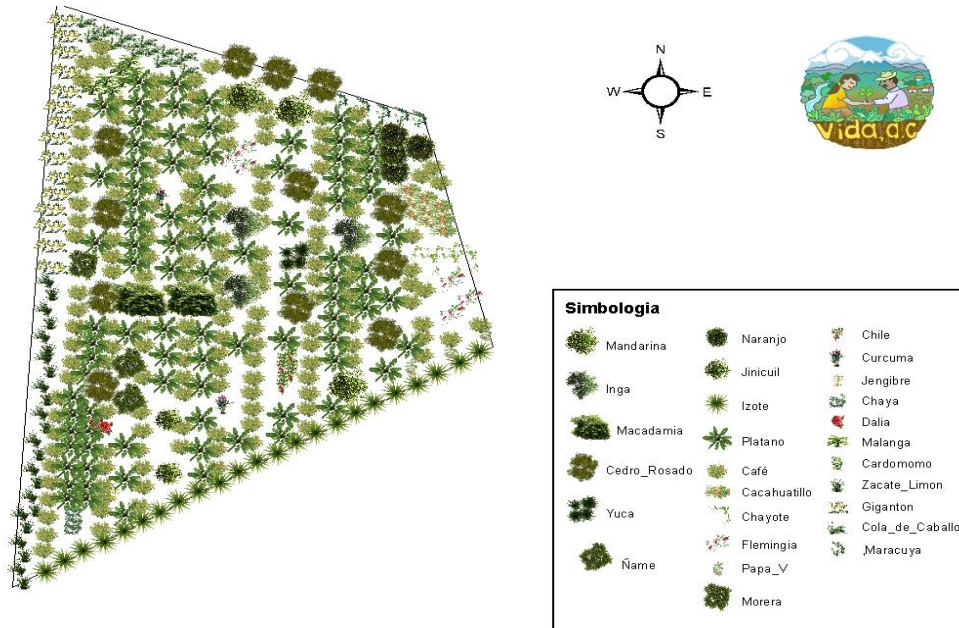
La mayoría de los alimentos son producidos en el cafetal, en el solar o en los pequeños huertos familiares de traspatio. Una de las características principales es que la producción de la región posee una amplia diversificación en sus cultivos. Las comunidades de estudio tienen varias organizaciones campesinas como la organización VIDA A.C.<sup>253</sup>, una de varias organizaciones que ayudan a generar una mayor condición de bienestar a los pobladores. Los campesinos que participan en el trueque, han diversificado sus cafetales con la finalidad de desarrollar un sistema de producción de cafetal bajo sombra, los sistemas agroforestales como el café de sombra desempeñan una función de reducción de riesgos para los campesinos, (Hernández-Solabac *et al.* 2011) mencionan que los cafetales bajo sombra de la zona Centro de Veracruz imitan la estructura del bosque natural que predomina en la región.

Los productores que se agrupan dentro de VIDA A.C., tienden a diversificar sus cafetales con plantas y productos que los campesinos consideran cultural y nutricionalmente aptos para su alimentación; al mismo tiempo, su comercialización los ayuda a mejorar sus condiciones de vida y les sirve como un *commodity* ante los bajos precios del café o la baja producción. Vida A.C., desarrolla un proyecto de cafetal Comestible, el diseño de este busca hacer más eficiente el uso de la tierra mediante una correcta distribución espacial de los cultivos asociados<sup>254</sup>, la propuesta incluye una diversidad de árboles frutales que proporcionen sombra, algunas leguminosas que facilitan la fijación de nitrógeno como la Inga y la cúrcuma. En la Figura 3 se puede observar la composición que presenta el diseño de un cafetal comestible. Este tipo de diseño presenta una gran propuesta para fomentar la seguridad alimentaria entre los campesinos, pero también impulsa la soberanía alimentaria, ya que está basado en los cultivos que componen la dieta local y culturalmente adecuada de los campesinos.

---

<sup>253</sup> VIDA A.C. es un colectivo de familias campesinas que produce café bajo sombra con certificación orgánica. Mediante prácticas agroecológicas, humaniza la cadena de valor, fomenta el arraigo campesino, y vincula a las nuevas generaciones para hacer del café una cultura y una forma de vida sostenible. Fuente: [www.vidaycafe.org](http://www.vidaycafe.org) última vez consultado: 14 de mayo 2019.





**Figura 3. Módulo de cafetal en la localidad de Piedra Parada, Cosautlan, Ver. Fuente: VIDA A.C.**

Los alimentos orgánicos en México son poco inaccesibles para todos los segmentos de la sociedad por su costo y su baja disponibilidad en todos los mercados; muchas veces los productores no los consumen para poder venderlos. La organización y la concientización ha sido un elemento clave, ya que mediante la certificación orgánica por parcela otorgada a algunos productores de café que se encuentran organizados dentro de VIDA A.C., les permite comercializar y consumir alimentos orgánicos y que no se vuelven inaccesibles como en otros casos.

Los alimentos deben ser sanos y producidos ecológicamente, algunos productores cafetaleros cuentan con certificación orgánica por parcela. Los productores que no participan en el trueque tienen menor diversificación de plantas comestibles y más árboles de sombra que aportan beneficios nutricionales a su cafetal, y presentan una mayor vulnerabilidad ante los precios bajos del café, además desempeñan trabajo fuera de la comunidad en otras actividades económicas para obtener ingresos y asegurar su sobrevivencia. A esto se le agrega que su alimentación es menos variada.



## Composición familiar y pluriactividad

Con los datos recabados en campo se realizó un análisis de las familias campesinas con la finalidad de comprender el nivel de trabajo, su capacidad para producir y sus limitantes. Ya que no todas las familias pueden ir al trueque, diversificar sus cultivos y realizar prácticas agroecológicas, debido al esfuerzo y tiempo que demandan.

La Figura 4, señala los estratos familiares diferenciados por la cantidad de miembros. En cada uno, se evaluó la capacidad y limitaciones para desarrollar múltiples actividades que los puedan llevar a mejorar su alimentación. En las unidades familiares campesinas, el nivel de trabajo puede verse afectado por varios factores, por ejemplo, (Chayanov 1974) señaló que “los factores que determinan el nivel del trabajo son tres; la estructura interna familiar, la satisfacción de las necesidades de consumo a familiar y las condiciones de producción que determinan la productividad del trabajo”.

Para obtener estos datos, se trabajó con diferentes familias, y se les preguntó sobre el porcentaje de esfuerzo y tiempo dedicado a cada actividad, y por qué realizan alguna de estas actividades, posteriormente se agruparon y se calculó el promedio. En la Figura 4 se observa que las familias que están integradas por 5, 6 y 7 miembros, son las que pueden tener más fuerza de trabajo y desarrollan un nivel más alto de actividades, como participar en el trueque y diversificar sus cultivos.

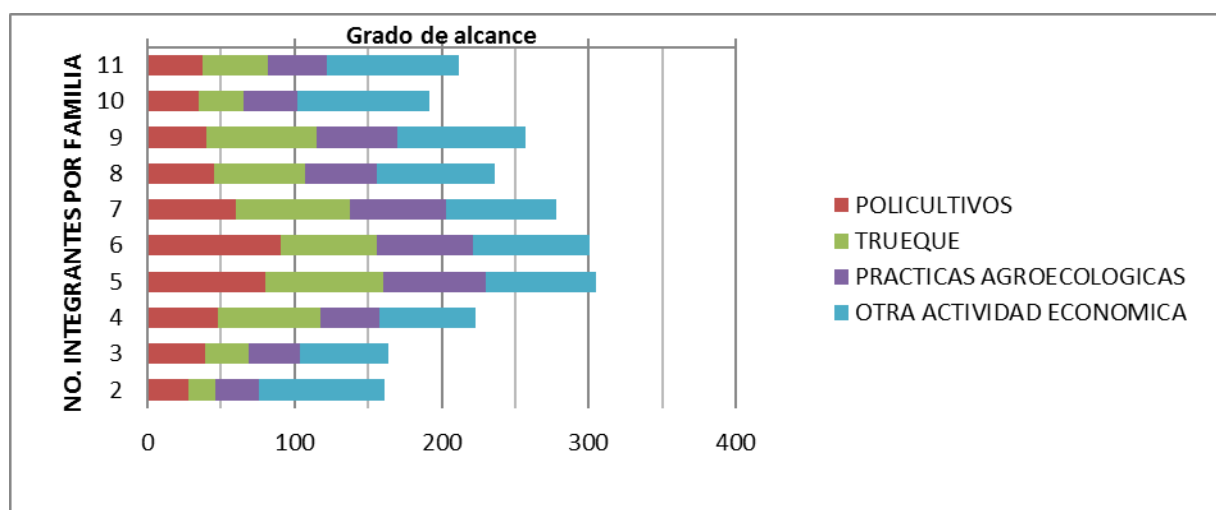


Figura 4. Estructuras familiares y nivel de trabajo.



Un alto tamaño de familia, no determina el grado de diversificación de actividades, pues intervienen otras condiciones de producción, como la cantidad de tierra disponible. Chayanov (1974), menciona que cuando la tierra es poca respecto al número de miembros de la familia, se reduce considerablemente la actividad agrícola, y la mano de obra familiar incursiona temporalmente en otras actividades no agrícolas, comerciales o artesanales, y claramente se puede observar que el segmento de otra actividad económica se ve incrementada en relación a las demás. Sin embargo, cabe agregar que existe otras variables más, como la salud de los integrantes de la familia y su edad, ya que cuando en una familia existen miembros con discapacidades físicas, bebés o personas mayores que necesiten cuidado, esto de alguna manera limita el grado de alcance de la unidad familiar.

### **Género y autoexclusión**

Existe un papel fundamental de la mujer dentro de este tipo de red agroalimentaria de intercambio, es claro que, dentro de la actividad del trueque, la mujer tiene una participación activa en 88% en los casos estudiados. Su papel es el intercambio de frutas, verduras y en los animales de especies menores como gallinas, guajolotes, patos y conejos. El caso de los varones, se centra en la venta de ganado (cerdos, borregos, chivos y caballos). Esto coincide con Chiappe (2005), quien encontró que la mujer tiene el papel de proporcionar alimentación a la familia, define la dieta y establece huertos para proveer la cocina.

También se observó que algunas familias campesinas, satanizan y discriminan este tipo de intercambio. Las personas que no realizan trueque, expresaron que esta actividad les genera pena, vergüenza y la asocian a pobreza; aquel que realiza el trueque es porque no tiene que comer, y es una actividad para personas pobres. También se relaciona al patriarcado, pues los varones no permiten a las mujeres salir para realizar dicha actividad, y les preocupa que piensen que el hombre de la casa no es buen proveedor de alimento al hogar, y por último no consideran al trueque como un negocio, ya que no media dinero.



## Conclusiones

1. El trabajo muestra lo trascendente de las redes alimentarias, la mecánica del funcionamiento de una de sus formas de intercambio que trata de una práctica que implica una cosmovisión distinta a la convencional, que incide de manera local mediante métodos de intercambio, basados en relaciones de solidaridad, reciprocidad y confianza, para la construcción de la seguridad y la soberanía alimentaria.
2. El trueque se crea con base a la construcción de las relaciones sociales entre personas de diferentes culturas, que interactúan, entre ellas y con el medio que habitan, que se reúnen e identifican y comparten un interés mutuo. Contribuye a la soberanía alimentaria local, impactando de forma positiva en la economía, la alimentación y las formas de reproducción social de las familias campesinas.
3. El trueque logra diversificar la alimentación local y contribuye a la apropiación de un paisaje culinario y agroalimentario, que facilita afrontar la pobreza económica. Construir la soberanía alimentaria, es una tarea prioritaria sobre todo porque las zonas campesinas son productoras de alimentos que llegan a su mesa, y a la de otras personas, favoreciendo la soberanía alimentaria y su propia autodeterminación.
4. Cuando el trueque deja de ser visto solo como una actividad comercial y se incluyen sus aspectos multidimensionales, se visibiliza su potencial como una estrategia eficiente para construir relaciones sociales. Si bien los lazos sociales son dinámicos en espacio y tiempo, el trueque los refuerza y reintegra la identidad comunitaria. Construir esta práctica de intercambio, no es sencilla, las dimensiones y el arraigo cultural son importantes en la concepción del trueque, y sus alcances y el beneficio que aporta podrían mejorar la visualización del trueque en la sociedad y el territorio que se quiera desarrollar.
5. Los campesinos han desarrollado una forma de mantener su dieta, basada en alimentos que culturalmente consideran adecuados y que han producido por años, en donde las condiciones climáticas son aptas para estos productos. Estos alimentos tienen un valor cultural que la sociedad le asigna y aportan identidad





a los pobladores, de esta manera no transgreden su paisaje agroalimentario y se apropian de éste. Es primordial realizar un análisis de la construcción de una canasta básica rural, ya que los hábitos alimenticios de los campesinos no corresponden a la canasta básica diseñada para el país, se deben identificar los alimentos locales, su aporte nutricional, el valor cultural, su forma de producción e impulsar su desarrollo para asegurar una alimentación adecuada dentro del territorio y seguir desarrollando la soberanía dentro de los campesinos.

### Literatura citada

- Barroso O., J. M. y J. Cabero A. 2013. La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón Revista de Pedagogía* 65(2):25-38.
- Blanco M., C. M. y B. S. Castro A. 2007. El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure investigación* 4(27):1-4.
- Chayanov, A. V. 1974. *La organización de la unidad económica campesina*. Edit. Nueva Visión. Buenos Aires, Argentina. 168 p.
- Chiappe, M. B. 2005. La situación de las mujeres rurales en la agricultura familiar de cinco países de América Latina. Informe de la Asociación Latinoamericana de Organizaciones de Promoción (ALOP). Montevideo, Uruguay 34 p. [https://ecirtam.net/autoblogs/autoblogs/frglobalvoicesonlineorg\\_0e319138ab63237c2d2aeff84b4cb506d936eab8/media/8bf4aa43.Mujeresrurales.pdf](https://ecirtam.net/autoblogs/autoblogs/frglobalvoicesonlineorg_0e319138ab63237c2d2aeff84b4cb506d936eab8/media/8bf4aa43.Mujeresrurales.pdf) [Consultado el 18 de octubre de 2019].
- García V., M. y M. Suárez M. 2013. El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública* 39(2):253-267.
- Sanz M., L. 2003. Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, documento de trabajo N° 7. <http://ipp.csic.es/sites/default/files/content/workpaper/2003/dt-0307.pdf> [Consultado el 18 de octubre de 2019].
- Selnes, F. 1998. Antecedentes y consecuencias de la confianza y satisfacción en las relaciones comprador-vendedor. *Revista europea de marketing* 32(3/4):305-322.



SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/402167/Balanza\\_Comercial\\_Agropecuaria\\_y\\_Agroindustrial\\_agosto\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/402167/Balanza_Comercial_Agropecuaria_y_Agroindustrial_agosto_2018.pdf) [Consultado el 18 de octubre de 2019].

Moraga, E. T., Fernández, L. V. y Barra, C. (2009). Factores determinantes de la confianza hacia el intermediario en la industria del trueque comercial. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales 19(34):25-34.



## CAPACITACIÓN PARA NIÑOS Y JÓVENES DE ZONAS RURALES EN TEMAS AGROALIMENTARIOS

Jacel Adame García<sup>255\*</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>255</sup>, Jazmín Villegas Narváez<sup>255</sup>, José Antonio Fernández Viveros y Adriana Elena Rivera Meza<sup>255</sup>

### Resumen

El medio rural es fundamental para México por el aporte de alimentos, servicios ambientales, empleos y divisas a la economía. Los niños y jóvenes de escuelas rurales poseen un papel fundamental para el desarrollo del campo, pero presentan limitaciones al carecer de capacitación y espacios que les permita realizar actividades científicas tecnológicas, y su estado socioeconómico les impide moverse a lugares donde los hay. Este proyecto desarrolla la formación integral de niños y jóvenes en zonas rurales de pobreza moderada en Veracruz, que no cuentan con instalaciones que les posibilite la apropiación de la ciencia y la tecnología. El objetivo del proyecto que se presenta, es llevar a las escuelas rurales una serie de eventos (Cursos, Prácticas de campo, Taller y/o laboratorio) con enfoque agroalimentario para que los niños comprendan cómo la Ciencia y Tecnología impacta en el desarrollo del campo mexicano y aumentar con ello el arraigo de jóvenes en el sector primario. Se han atendido 3, 400 niños y jóvenes de todos los niveles educativos con recursos cofinanciados por CONACyT. Su implementación permite transformar cada escuela visitada en escenarios de enseñanza-aprendizaje.

**Palabras clave:** vocaciones científicas, apropiación social, ciencia, tecnología.

---

255 Tecnológico Nacional de México. IT Úrsulo Galván, \*dra.adame.garcia@gmail.com



## Introducción

Diversos autores coinciden en que la divulgación científica cumple numerosas funciones, en la que se puede incluir toda actividad de explicación y difusión de los conocimientos, de cultura y de pensamiento científico y técnico. Pero debe cumplir con dos condiciones: 1) debe estar fuera del marco de la enseñanza oficial y 2) no tener como objetivo formar especialistas.

La comunicación pública de la ciencia debe involucrar diversos actores, como los expertos en las disciplinas científicas, los científicos, los comunicadores entre las ciencias experimentales y los que relacionan la ciencia con la sociedad (divulgador científico). Para cumplir con el objetivo de la comunicación pública se debe apoyar de materiales escritos (revistas, manuales, diarios, libros de divulgación) y orales (cursos, conferencias, radio), así como imágenes (fotografía, cine científico) y materiales multidimensionales (exposiciones, museos). La divulgación debe ser informativa, que permita comprender los fenómenos, que responda a demandas sociales, que enriquezca la cultura, que involucre la participación ciudadana, y que persiga la democratización del conocimiento (Raichvag y Jacques 1991).

Las escuelas rurales por lo general son multigrado, con niños de diferentes grados y un solo profesor que coordina a niños de los diferentes grados. La escasez de materiales es significativa y lo que se tiene está en mal estado por el uso continuo y a la falta de mantenimiento o reposición. Cuando se obtiene una dotación de material, carecen de espacio físico donde colocarlos y usarlos convenientemente, quedando en ocasiones sin desembalar durante años (Jiménez-Fernández, 1987). No cuentan con avances tecnológicos y los estudiantes están en desventaja porque no aprenden lo nuevo, solo lo que hay en su comunidad, su entorno es limitado y cuando tienen algún beneficio tecnológico no lo saben aprovechar, lo anterior impacta en una baja calidad de vida.

Ignacio-Trinidad (2008) señala que los estudiantes de zonas rurales presentan una curiosidad natural que les impulsa a aprender, observan lo que ocurre en su medio, reflexionan, descubren y comprenden cosas nuevas; es en este sentido se deben aprovechar estas cualidades y mostrarles lo que se puede lograr con la ciencia y





tecnología aplicada al campo, pues el medio rural es fundamental para México por el aporte de alimentos, servicios ambientales, empleos y divisas a la economía. Con base en lo anterior el objetivo de este trabajo es presentar como se llevó a las escuelas rurales una serie de eventos (cursos, prácticas de campo, taller y/o laboratorio) con enfoque agroalimentario para que los niños aprehendan cómo la ciencia y tecnología impacta en el desarrollo del campo mexicano y lograr aumentar el arraigo de jóvenes en el sector primario.

### **Materiales y métodos**

El proyecto se desarrolló en los municipios de Actopan, La Antigua, Úrsulo Galván, Puente Nacional y Paso de Ovejas en Veracruz, donde el 98% de las localidades son rurales, y el 22% de los habitantes son niños y jóvenes (35, 234) que asisten a una de las 474 escuelas rurales en las que no se cuenta con al menos un área donde los alumnos puedan estar en contacto con la ciencia y tecnología, lo que de alguna manera impacta en la continuidad a estudios superiores.

El proyecto cuenta un programa, con una serie de eventos con enfoque agropecuario, biotecnológico, alimentario y de agronegocios para que los niños y jóvenes comprendan cómo la ciencia y tecnología impacta en el desarrollo del campo mexicano. Incluye cuatro eventos sustantivos en los que participan niños y jóvenes de todos los niveles educativos (preescolar, primaria, secundaria, bachillerato y licenciatura). Los eventos se detallan en el Cuadro 1.



### Cuadro 1. Eventos y contenidos del programa de capacitación para niños y jóvenes en la Ciencia y Tecnología 2018.

Evento	Descripción
Foro "Jóvenes en la Ciencia y la Tecnología"	<p>Objetivo: Incrementar la participación de jóvenes en Foros para fomentar su interés por la ciencia y la tecnología y además crear un espacio de intercambio académico entre los jóvenes con intereses en la investigación.</p> <p>Descripción: Al menos 50 jóvenes de educación media superior de la Región de Úrsulo Galván y de educación superior expondrán resultados de sus trabajos de investigación y/o innovación realizados durante las Actividades Complementarias, Servicio Social o Tesis.</p>
Prácticas de campo, taller y/o laboratorio	<p>Objetivo: Desarrollar habilidades para el manejo de equipo, materiales y reactivos empleados en cada área.</p> <p>Descripción: Al menos 100 niños y jóvenes adscritos a escuelas de zonas rurales realizarán alguna práctica. Se propusieron las siguientes prácticas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis fisicoquímico de aguas</li> <li>2. CANVAS KIDS: Ilustra tu modelo de negocio</li> <li>3. El uso de los sentidos, evaluación sensorial</li> <li>4. Estructuras y organelos celulares</li> <li>5. Si no lo veo, ¿existe?... El mundo de los microorganismos</li> <li>6. El maravilloso mundo de las plantas</li> <li>7. Inseminación Artificial, una técnica poco usada en el Trópico</li> <li>8. Vacas: Fábricas de leche</li> <li>9. Cultivo in vitro</li> <li>10. Extracción de ADN</li> <li>11. Amplificación de genes (PCR)</li> <li>12. Insectos: los bichos más famosos del reino animal</li> <li>13. Análisis Fisicoquímico de Leche</li> <li>14. Análisis de Suelos</li> <li>15. Aprendiendo a ganar en los negocios</li> </ol>
Feria Científica y Tecnológica – ITUG puertas abiertas	<p>Objetivo: Abrir un espacio para que los niños tengan contacto directo con la Ciencia y Tecnología.</p> <p>Descripción: Al menos 50 niños y jóvenes talentosos participarán en los eventos programados durante la Feria.</p>
Capacitación para Jóvenes en la Ciencia y Tecnología	<p>Objetivo: Capacitar a jóvenes en temas de innovación y/o actualización</p> <p>Descripción: Al menos 100 jóvenes adscritos a escuelas de nivel medio superior y superior ubicadas principalmente en zonas rurales participarán en algún curso o taller. Se propusieron los siguientes cursos/talleres:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. INNOVA-TIPS</li> <li>2. Extracción de ADN de plantas</li> <li>3. Extracción de ADN de hongos</li> <li>4. Extracción de ADN de bacterias</li> <li>5. Inseminación artificial, una técnica poco usada en el Trópico</li> <li>6. Análisis de Suelos</li> <li>7. Diagnóstico Molecular de Enfermedades en Plantas</li> <li>8. Moscas de la Fruta <i>Anastrepha</i>, plaga de importancia económica</li> <li>9. Amplificación de genes (PCR)</li> <li>10. Diagnóstico Fitosanitario</li> <li>11. Cultivo in vitro</li> <li>12. Aprendiendo a ganar en los negocios</li> <li>13. Extracción de Aceites por hidrodestilación</li> </ol>



La estrategia de medición y evaluación considera los recursos invertidos, grado de diversidad en la mejora (nuevos talleres, cursos, prácticas), grado de difusión social y participación (cobertura, encuestas satisfacción, registro de participantes, pluralidad de sectores), efectos sobre los beneficiarios y otros grupos (desempeño escolar, informe de escuelas). Otro indicador importante es que esta propuesta es totalmente escalable, iniciando en poblaciones de cinco municipios de Veracruz con pobreza moderada; Gracias a la flexibilidad que tiene el programa para adaptarse a cualquier lugar, permitirá transferirlo a entidades que posean características similares, sin perder la calidad ni pertinencia, al contar con la participación activa cada vez más de profesores, investigadores y estudiantes inscritos en el IT de Úrsulo Galván, de diferentes áreas del conocimiento como prestadores de servicio social, tesis, actividades complementarias o simplemente voluntarios. Los estudiantes son una parte fundamental, ya que son los encargados de conducir y apoyar a los niños durante las actividades que se realizan dentro del programa.

## **Resultados y discusión**

Este proyecto se sometió a la convocatoria del Programa de Fomento a las Vocaciones Científicas y Tecnológicas en Niños y Jóvenes Mexicanos durante tres años consecutivos (2016-2018), dicha propuesta recibió el apoyo cofinanciado con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por un monto acumulado de \$ 815, 000.00. La modalidad en la que se solicitó el apoyo fue: "Apoyo para continuar con la ejecución del Programa de Capacitación para Niños y Jóvenes en la Ciencia y Tecnología, mediante cursos, eventos, proyectos y talleres que fomenten vocaciones científicas, tecnológicas y de innovación en jóvenes y niños de manera permanente y sistemática".

Un objetivo del programa es lograr que los participantes se interesen por temas con enfoque agropecuario, biotecnológico, alimentario y de agronegocios, para con ello reducir a mediano y largo plazo el número de jóvenes que no estudian una carrera



profesional, lo que conlleva a eliminar el rezago educativo en las zonas rurales. Con respecto a la validación participativa de los objetivos se generaron propuestas que marcan las líneas de actuación para el éxito de este proyecto, en la zona se detecta alto rezago educativo que para mitigarlo se requiere que la comunidad conozca las ventajas de la ciencia y tecnología aplicadas al campo, los maestros rurales se capaciten en estos temas, que los gobiernos municipales apoyen programas de ciencia y tecnología.

Los temas que se imparten son seleccionados de acuerdo a la experiencia y perfil profesional de los docentes-investigadores que laboran en el IT de Úrsulo Galván. Además de la pertinencia de las propuestas, algo muy importante, es el ajuste a los programas de estudio del nivel educativo de los participantes y siempre buscando temas de actualidad e innovadores. La participación de estudiantes de los últimos semestres de las distintas carreras que oferta el Tecnológico, es fundamental para el programa ya que son los encargados de transmitir la confianza a los niños y jóvenes además de romper el ambiente maestro-alumno. Cada estudiante es encargado de dirigir alguna actividad. Los estudiantes seleccionados cumplen ciertas características como tener interés por las actividades científicas y tecnológicas, de preferencia que estén participando en algún proyecto, que sean pacientes y tolerantes con los niños, que tengan la facilidad de comunicarse verbalmente con niños y jóvenes, para la transmisión adecuada y sencilla de los contenidos. Los estudiantes participan como ponentes en eventos importantes, en los que han obtenido reconocimiento de primeros lugares (Cuadro 2).

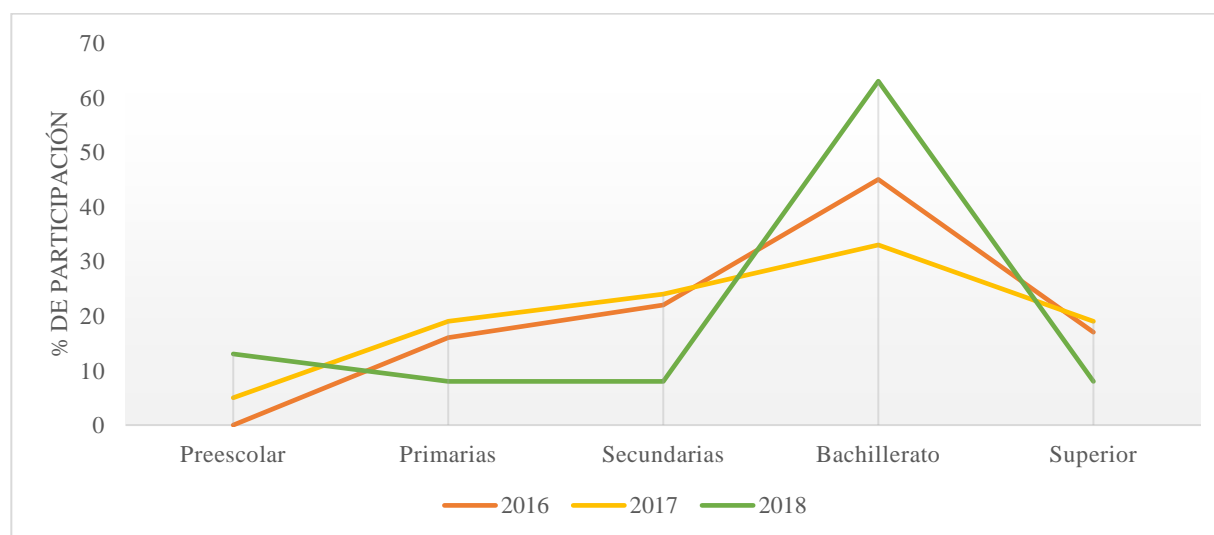
El programa de capacitación ha atendido en tres años de operación a 3,700 niños y jóvenes de 25 escuelas rurales de todos los niveles, pertenecientes a los municipios de Actopan, Puente Nacional, La Antigua, Úrsulo Galván y Paso de Ovejas. La Figura 1 muestra los porcentajes de niveles educativos participantes en el programa.





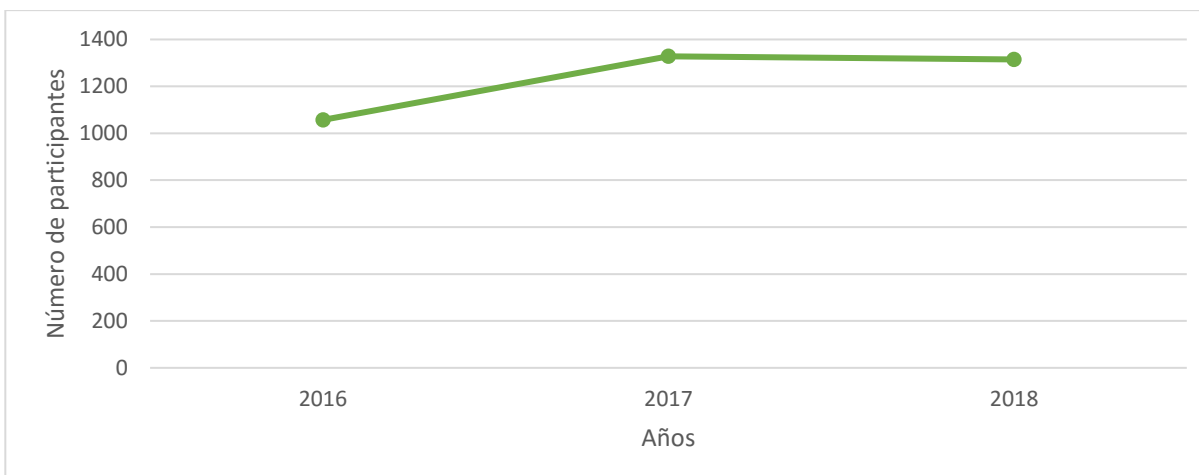
**Cuadro 2. Eventos reconocidos en los que han participado los estudiantes del programa de capacitación.**

Año	Evento	Organizador	Número participantes
2016	XXIX Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Veracruz 2016 III Foro de Jóvenes en la Ciencia y la Tecnología	Colegio Postgraduados	32 estudiantes de nivel medio superior y superior
2017	XXX Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Veracruz 2017 IV Foro de Jóvenes en la Ciencia y la Tecnología	INIFAP	30 estudiantes de nivel superior
2018	IV Reunión Internacional Científica y Tecnológica II Foro Internacional de Jóvenes en la Ciencia y la Innovación Tecnológica	TecNM	35 estudiantes de nivel superior



**Figura 1. Porcentaje de participación por nivel educativo dentro en el Programa de Capacitación.**

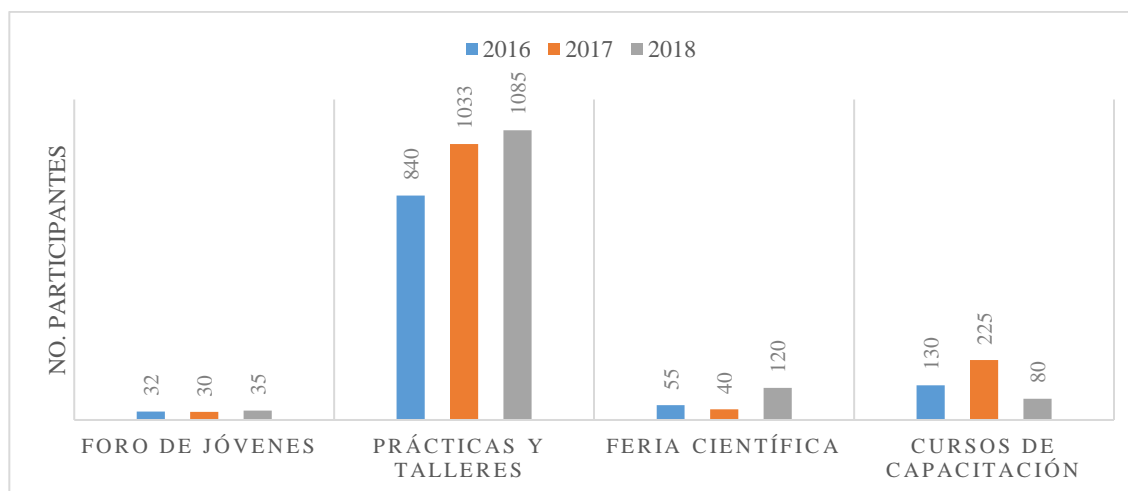
Atender estudiantes de nivel medio superior, fortaleció el ingreso al IT de Úrsulo Galván, pues los estudiantes al entender cómo aplicar la ciencia y tecnología en el campo, se interesan e ingresan a carreras con tal orientación, por ello, en tres años la matrícula aumentó 30% con respecto a los años anteriores, y se reflejó en las carreras de Ingeniería en Agronomía y Licenciatura en Biología.



**Figura 2. Fluctuación anual de los participantes en el Programa de Capacitación. La Figura 2 muestra la fluctuación anual de los participantes, con respecto al número de participantes por evento.**

La Figura 3 observa que la mayor participación que se ha tenido en los tres años es en las prácticas y talleres, con tendencia al aumento de niños y jóvenes.

Aunque el número de participantes en el programa es alto, no cubre la necesidad que existe en la zona de influencia del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, ya que hay un aproximado de 35,000 estudiantes en 474 escuelas rurales, y el programa solo ha llegado al 10% de la matrícula total registrada para las instituciones de los cinco municipios, porcentaje bajo para cubrir la necesidad. Por lo que es necesario que este programa continúe desarrollándose por la gran cantidad de instituciones que no han tenido la oportunidad de participar.



**Figura 3. Participantes en las actividades propias del Programa de Capacitación.**



En la zona de influencia del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, las escuelas rurales tienen diversas limitaciones y necesidades; al realizar el recorrido para invitar a las Instituciones se observó que carecen de un área donde niños y jóvenes puedan estar en contacto con la ciencia y tecnología. Existen telebachilleratos que no cuentan con lo mínimo necesario para impartir clases ya algunos reciben clases en un salón social, al no tener aulas, y ninguna secundaria o bachillerato de los participantes cuenta con laboratorios o talleres equipados para realizar prácticas innovadoras. Los estudiantes de primarias participantes pertenecen en su gran mayoría a escuelas multigradas, con pocos estudiantes, y con solo tres docentes para cubrir los seis grados. Durante las prácticas y talleres se observó que niños y jóvenes tienen disposición y emoción por conocer más sobre ciencia y tecnología, ya que señalaron que regresarían si tuviesen oportunidad.

El grupo promotor de este programa, aumentó de 11 profesores-investigadores adscritos al Instituto Tecnológico en el 2016 a 15 que participan como instructores de los cursos, prácticas y talleres. Se involucraron 35 estudiantes de las distintas carreras del Instituto (estudiantes que realizan su servicio social, actividades complementarias y tesis en las distintas áreas del ITUG), esto representa 12 estudiantes más que en el programa del 2016.

Debido a que el programa de capacitación es un proyecto que impacta las zonas rurales de la región de Úrsulo Galván, se propuso como un proyecto de innovación social con el nombre “Con Ciencia Móvil”, dentro del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2017 (ENEIT 2017) organizado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM), logrando excelentes resultados y el primer lugar en las tres etapas del evento (local, regional y nacional). Se cuenta con la página en redes sociales (Facebook@Con Ciencia Móvil) en la que se comparten los eventos realizados dentro del programa de capacitación. Se tiene registrado el nombre y logo ante el IMPI con número de registro 1871562 y con vigencia al 2027.

Otro logro más fue la participación como tutores de siete estudiantes en el programa, apoyando en el diseño e impartición de cursos, que lograron certificarse ante el CONOCER en el estándar de competencia EC0301 “Diseño de cursos de



formación del capital humano de manera presencial grupal, sus instrumentos de evaluación y manuales del curso”.

En 2018, dentro del mismo programa se desarrolló un proyecto innovador para que los estudiantes de escuelas rurales tuvieran contacto con un kit real para extraer ADN, y surgió “ConCiencia Kit”. Con este proyecto un grupo de estudiantes participó en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2018 (ENEIT 2018) organizado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM) logrando el primer lugar en la etapa local, el pase al nacional durante la etapa regional realizada en Puebla, en la que participaron más de 100 proyectos, quedando entre los 20 mejores proyectos de los Tecnológicos del país. Se tiene registrado el nombre y logo ante el IMPI con número de registro 1935860 y con vigencia al 2029. Se cuenta con la página en redes sociales (Facebook @ConCiencia Kit) en la que se comparte la evidencia del uso de este kit educativo.

## Conclusiones

1. El programa de Capacitación para Niños y Jóvenes en la ciencia y tecnología se propuso con base en el déficit de conocimiento y participación que tienen las niñas, niños, jóvenes y sus docentes con respecto a ciencia y tecnología, en la zona rural de los municipios de Actopan, Úrsulo Galván, Puente Nacional y La Antigua, y crea un espacio en el que pueden experimentar y trabajar con actividades reales empleando tecnología innovadora.
2. Los eventos propuestos dentro de este programa son atractivos e interesantes para niños, jóvenes, sus docentes, y padres, hermanos y demás familiares que los acompañaron durante la capacitación.
3. Para el personal del Tecnológico involucrado, este programa les presenta ventajas ya que es una forma sencilla, que les requiere poco tiempo, se divierten y además se mantiene un reconocimiento hacia la institución.
4. Los que participan en el Programa son docentes, investigadores y jóvenes altamente experimentados en divulgar Ciencia y Tecnología y basan el diseño de





la capacitación en temas que complementan los programas de estudio de los distintos niveles en que se imparten.

5. Con este Programa se pretende reducir a mediano y largo plazo el número de jóvenes que se quedan sin estudiar una carrera profesional, lo que conlleva a eliminar el rezago académico en las zonas rurales y generar el arraigo a su región.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del Programa (C-291045.74/2016, C-291157.39/2017 y C-567 2018) en la Convocatoria Jóvenes Talento.

## Literatura citada

- Raichvag, D. y J. Jacques. 1991. Savants et ignorants; une histoire de la vulgarisation des sciences. Seuil. Points Sciences. Editions du Seuil. Paris, Fr. s/p.
- Belenguer, M. J. 2003. Información y divulgación científica: dos conceptos paralelos y complementarios en el periodismo científico. Estudios sobre el mensaje periodístico 9:43-53.  
<https://revistas.ucm.es/index.php/ESMP/article/view/ESMP0303110043A>[Consultado el 23 de octubre de 2019].
- Jiménez-Fernández, C. 1987. Cuestiones sobre las bases diferenciales de la educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, UNED 67 p.
- Ignacio-Trinidad, E. 2008. La escuela rural y su relación con la comunidad. Tesina de Licenciado en Educación. Secretaria de Educación, Cultura y Deporte. Universidad Pedagógica Nacional. Campeche, Camp. 27 p.  
<http://200.23.113.51/pdf/25599.pdf> [Consultado el 23 de octubre de 2019].



## PLANTAS MEDICINALES DE CINCO COMUNIDADES ALEDAÑAS A TAMULTÉ DE LAS SABANAS, CENTRO, TABASCO, MÉXICO

Miguel Alberto Magaña Alejandro<sup>256</sup> y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez<sup>256</sup>

### Resumen

En México el uso de las plantas medicinales es una tradición que se ha mantenido desde tiempos prehispánicos. En la población del municipio de Centro, el uso de las plantas medicinales es común, pero en parte se desconocen muchas de sus propiedades, formas de empleo y aplicación. Para avanzar en el conocimiento de la gestión tradicional de los recursos naturales de origen vegetal, y de las relaciones entre las sociedades humanas y las plantas, se realizan estudios etnobotánicos de gran relevancia en los últimos años. El trabajo se realizó en la Villa Tamulté de las Sabanas, que se ubica dentro del ejido José G. Asmitia, con una superficie de 12, 037 ha. Se localiza al noroeste de Villahermosa, Tabasco. El estudio se realizó de julio de 2018 a enero de 2019. Primero se efectuaron visitas de reconocimiento a la zona de estudio, y para contactar al delegado de cada uno de los lugares. Se aplicó un modelo de metodología etnobotánica, que consiste en obtener de la población la mayor información a partir de su participación activa en la etapa de recopilación de datos. En este trabajo se presentan 104 especies de las plantas medicinales de las cinco comunidades aledañas a la Villa de Tamulté de las Sabanas, distribuidas de la siguiente manera: Miramar 84 especies, La manga 73, Tocoal, Aniceto 71, Rovirosa 89. Las plantas son cultivadas o recolectadas en esta zona de estudio. La forma biológica de mayor proporción fue de hierbas (35.18 %). Las plantas medicinales más utilizadas fueron, el maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.) en 27%, y el órgano (*Plecthranthus amboinicus* (Lour) Spreng) con 17%. Los padecimientos más comunes son, la ofiadura, la tos y la disentería. Se concluye que el uso de las

---

<sup>256</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Km 0.5, Carretera Villahermosa – Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. [manjarujat@hotmail.com](mailto:manjarujat@hotmail.com)



plantas medicinales pervive en las comunidades de las zonas aledañas a Tamulté de las Sabanas, municipio de Centro, Tabasco.

**Palabras clave:** Centla, etnobotánica, vegetales

## Introducción

En Cuba, la ciencia se desarrollaba a pasos aislados y no contaba con un efectivo apoyo gubernamental, por lo que los galenos cubanos mantuvieron vivas sus inquietudes de propagar la producción científica y fueron capaces de poner en circulación revistas en cuyas páginas lograron hacer públicas sus conquistas, Gauniyal (2005). Las plantas medicinales y sus formulaciones constituían un recurso terapéutico de la medicina en la época colonial y neocolonial y no se ha encontrado información recuperable de los artículos publicados en las revistas científicas de la época. Por ello, la medicina tradicional retoma un papel importante en la prevención de enfermedades comunes y relativamente leves. Su uso es extensivo por la población rural como urbana, en buena parte por no contar con recursos económicos o acceso a la medicina institucional (Maldonado, 2002).

En México el uso de las plantas medicinales constituye una tradición que se ha mantenido desde tiempos prehispánicos. Entre un 70 y 80% de la población recurre a las plantas medicinales para curar sus padecimientos que van desde un simple resfriado, hasta aquellas que pueden clasificarse como filtración cultural, (aire, mal de ojo, etc.), incluyendo enfermedades de tipo gastrointestinal, dermatitis, etc. Sin embargo, existen más de 6,000 plantas usadas con fines terapéuticos en el país y sólo el 10% han sido estudiadas a nivel farmacológico, microbiológico y fitoquímico (Edison, 1990).

El uso de las plantas medicinales es común en la población del municipio de Centro, aunque gran parte de ella desconoce sus propiedades, formas de empleo y aplicación. Para avanzar en el conocimiento de la gestión tradicional de los recursos naturales de origen vegetal y de las relaciones entre las sociedades humanas y las



plantas, se realizan estudios etnobotánicos. Así, varias compañías farmacéuticas están interesadas en las plantas por su gran potencial, para la obtención de fármacos de origen natural, útiles en el tratamiento de enfermedades (Bermúdez y Velásquez (2002). Es por eso que cada día se presta más atención al estudio de plantas medicinales, de tal manera que la etnobotánica, la fitoterapia y la fitoquímica han tomado auge, tanto en la práctica de la medicina alternativa como en el ámbito académico (Verpoorte *et al.*, 2005; Gauniyal *et al.*, 2005).

En este contexto los adultos mayores tienen un papel importante, por sus conocimientos empíricos o esotéricos adquiridos, para el empleo las plantas para diversas dolencias y enfermedades. Sin embargo, este saber empírico precisa ser verificado y profundizado, con el propósito de contribuir al mejoramiento y seguridad en el uso de fitoterápicos en las comunidades (Londoño, 2010).

Por lo anterior, éste estudio pretende rescatar esta fuente de conocimiento tradicional, ya que representa gran parte del patrimonio cultural de Tabasco y de sus habitantes, cuyo impacto aporta al conocimiento científico y a las comunidades aledañas de Villa Tamulté de las Sabanas, Centro, Tabasco.

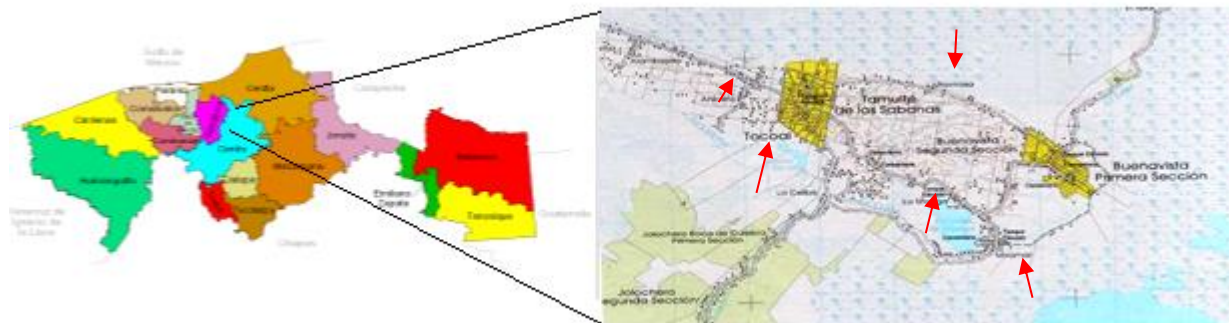
## **Materiales y métodos**

La Villa Tamulté de las Sabanas, se localiza dentro del ejido José G. Asmitia, y comprende una superficie de 12, 037 ha, Se encuentra al noroeste de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, entre los paralelos 19° 9' 54" de latitud norte y el meridiano 92° 47' de longitud oeste, con altitud de 10 msnm (Figura 1).

Limita al norte con el poblado Simón Sarlát municipio de Centla, al sur con el ejido Medellín y Madero, al oeste con terrenos de Macultepec, y al este con el ejido Buena Vista, perteneciendo las tres últimas localidades al municipio del Centro. El ejido está formado por un centro poblacional con categoría política de Villa Tamulté de las sabanas y nueve rancherías (La Manga, Rovirosa, La Ceiba, Jolochero, Tocoal, Aniceto, El Alambrado, La Loma y Estancia). Tamulté es uno de los asentamientos humanos más antiguos de la zona, pero hasta 1939, durante el gobierno de Lázaro



Cárdenas, los habitantes de este antiguo pueblo chontal obtienen la posesión legal de su tierra (Chávez, 1991).



**Figura 1.- Ubicación del área de estudio.**

El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con cambios térmicos en diciembre y enero, y temperatura media anual de 33.6°C (INEGI, 2014). Las diferentes asociaciones vegetales que se encontraron en el área de estudio fueron: Pantano de *Typha latifolia*, tintal (*Haematoxylon campechianum*), vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia de corozo, guano yucateco y huapaque; así como también parte de la vegetación riparia.

El estudio se realizó de julio de 2018 a enero de 2019. Para ello primero se realizaron visitas a la zona de estudio para conocer bien la localidad y entrevistarse con el delegado de cada uno de los lugares. La metodología que se aplicó es un modelo de metodología Etnobotánica (Martín 2001), la cual consiste en obtener de la población la mayor información a partir de su participación activa en la etapa de recopilación de datos.

Las primeras pláticas con los informantes se desarrollaron de acuerdo con lo propuesto por Giménez (1994), donde el interés fue acercarse al sentido que tienen las acciones observadas en un intento de acercamiento a las interpretaciones cotidianas que realiza la gente. Debido a esto fue posible formular preguntas más acordes con la perspectiva que tenían los entrevistados respecto a las plantas medicinales. Posteriormente se realizaron entrevistas estructuradas a los informantes, sin importar el sexo, siguiendo en general temáticas relacionadas con



el uso, conocimiento, manejo, enfermedades que cura, así como la forma en que se adquiere el conocimiento de las plantas medicinales.

Se aplicaron un total de 100 encuestas, 20 por cada comunidad de acuerdo a un formato propuesto. Las localidades seleccionadas presentan diferentes tamaños de población y algunas son relativamente jóvenes, tanto en la edad de los habitantes como en la formación de dicha comunidad; por lo tanto, esto hace que el número de casas sea muy bajo. Por ello, las encuestas se aplicaron tanto a hombres como a mujeres, dependiendo de quién atendiera la entrevista. Además, se tomaron fotografías de cada planta medicinal. Para una mejor representación de las plantas, se hicieron recorridos para coleccionar flores, hojas y frutos de las especies medicinales y se tomaron fotografías de cada una de ellas en su hábitat natural, principalmente en los huertos familiares. En caso de no contar con las plantas medicinales mencionadas, las personas indicaban donde encontrarlas ya fuera en jardines, potreros, patios o mercados. Finalmente, después de recolectar la planta medicinal se procedió a la herborización para su secado y posterior identificación en el herbario (Chiang y Lot, 1986).

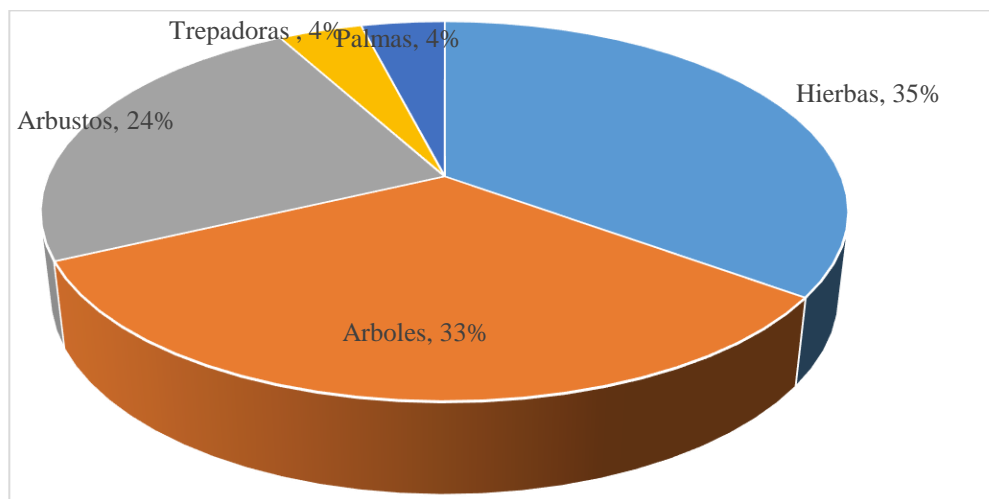
## Resultados y discusión

En este trabajo se presentan 104 especies de plantas medicinales localizadas en las cinco comunidades aledañas a la Villa de Tamulté de las Sabanas, distribuidas de la siguiente manera: Miramar 84 especies, La manga 73, Tocoal, Aniceto 71, Rovirosa 89, todas las plantas son cultivadas o recolectadas. Las especies pertenecen a 100 familias, y las más representativas son las Lamiaceae con 6 especies, Fabaceae con 5 y Bignoniaceae con 4. Hernández (2006) y Velox (2005), reportaron menos especies que las de este trabajo, aunque en este caso la superficie trabajada fue mayor.



### Forma de vida de las plantas

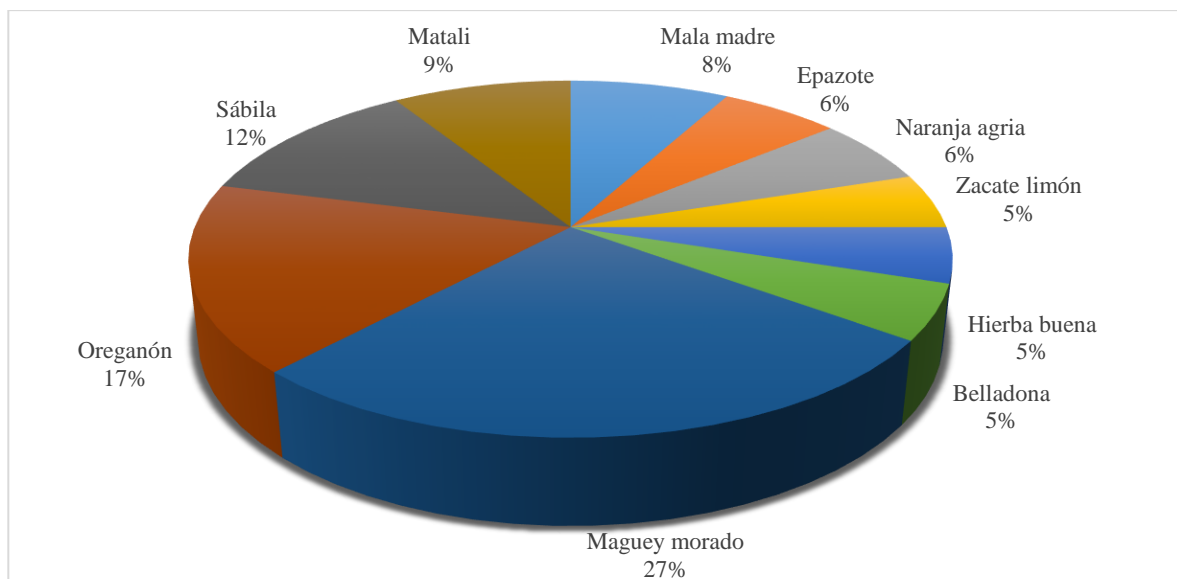
Las formas biológicas encontradas fueron: las hierbas con 35.18 %, árboles con un 33.33 %, arbustos con 24.07% y palmas y trepadoras en 3.70 % (Figura 2). Los estudios realizados por Hernández (2004) y Velox (2005), observan que predominan los árboles, debido a que no representan trabajo o mucho cuidado, y son las más fáciles de encontrar en la comunidad.



**Figura 2.- Porcentaje de formas biológicas de las plantas medicinales en cinco comunidades aledañas a la Villa Tamulté de las Sabanas.**

### Especies medicinales más utilizadas

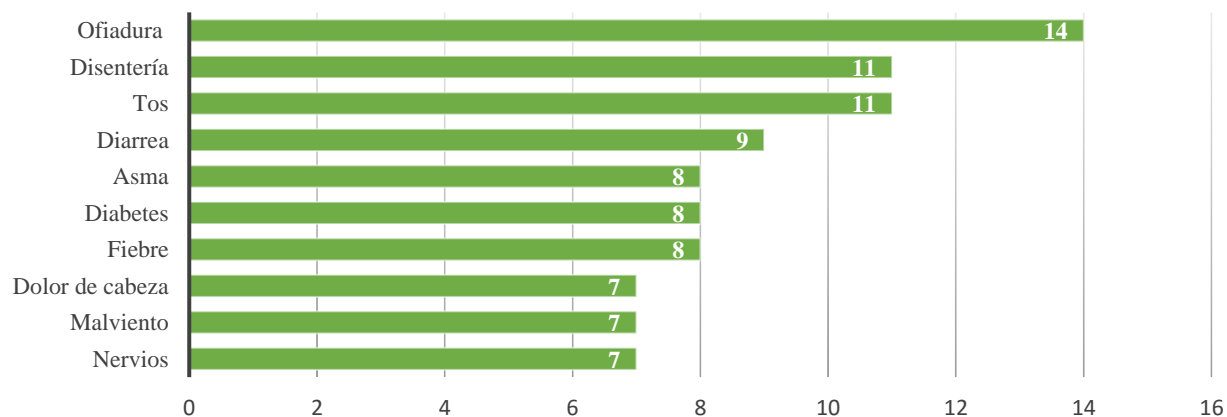
La Figura 3 muestra las especies de plantas medicinales más utilizadas (Figura 3), así como el porcentaje de uso. El maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.) lo usa el 27%, seguido del órgano (*Plecthranthus amboinicus* (Lour) Spreng) 17%, la sábila (*Aloe barbadensis* Mill.) 12%, mala madre (*Kalanchoe daigrimontiana* (Hamet & H. Perron) 8%, y el matalí (*Tradescantia zebrina*) 9%. Estas especies son reconocidas como las más comunes. Los datos coinciden con los resultados obtenidos por Cerino (2006) y Hernández (2006) que también encontraron al maguey morado como una de las más comunes.



**Figura 3. Plantas de mayor uso en cinco comunidades de Tamulté de las Sabanas, Centro, Tabasco.**

#### Padecimientos más comunes tratados con las plantas medicinales

Se registraron 41 afecciones atendidas con plantas medicinales, diez son las más comunes, entre las que reportaron con mayor frecuencia fue la ofiadura, reportada 14 veces, la tos y la disentería reportadas 11 veces cada una y la diarrea reportada nueve veces; en el resto el reporte fue menor (Figura 4).

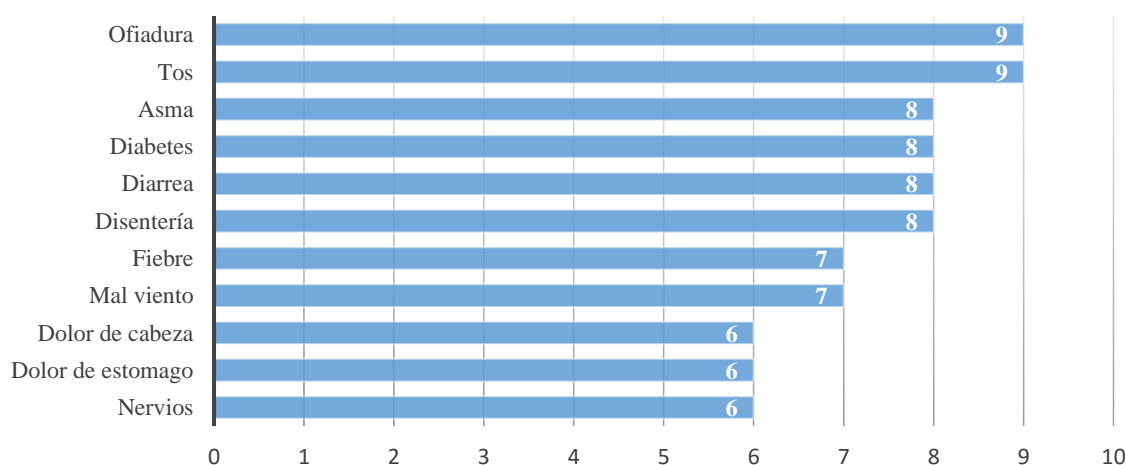


**Figura 4. Afecciones más comunes reportadas por los habitantes de las comunidades.**





Con relación a la forma de tratar las afecciones, pueden ser atendidas con una sola planta o mezclandolas, como sucede con la tos, donde utilizan Canela, (*Cinnamomum zeylanicum* Breyne), *Bougainvillea glabra* Choise y *Epaltes mexicana* Less, entre otras o para el caso de la ofiadura utilizan plantas como la Hierba buena (*Mentha piperita* L.), el toronjil (*Melissa officinalis* L.) y el pachulí (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth) entre otras. Del mismo modo existen enfermedades como la disentería la diarrea, la diabetes o el asma que pueden ser tratadas con menor número de plantas diferentes (Figura 5).



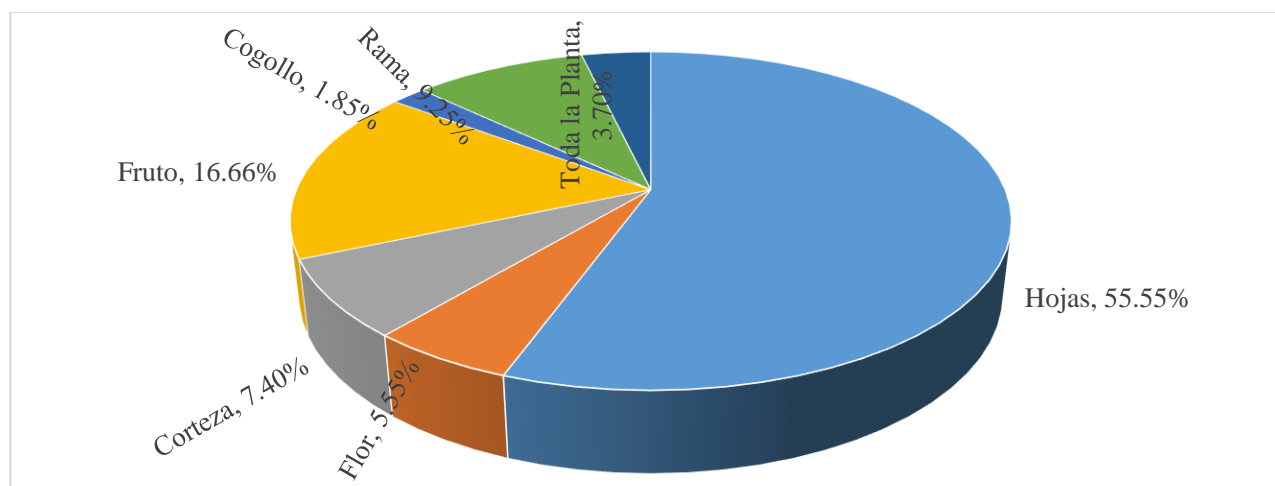
**Figura 5. Afecciones más comunes y número de especies que utilizan.**

### Partes utilizadas de las plantas medicinales

La Figura 6 muestra la proporción de las partes de la planta usadas. Las hojas representan el 55.55%, el fruto el 16.66% y las demás partes de la planta se usan en menor proporción. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Hernández (2004) y Cerino (2006) quienes también encontraron que la parte más usada son las hojas.

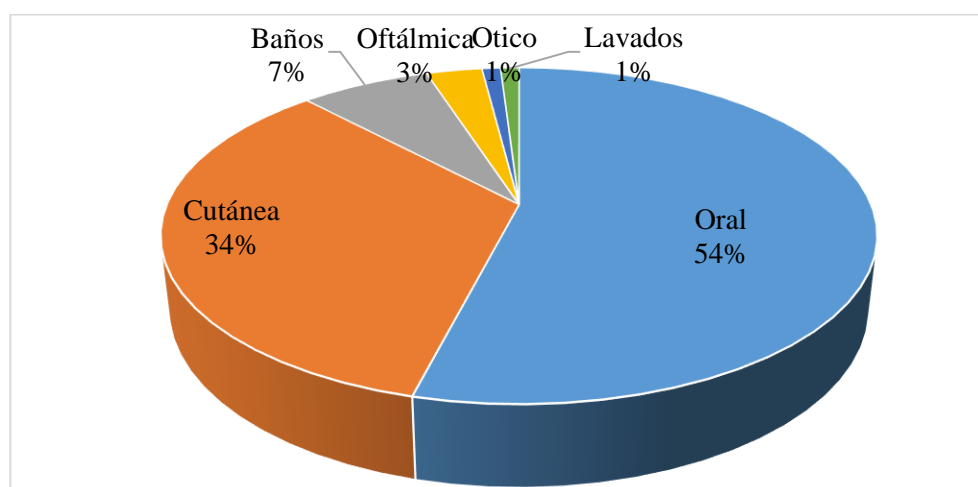
Con respecto a la vía de administración, el uso oral de las plantas medicinales es el más común, ya que el 54% en enfermedades de tipo gastrointestinal, renal, colesterol, enfermedades de la mujer, nervios, etc. La vía de administración cutánea en forma de cataplasma o fomentos, ocurre en 34% principalmente en problemas de raspaduras y granos producidos por una infección, y para ello utilizan el maguey

morado (*Tradescantia spathacea* Sw.), el guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y el Macuilíz (*Tabebuia rosea* (Benth) DC.).



**Figura 6. Partes de las plantas medicinales utilizadas en los diversos padecimientos.**

También existen plantas que las utilizan para baños ya que mencionan que ayuda a relajar el cuerpo. Por otro lado, se cree que ayudan a atraer la buena suerte o para defenderse contra los malos espíritus, el resto de las plantas las usan en formas muy variadas y en menor proporción, como se muestran en la Figura 7.

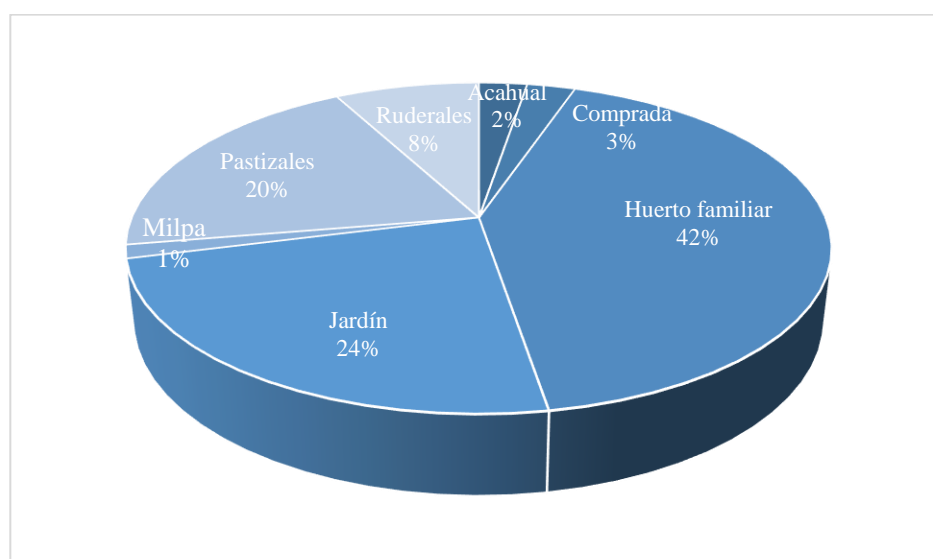


**Figura 7. Vía de administración de las plantas medicinales encontradas en las cinco comunidades.**



### Procedencia de las plantas medicinales

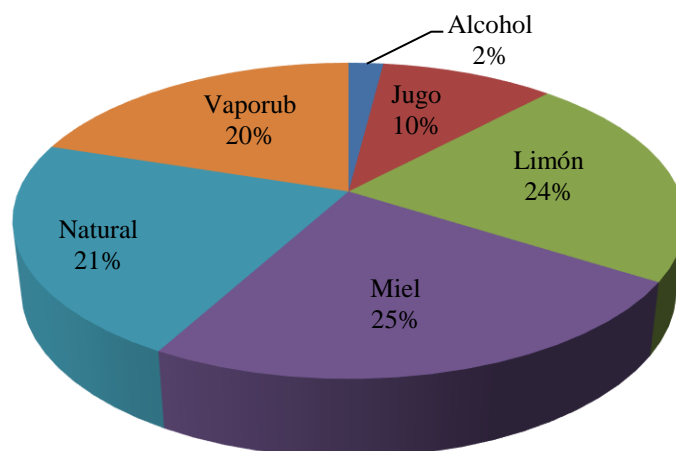
La Figura 8, muestra los diferentes ambientes en donde generalmente colectan las plantas medicinales, siendo el huerto familiar el lugar donde mayormente se obtienen en un 42% seguido de las que se encuentran en el jardín con el 24%, el resto de las plantas proceden de otros lugares como pastizales 20%, ruderales 8%, comprada 3% y acahual 2%. Para el huerto familiar, los resultados obtenidos por González (1984) Hernández (2006) concuerdan con los obtenidos en esta área, sin descartar aquellas que crecen de manera silvestre.



**Figura 8. Lugares de donde colectan las plantas los habitantes de las comunidades.**

### Ingredientes complementarios utilizados en la preparación del tratamiento

En muchas ocasiones el tratamiento con plantas medicinales requiere necesariamente de la combinación de otras sustancias, denominados ingredientes, para hacer aún más efectiva la preparación, siendo la miel la que más utilizan con el 25% y el jugo de limón con el (24%), de igual manera utilizan otros productos, pero en menor proporción (Figura 9). Esto coincide con lo reportado por Jiménez (2014), quien también reporta algunos de los ingredientes utilizados como complementario en el uso de las plantas medicinales.



**Figura 9. Componentes complementarios utilizados en la preparación de tratamientos.**

## Conclusiones

1. La medicina tradicional pervive en cada una de las comunidades, principalmente en las más alejadas de la cabecera municipal.
2. Existen especies por las que los pobladores tienen preferencia como el maguey morado que funciona como planta medicinal y ornamental.
3. Existen especies con funciones y preparación diferente, dependiendo del malestar, como el oreganón o la sábila que puede ser un té para la tos, y soasada para la inflamación, o cocida para lavar las heridas.
4. Finalmente, en muchas ocasiones el tratamiento con plantas medicinales se combina con otros ingredientes para hacer más efectivo el ingrediente activo o darle un mejor sabor.





## Literatura citada

- Bermúdez A. y D. Velásquez. 2002. Etnobotánica médica de una comunidad campesina del estado Trujillo, Venezuela: un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. Universidad Central de Venezuela. Rev. Fac. Farm. 44:1-6.
- Cerino, G. S. 2006. Análisis sobre el aprovechamiento de las plantas medicinales como alternativa en la salud de los habitantes en Villa Jalupa, Jalpa de Méndez, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 57 p.
- Edison, A. 1990. Las plantas a la introducción a la botánica moderna. Edit. Limusa. 4ª. Edic. México, D.F. 679 p.
- Gauniyal, A. K., A. K. Rawat and P. Pushpangadan. 2005. Interactive meeting for evidenced-based complementary and alternative medicines: a report. Evid Based Complement Alternat Med. 2(2):249-252.
- Giménez, G. 1994. La teoría y el análisis de la cultura. Problemas teóricos y metodológicos. In: González, J. y J. Galindo Cáceres (Coords.) p. 33-66. Metodología y cultura. Comisión Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F.
- Hernández, G. M. I. 2006. Contribución para el uso y manejo de las plantas Medicinales de la Villa Tepetitan, Macuspana, Tabasco. Tesis profesional de Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 64 p.
- Hernández, L. M. J. (2004). Uso y manejo actual de las plantas del poblado Gregorio Méndez, Cunduacán, Tabasco. Tesina profesional de licenciatura en Ecología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 58 p.
- Hernández, M. N. (2006). Uso y manejo actual de las plantas medicinales en la Ranchería Medellín y Pigua 3ra. Sección, del Municipio de Centro, Tabasco. Tesina profesional de Ecología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 64 p.



- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2014. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jiménez, M. M. P. 2014. Uso y manejo actual de las plantas medicinales en el poblado Villa Benito Juárez, Macuspana, Tabasco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 363 p.
- Maldonado, M., F. 2002. Flora medicinal del estado de Tabasco. Uso, Manejo y conservación. División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT. ISOPROTAB. 1ª Edic., Gobierno del Estado de Tabasco. 106 p.
- Londoño, P., A. F. Morais de Oliveira y L. Cavalcanti. 2010. Plantas medicinales de uso femenino en la Comunidad indígena Pankararu, nordeste del Brasil, p. 16-18. *In: IV Congreso Internacional de Plantas medicinales. Palmira (Valle), Universidad Nacional de Colombia, Colombia.*
- Martín, G. J. 2001. Etnobotánica: Manual de Métodos. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 239 pp.
- Verpoorte R., Y. H. Choi and H. K. Kim. 2005. Ethnopharmacology and systems biology: a perfect holistic match. *J. Ethnopharmacol* 100:53-56.
- Velox, M. A. C. 2005. Plantas medicinales de Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, México. Tesis de licenciatura en Biología. División Académica de ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 50 p.



## PRODUCTOS AGROPECUARIOS: UNA OPORTUNIDAD DE AGRONEGOCIO EN HOTELES DE LA ZONA TURÍSTICA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO

Brianda Michell Vilorio Castillo<sup>257\*</sup>, Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>258</sup> y Ángel Homero Mora Brito<sup>257</sup>

### Resumen

Veracruz es un estado de abundancia en la producción de alimentos, con 30.7 millones de toneladas del 2012 al 2017, generando 6.7 millones de empleos, pese a ello existe un incremento del precio final de productos hasta del 86% debido al canal de intermediarios y la desarticulación comercial. Es importante vincular al sector agropecuario con la hotelería creando alianzas estratégicas y entablar nuevos nichos de mercado y la construcción de canales cortos de comercialización como oportunidad de agronegocios. El objetivo fue identificar la demanda de productos agropecuarios y el abasto local en los hoteles de la zona turística Veracruz-Boca del Río. Se delimitó la población de prestadores de servicios bajo régimen *otros servicios integrados* e inclusión de restaurantes en la zona turística. Se aplicó una encuesta a expertos del área de compras y proveedores de los hoteles, mediante muestreo aleatorio, de marzo a junio de 2019. Los resultados presentan un volumen total de compra en kg y productos, superiores a 1, 000 kilogramos de frutas (78,653.58 kg), hortalizas (107,151.33 kg), carne de bovino (22,821 kg), porcino (7,369.64 kg), pollo (13,651.69 kg), pescados (3,998.66 kg) y mariscos (2,100.06 kg), (reporte global de hoteles, del 1 de enero al 31 de mayo de 2019). Se identificaron 35 proveedores, 9 de frutas y verduras, 12 de carne de bovino y porcino, 6 de pollo y 8 de pescados y mariscos. Las condiciones de compra-venta que los hoteles valoran son: calidad del producto por encima del precio, puntualidad de entrega, abastecimiento constante,

---

<sup>257</sup> Licenciatura en Agronegocios Internacionales. FMVZ. Universidad Veracruzana, bm.castillo19@gmail.com

<sup>258</sup> Campo experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. INIFAP



crédito y factura. El porcentaje de abastecimiento local fue: frutas (40%), hortalizas (28%) carne de bovino (60%), porcino (25%), pollo (100%), pescados (53%) y mariscos (17%).

**Palabra clave:** demanda, materia prima, nicho de mercado, intermediarios, alianzas estratégicas

## Introducción

Veracruz es un estado de abundancia en la producción de alimentos, con el tercer lugar de importancia y primer lugar en más de 24 productos como cítricos, cárnicos y productos pesqueros; según SIAP (2018) su crecimiento de 2012 al 2017 representó el 17.6% con un total de 30.7 millones de toneladas, generando 6.7 millones de empleo con un PIB primario de 16.2%. A pesar de ello Chávez (2014) menciona la existencia actual de la desarticulación comercial ocasiona el incremento del precio final de las materias primas hasta el 86% a causa de intermediarios. Los dos tipos de ventas que sigue el producto es al intermediario con un porcentaje significativo de 51.5%, directo al consumidor 25.5% y otro tipo con 23% (INEGI, 2017), sin embargo, La Jornada (2016) manifiesta el no servir de nada tener un buen producto si carece de canal de comercialización, considerando que el precio del intermediario al productor es bajo y vendiéndolo con otro más alto. El principal problema de la producción es la dificultad de la comercialización debido a la demanda de productos con precios bajos 31.7%, existencia de intermediarios 22.8%, dificultad de transportación y almacenamiento 18.9%, y otros factores con 26.6% (INEGI, 2017).

Ramírez (2013) señala el sector agropecuario debe afrontar tendencias actuales de modernización gastronómicas como la mayor exigencia de los consumidores actuales, ligado a lo afirmado por Mesalles (2019) sobre la gastronomía como una tendencia en el hotelaría en el 2019; Pérez y Cisneros (s.f) reajustan el concepto de restaurante donde los establecimientos se empiezan a preocupar por la salud del consumidor, la belleza y el arte culinario. Por estas tendencias las empresas





hoteleras son un claro ejemplo de los productos centrados en la calidad (Del Toro, 2012; Artacho 2017; IPCVA, 2015; FAO, 2016) como un conjunto de características que satisfacen una necesidad dividida por propiedades organolépticas en el aprovisionamiento de la clasificación de las materias primas de importancia en el uso culinario (Fernández 2017; Isla 2016; Sánchez 2017; Sastre 2017; Torres 2013). Las características organolépticas son en apariencia, forma, frescura, olor, color, textura, madurez, entre otras e higiénicas relativa a la inocuidad de los alimentos, al no presentar peligros en la salud del consumidor (Artacho 2017; IPCVA 2015; FAO, 2016). Ramírez (2013) considera que la creación de alianzas estratégicas coincidiendo con ICCA (s.f) al añadir alternativas para adaptar los productos frescos en la hotelería, auxiliándose en este caso del estudio de la demanda. Estas alianzas son creadas al vincular a los hoteles con el sector agropecuario, atrayendo al turismo a través de platillos elaborados con ingredientes emblemáticos. El proveedor puede llegar a entablar nuevos nichos de mercado en la construcción de canales cortos de comercialización que disminuyan los altos costos de compra de las materias primas para el demandante y contribuir a disminuir el rezago en el sector agropecuario propiciando con ello fuentes de empleo.

La relación de los hoteles con los proveedores permitiría seleccionar insumos garantizando la inocuidad alimentaria, respetando la calidad de los productos, además de mejores condiciones de precio y con ello la gestión de una cadena de valor en todo el proceso de elaboración de platillos, y que al mismo tiempo el consumidor final reconozca la calidad diferenciada de los platillos mediante el conocimiento del origen de la producción, y como resultado su trazabilidad, desde el campo hasta la mesa (Contreras *et al.*, 2017). De acuerdo a la SECTUR (2016) la industria hotelera es un eslabón fundamental para el crecimiento y éxito de la actividad turística, y el turismo es de uno de los sectores de importancia en la economía de Veracruz, ocupando el sexto lugar a nivel nacional (Secretaría de Economía, 2012).

Rojas (2017) considera a la producción como agronegocio con fin de lucro, simplificando actividades realizadas en el sector primario para obtener ganancias agrícolas, ganaderas, pesqueras industriales, comerciales, logística y provisión de



ciertos servicios, donde se genera una cadena de procesos e intermediarios entre productores y consumidores incluyendo las actividades de provisión, producción, acopio, comercialización, industrialización y distribución al consumidor.

El objetivo general planteado para el trabajo de investigación fue identificar la demanda de productos agropecuarios, y conocer su abasto de manera local en los hoteles ubicados en la zona turística Veracruz Boca del Río. Los objetivos específicos son identificar los tipos de productos agropecuarios y el volumen de compra en los hoteles, identificar los proveedores actuales; las condiciones y requerimientos de compra-venta entre proveedor de productos agropecuarios y hoteles, y finalmente conocer el porcentaje de productos agropecuarios que los proveedores abastecen de manera local para satisfacer la demanda en los hoteles con otros servicios integrados ubicados en la zona turística Veracruz-Boca del Río

## **Materiales y métodos**

El área de estudio fueron los municipios de Veracruz-Boca del Río. El municipio de Veracruz colinda al norte con La Antigua y el Golfo de México, al oeste con Manlio Fabio Altamirano, al sur con Boca del Río, Medellín y Manlio Fabio Altamirano y posee una superficie de 247.9 km<sup>2</sup>. Los empleos generados durante el 2015 en el sector primario fueron por un valor de 0.7%, en el sector secundario de 18.1%, en el sector terciario de 79.9% y no especificado por 1.2%. Boca del Río colinda al Oeste con el Golfo de México y Alvarado, al sur con Alvarado y Medellín, al oeste con Medellín y Veracruz. Posee una superficie total de 37.2 km<sup>2</sup>, los empleos generados durante el 2015 en el sector primario tuvieron un valor de 0.7%, en el secundario de 20.8% y en el terciario 77.2% y no especificado de 1.4% (CEIEG, 2019).

La investigación fue descriptiva, se recolectó la información describiendo cada uno de los objetivos de manera cualitativa como los tipos de productos agropecuarios, proveedores actuales de los prestadores de servicio y condiciones de compra-venta. Posteriormente se convirtió en un estudio exploratorio al realizar una encuesta para dar a conocer de forma cuantitativa los volúmenes de compra de los tipos de



productos, porcentaje de proveedores actuales, condiciones y requerimientos de compra-venta y el porcentaje del abastecimiento de productos agropecuarios locales (Bernal, 2016).

Se planearon tres etapas de acuerdo a los objetivos específicos. La etapa 1, fue la delimitación de la población realizada por medio de la página de la SECTUR (2019), a partir de los prestadores de servicio de los establecimientos de hospedajes, definiendo la población por tres criterios: el primero ser un hotel bajo el régimen *otros servicios integrados* o servicios completos caracterizado al incluir el restaurante en el servicio de alimentos (SECTUR, 2016); el segundo tener restaurante, verificando el servicio de alimentos por una visita en página web y una lista de selección; el tercero corresponde a la ubicación en la zona turística Veracruz-Boca del Río, mediante el concepto de Pérez y Gardey (2015) por medio de la dirección del establecimiento, al mencionar a este criterio como los lugares concurridos por turistas, los cuales poseen atractivos como belleza natural, ocio, edificios históricos, oferta de eventos, entre otros.

La muestra analizada fue de 51 hoteles, 28 en Veracruz y 23 en Boca del Río, obtenida mediante la siguiente fórmula (Netques, 2019):  $n = (N) \times (Z_{y^2}) \times (p \times q) / d^2 \times (N - 1) + (Z_{a^2}) \times (P \times q)$

Donde:  $N= 51$  tamaño de la población,  $Z= 1.96$  el coeficiente de confianza,  $p= 50\%$  probabilidad de éxito,  $q=50\%$  probabilidad de fracaso,  $d= 5\%$  error máximo admisible.  $n= 46$  es el número de encuestas

En la etapa 2, la técnica utilizada fue la encuesta, aplicada del 26 de marzo al 2 de junio de 2019, aplicada a las fuentes primarias como los expertos del área de compras de los hoteles objeto de estudio. Para el caso de las fuentes secundarias empleadas son la revisión de literatura (Bernal, 2016).

Se aplicó a una muestra piloto de cuatro establecimientos al azar, para identificación del volumen total de compra por un reporte generado por cada hotel, representado la adquisición de materias primas definidas como lo más cercano al estado natural y elemento próximo a transformarse (Caballero, 2019), en un periodo del 1 de enero al 31 de mayo de 2019. Posteriormente se identificaron los proveedores actuales de los prestadores de servicio en el periodo de la aplicación de la encuesta



de cada hotel del 26 de marzo al 2 de junio de 2019, seleccionados mediante la guía básica de procedimiento de Guzmán (2014) mediante una matriz (Cuadro 1). Permitted generar cálculos, en una estructura (Baranger, 2009) matriz de datos colocando en las filas las unidades de análisis y en las columnas las variables, referenciándose de la siguiente manera: proveedores (P) enumerados del 1 al 3 pertinente a los proveedores actuales, unidades de análisis (UA) enumeradas del 1 al 8 correspondiente a la muestra de los hoteles con otros servicios integrados y variable (V) correspondiente a los proveedores actuales por tipo de producto colocando dentro de cada celda el nombre de los proveedores enumeradas de menor a mayor, siguiendo la nomenclatura acoplada por la clasificación de (Fernández 2017; Isla 2016; Sánchez 2017; Sastre 2017; Torres 2013), donde se encontraron las materias primas clasificadas por variedades de importancia en el uso culinario en la restauración hotelera: V1 frutas, V2 hortalizas, V3 carne de bovino, V4 carne de porcino, V5 carne de ave (pollo), V6 pescados y V7 mariscos. Para el llenado de la matriz, a cada variable se le colocó el número correspondiente del proveedor de la unidad de análisis, de esta manera no hubo necesidad de repetirlos obteniendo el número total.

**Cuadro 3. Matriz de datos para identificación de proveedores.**

UA	V	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V3	V3	V3	V4	V4	V4	V5	V5	V5	V6	V6	V6	V7	V7	V7
P	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						

Fuente: (Baranger, 2009).

La encuesta identificó las condiciones y requerimientos de compra-venta hotel proveedor, las características importantes al momento de la compra, condiciones de entrega del producto, lugar, horario y días de entrega, condiciones de pago (crédito o contado), días de pago, forma de pago (efectivo, transferencia, cheque o



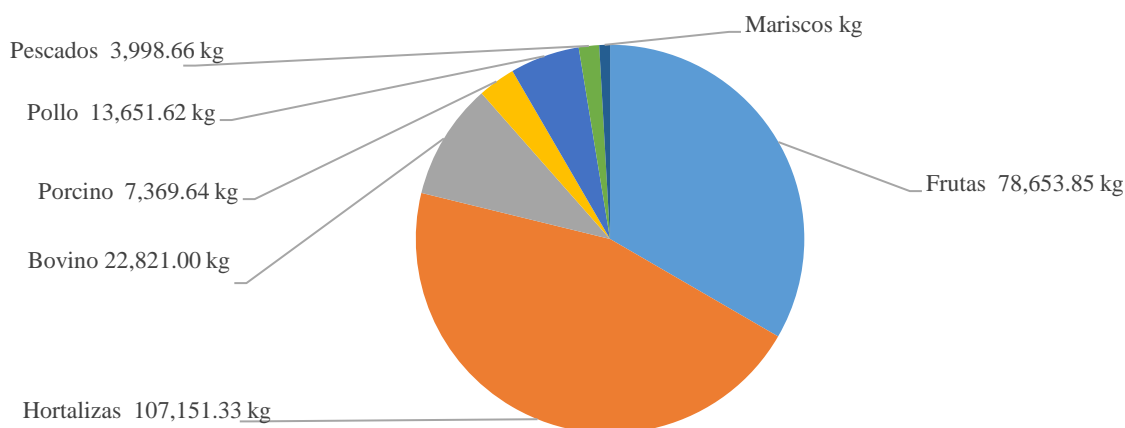


depósito). En la etapa 3, se aplicó una encuesta a los proveedores de V1 frutas, V2 hortalizas, V3 carne de bovino, V4 carne de porcino, V5 carne de pollo, V6 pescados y V7 mariscos, para conocer el porcentaje de productos abastecidos y su origen (Bazzani y Canavari, 2017), tomando en cuenta la distancia geográfica de los municipios del estado de Veracruz (INEGI, 2018), y considerando los productos de mayor, mediana y poco demandados, del volumen de compra por los hoteles. Por ello, se realizó un análisis de resultados de los datos obtenidos en la fase de campo, capturándose en hojas de cálculo Excel y analizándose con estadística descriptiva. Se realizaron gráficos de pastel para una mejor comprensión de los resultados.

## Resultados y discusión

Los resultados muestran que el 87.5 %, no conoce el origen de las materias primas, pues es información confidencial del proveedor 12.5%, no profundiza en el tema 25%, y porque el proveedor cumple con la calidad requerida del producto 62.5%.

El volumen de compra del total de los hoteles reportado del 1 enero al 31 de mayo de 2019 fue de frutas 78,653.85 kg, hortalizas 107, 151.33 kg, carne de bovino 22, 821 kg, carne de porcino 7,369.64 kg, carne de pollo 13, 651.62, pescados 3, 998.66 kg y mariscos 2,100.06 kg (Figura 1).

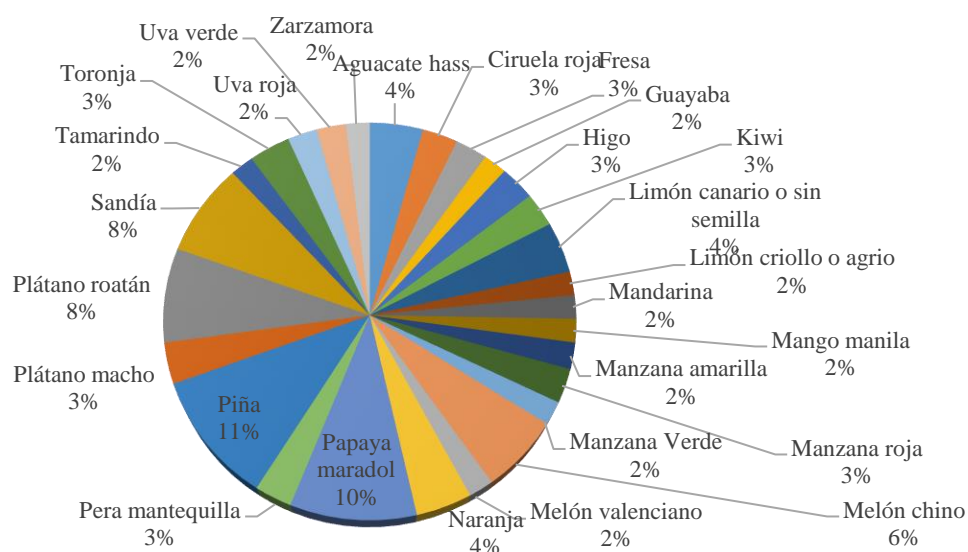


**Figura 2. Volumen de productos agropecuarios del 1 de enero al 31 de mayo de 2019.**



Los volúmenes de compra estuvieron influidos por la ocupación hotelera, el calendario oficial de suspensión de labores y el escolar. La temporada alta es durante las vacaciones de verano, invierno y semana santa; los puentes como carnaval y fines de semana largos son un apoyo y no se consideran temporada alta debido al corto tiempo, sin embargo, la temporada baja se ve reflejada en el resto de los días.

La mayor demanda por tipo de producto fueron las frutas, con un total de 63,263.85 kg, superiores a 1, 000 kg fueron la piña, papaya maradol, plátano roatán, sandía, melón chino, aguacate, naranja y limón canario (Figura 2).



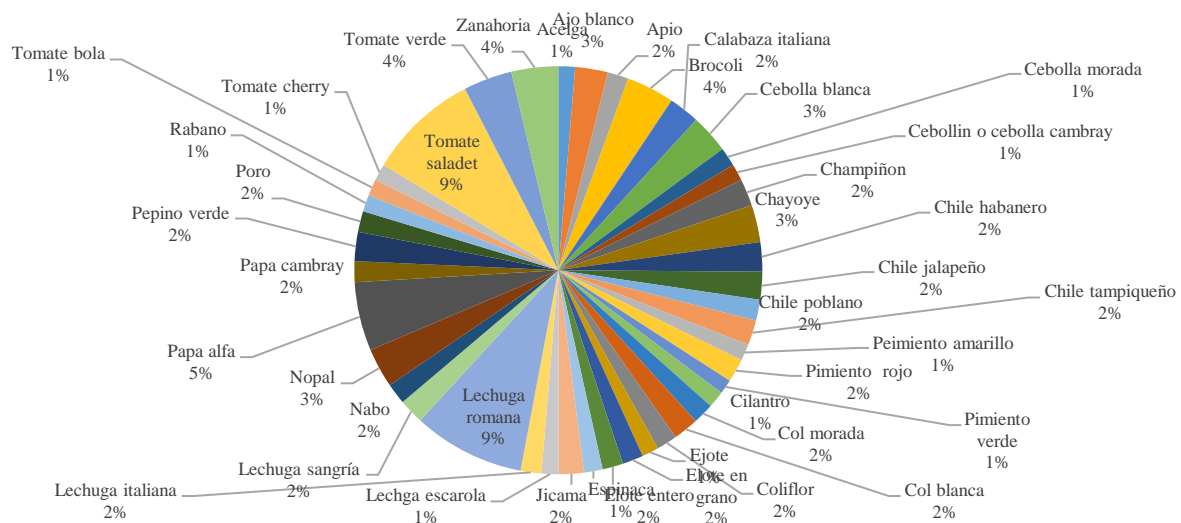
**Figura 3. Frutas de mayor demanda del 1 de enero al 31 de mayo de 2019.**

Las hortalizas de mayor demanda tuvieron un volumen de compra de 92, 409.13 kg, y superior a 1, 000 kg, fueron 42, siendo los más importantes la lechuga romana, tomate saladet, papa alfa, tomate verde, brócoli, zanahoria y cebolla blanca de la (Figura 3).

La carne de bovino de mayor demanda con un total de 11, 604.26 kg, superior a 1, 000 kg fueron: Bistec 16.34%, carne molida 15.12%, filete 13.78%, lomo 15,10%, rib eye lipon 15.86%, T-bone 13.10% y sirloin 10.71%. La carne de porcino con un total de 2, 688.83 kg, superior a 1, 000 kg fueron la costilla 55.55% y la pierna de cerdo 45.45%.



La carne de pollo mayor demandada por tipo de corte con 9, 930.20 kg, y superior a 1, 000 kg, fueron la pechuga corte mariposa de 9 onzas con 34.34%, pollo entero con 34.34%, pierna con muslo 17.17% y pechuga sin hueso 15.15%.



**Figura 4. Hortalizas de mayor demanda del 1 de enero al 31 de mayo de 2019.**

Los pescados de mayor demanda con un total de 2,669.64 kg, superior a 1, 000 kg fueron el filete basa con 57.57% y el salmón con 43.43%. En los mariscos no se encontró demanda mayor a 1, 000 kg, la cual fue de 100 a 999 kg en conjunto con un volumen de 1, 721.50 kg, en camarón cristal 30/40 con 35%, pulpo entero 19%, camarón 16/20 18%, camarón pacotilla 19% y camarón cristal 40/50 9%, y se detona la demanda por medida, siendo el camarón cristal, el de mayor importancia en su categoría.

Proveedores actuales. Los hoteles tienen de 1 a 3 proveedores por tipo de producto. Actualmente son un total de 35 proveedores de productos distribuidos en nueve de frutas y verduras con 26%, 12 de Carne de bovino y porcino con 34%, 6 de pollo con 17%, y 8 de pescados y mariscos con 23%.

Condiciones de compra-venta. Los hoteles seleccionan sus proveedores y los expertos del área de compras realizan la búsqueda, además de cotizar los bienes con tres ofertantes, buscan que la calidad de los productos sea siempre la misma, comparan el precio e identifican al que proporcione factura y crédito. También se



acuerda mantener el precio de las materias primas solo por una semana y no realizar una cotización con dos proveedores. Al momento de realizar la compra los expertos valoran la calidad de los productos, el abasto continuo, puntualidad en la entrega, y que el proveedor proporcione crédito y facturación en sus pedidos. Se encuentran parcialmente de acuerdo en solicitar precios bajos, el acomodo del producto en el momento de la recepción, atención personalizada en caso de alguna inconformidad y servicio inmediato al momento de imprevistos en la solicitud de compra por algún evento proporcionado por el hotel.

Los atributos o características importantes al momento de comprar productos agropecuarios son los siguientes: las materias primas de primera calidad (78%) y segunda calidad (22%); las propiedades sensoriales como aroma y color son las más significativas (100%), la frescura (100%) al igual que madurez siendo esta apta para el consumo inmediato en cuanto a frutas y hortalizas; es sustancial la ausencia de materiales que generen contaminación a partir de madera o periódico (100%). El tamaño en la requisición de frutas, hortalizas (100%), debiendo ser estándar y en ocasiones grande al comprar por kg o piezas, las pechugas de ave se compran en onzas de 12, 8 y 6, el pollo entero grande por kg, el pescado por kg en tamaño estándar, mariscos en kg y camarones con medida específicas 16/20, 21/25, 40/50, U12, U14 Y 30/40 y manteniendo la temperatura adecuada según el distintivo H con un 100% de importancia en productos cárnicos (bovino, porcino, ave, pescados y mariscos).

Las condiciones de entrega del producto son entrega a domicilio con horario de 9:00 am a 1:00 pm de lunes a domingo (88%), y el 13% entrega en el establecimiento del proveedor. Las condiciones de pago son 78% a crédito y 22% a contado, un establecimiento paga el 60% crédito y el 40% contado, otro el 100% a contado y 6 el 100% a crédito. El crédito es a 8 días (27%), a 15 días (36%), a 30 días (9%), 60 días (9%) y 9% paga al instante. El método de pago es 25% en efectivo, 33% transferencia bancaria, 33% cheque y 8% tarjeta de débito.

Abastecimiento de productos agropecuarios locales. El abastecimiento de productos agropecuarios actualmente se realiza por medio de los proveedores según el giro de cada empresa, donde el 93% se dedica a la compra-venta, el 7% a la





producción- comercialización y compra-venta respectivamente, nadie a la producción-comercialización. De esta manera el abastecimiento de la demanda es en frutas de Veracruz 40%, Chiapas 2%, Chihuahua 4%, Ciudad de México 10%, Colima 2%, Guanajuato 1%, Guerrero 4%, Jalisco 1%, Michoacán 4%, Nayarit 1%, Oaxaca 1%, Puebla 8%, San Luis Potosí 2% Tabasco 2% Torreón 4% y Zacatecas 2% e importadas 14%. Las hortalizas vienen de Veracruz 28%, Ciudad de México 4%, Guanajuato 0.4%, Michoacán 3%, Puebla 59%, Sinaloa 2%, Zacatecas 2% e importación 1%

La carne de bovino se provee de Veracruz 60%, Michoacán 20%, Sinaloa 20%, la carne de porcino procede de Veracruz 25%, Morelos 25% e importado 50% y la carne avícola (pollo) es 100% Veracruzana. Los pescados se suministran de Veracruz 53%, Chiapas 5%, Ciudad de México 8%, Mazatlán 3%, Nayarit 3%, Sinaloa 3%, Tabasco 3% e importación 21%, mientras los mariscos provienen de Veracruz 17%, Campeche 17%, Chiapas 1%, Ciudad de México 13%, Distrito Federal 3%, Jalisco 1%, Quintana Roo 3%, Sinaloa 10%, Sonora 7%, Tamaulipas 24%, Yucatán 1% e importación 3%. Dada la relación existente entre el abastecimiento de productos agropecuarios, los proveedores actuales son intermediarios dedicados a la compra venta, y desconocen por cuantos intermediarios pasa cada uno de los productos, siendo información confidencial. Al mismo tiempo no existe claridad del origen de los productos.

La Secretaría de Economía (2012), estudio el sector hotelero de gran turismo, los tipos de productos estudiados de mayor volumen coincide en las frutas (naranja, toronja, plátano roatán, aguacate hass, plátano macho y manzana) hortalizas (jitomate saladet, papa blanca y jícama) carne de bovino (Bistec de res) carne de porcino (costilla de cerdo) pescado (filete basa), siendo el consumo estimado a 5, 600 toneladas anuales.

En la muestra de los hoteles de Veracruz-Boca del Río el consumo de productos agropecuarios en hoteles según la Secretaria de Turismo (2018) es un indicador en el gasto turístico y no muestra un consumo promedio por cliente que indique el comportamiento satisfactorio o negativo de la investigación objeto de estudio, pues es un reporte global del periodo del 1 de enero al 31 de mayo de 2019. Existe



concordancia en los hoteles al contar con al menos dos proveedores por cada tipo de productos, ser mayoristas y no productores. Los hoteles desconocen el origen de los productos, las condiciones y requerimientos de compra son principalmente a crédito coincidiendo en el plazo de 30 días, difiriendo en 8 y 15 días.

El estudio de Flores *et al.*, 2016, coincide en cantidad de demanda y compra por los hoteles en productos como limón y naranja, prefiriendo la entrega a domicilio. Los demandantes no identifican el origen exacto de los productos y utilizan de 1 a 2 proveedores de frutas. En este estudio tienen identificados puntualidad en el servicio, atención personalizada y productos de calidad a bajos precios a diferencia con los hoteles de Veracruz-Boca del Río, en los hoteles de San Salvador la calidad es igual de significativa que el precio a diferencia de los hoteles de Veracruz-Boca del Río la calidad está por encima del precio.

## Conclusiones

1. Los comensales hacen uso de los servicios de alimentos en los hoteles estudiados pertenecientes a la zona turística Veracruz-Boca del Río demandando principalmente hortalizas, frutas, carne de bovino, pollo, pescados y mariscos. No existe la trazabilidad de productos remplazando la información por la calidad requerida a los proveedores avalada por el distinto H, ocasionando por consiguiente el no identificar al productor por la diversidad de personas y empresas dedicadas a esta actividad, por lo tanto, existe poca claridad de que estos sean los adecuados para permitirles generar ventajas competitivas y utilidades asociadas.
2. Los hoteleros requieren de proveedores que ofrezcan una amplia oferta de productos, que conozcan el mercado para ser competitivos en el abastecimiento constante, que tengan conocimiento de su origen, la calidades solicitadas, precio y crédito, para no ser desplazados del mercado, siendo necesario el saber realizar negociaciones con la contraparte, de esta manera identificar y posteriormente



implementar el comercio justo en las condiciones de compra-venta hotel-proveedor donde ambas partes sean beneficiadas.

3. Los productos agropecuarios son una oportunidad de agronegocio para la provisión de frutas, hortalizas, carne de bovino, porcino, pollo, pescados y mariscos. No se logra el abastecimiento local, recurriendo a la intermediación para proveer la demanda, incluyendo productos del mercado nacional e importado, por este motivo no existe la construcción de canales cortos de comercialización. Se sugiere a los productores conocer el mercado hotelero para entablar un canal corto de comercialización, teniendo en cuenta los volúmenes de demanda y las condiciones de entrega del producto.

### Literatura citada

- Artacho, N. M. 2017. Gestión de departamentos de servicios de alimentos, concepto de calidad. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=5635920&query=Gesti%25C3%25B3n%2Bdel%2Bdepartamento%2Bde%2Bservicios%2Bde%2Balimentos%2By%2Bbebidas>. [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Baranger, D. 2009. Matriz de datos. <https://metodologiadelainvestigacionii.files.wordpress.com/2012/08/unidad3cap2barangermatrizdatos.pdf>. [Consultado el 12 de marzo de 2019].
- Bazzani, M. y M. Canavari. 2017. Is Local a Matter of Food Miles or Food Traditions? *Italian Journal of Food Science*, 29(3): 505–517. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?nobk=y&vid=54&sid=11a1ecbf-47ae-4409-8737-a12a315022c1@pdc-v-sessmgr03>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Bernal, T. C. 2016. Proceso de investigación científica en Metodología de la investigación. Pearson (Eds.), Bogotá, Colombia. 204 p.



- Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz (CEIEG). 2019. Sistema de información municipal de Veracruz. [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Veracruz\\_2019.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Veracruz_2019.pdf). [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz (CEIEG). 2019. Sistema de información municipal de Veracruz. [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Boca-del-R%C3%ADo\\_2019.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Boca-del-R%C3%ADo_2019.pdf). [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Caballero, F. 2019. Economiapedia (versión electrónica). España: Creative Commons, <https://economipedia.com/definiciones/materia-prima.html>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Chávez, H. 2014. Alimentos son hasta 630% más caros por intermediarios. El financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/alimentos-son-hasta-630-mas-caros-por-intermediarios>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Contreras, D., H. Tomé, A. Espinoza e I. Vizcarra. 2017. Turismo agroalimentario una perspectiva recreativa de los alimentos emblemáticos desde la geografía del gusto. *Estudios y perspectivas en turismo*, 26 (3): 549-562.
- Del Toro, S. M. 2012. La estética como atributo de la calidad en el hotelaría. *Gestiopolis*. <https://www.gestiopolis.com/estetica-como-atributo-calidad-hoteleria/> [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Food Agricultural Organization (FAO). 2016. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Recuperado de. [https://archive.org/details/bub\\_gb\\_xflzTXxRGMgC](https://archive.org/details/bub_gb_xflzTXxRGMgC).
- Fernández, D. M. A. 2017. Aprovechamiento en restauración. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=5635905&query=Aprovechamiento+de+materias+primas+en+cocina+AND+Miguel+Angel+Fernandez>. [Consultado el 25 de abril de 2019].





- Flores, J., J. Castillo y D. Ramírez. 2016. Estrategias de comercialización para vincular la oferta de productos frutícolas del municipio de Santa María Ostuma, departamento de la Paz, con la demanda de hoteles y restaurantes del área metropolitana de San Salvador. Tesis de licenciatura. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9403/1/Tesis%20Ene%202016.pdf>. [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Guzmán, A. F. 2014. Álgebra lineal. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=3227269&query=Matriz+de+datos+AND+%C3%A1lg+ebra+matricial>.
- ICCA. (s.f.). Estudio de demanda de productos agropecuarios. <http://repiica.iica.int/docs/B4161e/B4161e.pdf>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2013. Conociendo a Veracruz Ignacio de la Llave. [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/VERACRUZ.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/VERACRUZ.pdf). [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Isla, D. S. 2016. Gestión gastronómica en alojamientos ubicados en entornos rurales y/o naturales. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=5635923&query=Aprovisionamiento+de+materias+primas+en+cocina>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2017. Encuesta nacional agropecuaria. [http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017\\_pres.pdf](http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2018. Municipios de Veracruz. <https://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-veracruz/municipios-veracruz.html>.
- IPCVA. 2014. Calidad de la carne. Recuperado de <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=124>.
- Netques. 2019. Tamaño de la muestra online. <https://www.netquest.com/es/gracias-calculadora-muestra>.



- La Jornada. 2016. El coyotaje hace perder ganancias de 80%: CNPR. Recuperado de [http://www.jornadaveracruz.com.mx/Post.aspx?id=160902\\_092537\\_296&fbclid=IwAR01FmTPzmU6onHOWAvZEmbplV5ChCZiqH3cgmP6anDh4OAsACiO2BoKiuw](http://www.jornadaveracruz.com.mx/Post.aspx?id=160902_092537_296&fbclid=IwAR01FmTPzmU6onHOWAvZEmbplV5ChCZiqH3cgmP6anDh4OAsACiO2BoKiuw). [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Mesalles, N. 2019. Ocho tendencias en el hotelería para el 2019. <https://www.apetitoenlinea.com/8-tendencias-en-hoteleria-para-el-2019/>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Pérez, P. J. y M. Gardey. 2015. Definición de zona turística. <https://definicion.de/zona-turistica/>.
- Pérez, S. M. y W. D. Cisneros M. (s.f.). El lado cultural del patrimonio gastronómico mexicano. Culinaria. [http://web.uaemex.mx/Culinaria/tres\\_ne/articulo\\_06.pdf](http://web.uaemex.mx/Culinaria/tres_ne/articulo_06.pdf). [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Ramírez, H. E. 2013. Modernización del mercadeo agropecuario y de recursos naturales. <https://www.gestiopolis.com/modernizacion-delmercadeo-agropecuario-y-de-recursos-naturales/>. [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Sánchez, L. A. 2017. Aprovechamiento de materias primas en cocina. Uf0054 (2a. ed.). <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=5350020&query=Aprovechamiento+de+materias+primas+en+cocina>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Sastre, M. M. 2017. Aprovechamiento de materias primas en cocina: Uf0054. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouvsp/reader.action?docID=5213979&query=Aprovechamiento+de+materias+primas+en+cocina>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].
- Secretaría de Economía (SE). 2012. Economía de Veracruz en México: Secretaria de Economía. Recuperado de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/delegaciones-de-la-se/estatales/veracruz>. [Consultado el 25 de abril de 2019].
- Secretaría de Turismo (SECTUR). 2014. Programa manejo higiénico de los alimentos, distintivo “H”.



<http://www.calidad.sectur.gob.mx/distintivoh/2014/10/17/programa-manejo-higienico-de-losalimentos-distintivo-h/>. [Consultado el 25 de abril de 2019].

Secretaría de Turismo (SECTUR). 2016. Industria hotelera fundamental para el éxito de la actividad turística en México: EMC. <https://www.gob.mx/sectur/prensa/industria-hotelera-fundamental-para-el-exito-de-la-actividad-turistica-en-mexico-emc?idiom=es>. [Consultado el 6 de marzo de 2019].

Secretaría de Turismo (SECTUR). 2018. Guía práctica para la construcción de indicadores turísticos regionales en México. [http://www.datatur.sectur.gob.mx/Documentos%20compartidos/INDICADOR\\_RES\\_TURISTICOS\\_REGIONALES\\_2018.pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/Documentos%20compartidos/INDICADOR_RES_TURISTICOS_REGIONALES_2018.pdf). [Consultado el 6 de marzo de 2019].

Secretaría de Turismo (SECTUR). 2019. Certificación Turística. <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CertificacionTuristica.aspx>.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). 2018. Atlas agroalimentario 2018. México D. F. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018). [Consultado el 6 de marzo de 2019].

Torres, E. R. 2013. Importancia de la gastronomía prehispánica en México actual. *Culinaria* 6(2):23-36. [http://web.uaemex.mx/Culinaria/seis\\_ne/PDF%20finales%206/importancia%20ook.pdf](http://web.uaemex.mx/Culinaria/seis_ne/PDF%20finales%206/importancia%20ook.pdf). [Consultado el 6 de marzo de 2019].



## SISTEMA AGROALIMENTARIO LOCALIZADO Y POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA AGROINDUSTRIA RURAL EN MÉXICO

Marcelo Bautista Tolentino<sup>259\*</sup>, Pablo Díaz Rivera<sup>259</sup>, Ponciano Pérez Hernández<sup>259</sup>, María del Carmen Álvarez Ávila<sup>259</sup> y Alberto Asiain Hoyos<sup>259</sup>

### Resumen

La agroindustria rural (AIR) permite dar valor agregado a la producción campesina mediante la poscosecha, almacenamiento, conservación, transformación, empaque, transporte y comercialización de productos tradicionales. El objetivo del presente trabajo es relacionar el enfoque sistema agroalimentario localizado (SIAL) y las políticas públicas en materia de la agroindustria rural en México. Se analizó la influencia de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y de instituciones como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional y la Organización Mundial del Comercio, como políticas internacionales en la planificación del desarrollo de la AIR en México, siendo los primeros positivos, y los segundos negativos. La AIR en México, es poco mencionada en la planificación nacional, altamente considerada en la planificación del estado de Hidalgo y moderadamente incluida en la planificación municipal. Con base a lo anterior, el enfoque SIAL representa una alternativa viable para la planificación de políticas públicas en las AIR, al considerar como elemento central de trabajo al territorio y a la activación de recursos específicos mediante la coordinación de actores sociales.

**Palabras clave:** queso de aro, plan de desarrollo nacional, estatal y municipal

---

<sup>259</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, [tolentino\\_hgo@yahoo.com.mx](mailto:tolentino_hgo@yahoo.com.mx)





## Introducción

En la década de 1980 surgieron en América Latina diferentes políticas de apoyo al desarrollo de la agroindustria rural (AIR) con el objetivo de combatir la pobreza en las zonas rurales (Boucher y Poméon, 2010; Larroa, 2018). Sin embargo, en el contexto de globalización y liberalización comercial, la AIR se enfrenta a desafíos como los cambios rápidos en los circuitos de distribución, mayor competencia con los productos industriales nacionales e importados, y nuevas exigencias por parte de los consumidores (Boucher y Poméon, 2010).

En ciertos territorios de América Latina se detectó el potencial competitivo de concentraciones geográficas de AIR, lo cual contribuyó a considerar la importancia de los vínculos que hay entre la AIR y el territorio, en los procesos de desarrollo local (Muchnik, 2006). Estas características de anclaje territorial y concentración geográfica de la actividad económica se examinan bajo un nuevo enfoque de reflexión llamado sistema agroalimentario localizado (SIAL), el cual surgió a finales de los años noventa como un nuevo modelo de organización localizada. El objetivo de este trabajo es relacionar el enfoque SIAL y las políticas públicas en materia de la agroindustria rural en México.

## Materiales y métodos

Para la elaboración del presente trabajo se analizaron documentos sobre política pública y los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016-2022, el Plan Municipal de Desarrollo de San Felipe Orizatlán 2016-2020. La información de los documentos se relacionó con el tema de investigación “El queso de aro de la Huasteca desde el enfoque sistema agroalimentario localizado (SIAL).



## Resultados y discusión

### Políticas internacionales y objetivos de desarrollo sostenible

De los 17 objetivos de desarrollo sostenible mejor conocidos como ODS, se identificó que el ODS2 es el que más se relaciona con la agroindustria rural, ya que, el objetivo *hambre cero* tiene que ver con la inseguridad alimentaria y mal nutrición, aspecto en el que la AIR queso de aro tiene mucho que aportar. El queso de aro es un alimento elaborado en las áreas rurales (espacios en los cuales vive 80% de las personas que padecen hambre y los pobres del mundo, FAO, 2015), el cual contiene nutrientes que pueden contribuir a erradicar la malnutrición en estas zonas, además de promover la agricultura sostenible, ya que a diferencia de los quesos industriales, es elaborado con ingredientes “naturales” como la leche entera, el abomaso de bovinos (cuajo) y sal molida, y el suero es utilizado para la alimentación de cerdos, y no se tira al drenaje como sucede en las grandes agroindustrias.

El ODS5 “Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas”, se relaciona con el proyecto de investigación. Aún no se tienen datos de la Huasteca sobre la proporción de mujeres que dedican a transformar la leche de vaca en queso, sin embargo, se podría suponer a grandes rasgos que son ellas las que se dedican a elaborar el queso de aro. A pesar de ello, su trabajo es invisible ante sus familias y los gobiernos, prevaleciendo la diferencia de género (FAO, 2015). Es importante mencionar que los ODS son de carácter sistémico e indivisible, por lo tanto, la investigación se relaciona con otros ODS: 1 fin de la pobreza; 3 salud y bienestar; 8 trabajo decente y crecimiento económico; 12 producción y consumos responsables, y objetivo 13 acción por el clima.

### Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional y Organización Mundial del Comercio

De acuerdo con Sparr (2006) el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional y la Organización Mundial de Comercio desempeñan papeles importantes en la configuración de las condiciones comerciales y de inversión sobre los países en desarrollo, así como de las políticas comerciales y de inversión que estos adoptan. A



través de evaluaciones macroeconómicas y sectoriales, asistencia técnica y préstamos para proyectos y políticas, promueven la liberalización del comercio y la inversión.

A principios de 1990 se aplicaron en América Latina programas de ajuste estructural, que buscaban estabilizar las economías promoviendo el libre mercado para una eficiente asignación de recursos. Un elemento principal de estos programas consistió en la apertura de las economías, liberando los mercados internos, reduciendo tarifas aduaneras, eliminando obstáculos no tarifarios a las importaciones y firmando acuerdos comerciales, dos décadas después, los resultados obtenidos son divergentes: los análisis macroeconómicos muestran impactos positivos a nivel agregado pero se constata también que la distribución de las ganancias no ha sido equitativa para todos los actores, dejando algunos perdedores en el proceso (Salas *et al.*, 2006). Actualmente, el Estado trata de no involucrarse en el mercado, lo cual le impide introducir mecanismos que contribuyan a reducir las desigualdades en los ingresos. A ello, se suman los efectos de la privatización y la reducción del gasto público en servicios como la educación, salud y los programas alimentarios, entre otros.

Esta dualidad se refleja en el sector agrícola, en el cual la mayoría de los pequeños productores son parte de los perdedores que enfrentan un aumento de las importaciones de alimentos, y la disminución del consumo de productos tradicionales, por un creciente desprecio hacia ellos, por parte de los habitantes de las zonas urbanas. Esta situación es más notoria en un contexto de globalización, pero en América Latina, puede deberse también a la ausencia de políticas agrícolas y rurales coherentes con la realidad de los pequeños productores, a sus débiles capacidades y a la ausencia de integración a los mercados locales (tanto en bienes finales como en productos intermedios).

Salas *et al.*, (2006) señalan que hace más de 13 años ilustraban muy bien los efectos que empezaban a tener políticas internacionales adversas al sector agrícola rural. En el caso del queso de aro, este tipo de apertura comercial ha afectado su producción y consumo, ya que el precio de los insumos agrícolas se ha incrementado, existe cambios en los patrones de consumo en la población y se han



propagado los alimentos industrializados. Sin embargo, en un entorno marcado por la globalización y la presión de la competencia externa, los SIAL como las AIR de queso de aro pueden diversificar, mejorar y aumentar el control de calidad de su producción. Esta situación es posible gracias a la existencia de ventajas producidas por acciones colectivas de los actores del sistema, y activos específicos propios del SIAL, tales como el origen de los productos y las tradiciones.

### **Políticas nacionales**

En México el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, se relaciona con la agroindustria rural queso de aro en el eje 3 Desarrollo Económico, objetivo 3.8 el cual trata de desarrollar de manera sostenible e incluyente el sector agropecuario en los territorios rurales. México tiene el potencial para producir los alimentos y materias primas para su desarrollo económico, así como para el bienestar de los mexicanos. La riqueza natural del país incluye 81.7 millones de hectáreas de agostaderos de uso y potencial ganadero. El 81.3% de las unidades económicas rurales producen para autoconsumo o se dedican a la agricultura de baja productividad con limitada vinculación al mercado. En este sentido, se ha favorecido en mayor medida a los sectores competitivos y a los productores de gran escala, por ello el país se ha convertido en el segundo importador de leche en el mundo.

Las políticas de desarrollo para el campo no han considerado las marcadas diferencias de territorios y sus vocaciones productivas, ni la inclusión de las mujeres en procesos y formas productivas. La falta de apoyos para los pequeños productores pecuarios ha resultado en una industria extractiva, abandono de tierras, monocultivos, despoblamiento del hato ganadero, bajos niveles de producción y deterioro de la calidad de vida de la población rural.

El sistema de operación de programas agropecuarios es poco transparente, lo que facilita la proliferación de una red de servicios de intermediación y corrupción que favorece a gestores y organizaciones rurales que impiden que los beneficios permeen en su totalidad a los productores. El aumento creciente en la demanda de alimentos se refleja en una mayor presión sobre los recursos naturales. Asimismo, las malas prácticas en el sector inciden en la degradación del patrimonio natural de





la agricultura. El potencial productivo del sector también se ha visto afectado por el cambio climático mediante sequías e incendios extraordinarios.

La problemática del campo reclama un nuevo modelo de desarrollo y políticas que incrementen la productividad agropecuaria y pesquera con base en criterios de sostenibilidad e inclusión para contribuir a garantizar la seguridad alimentaria nacional y el bienestar de los habitantes. Para lograrlo se plantea incrementar la producción de forma sostenible e integrar las cadenas de valor agropecuarias; apoyar la capitalización productiva en insumos, infraestructura y equipamiento; y proporcionar atención prioritaria a pequeños y medianos productores, con mayor énfasis en las mujeres.

Se implementarán políticas regionales para lograr un desarrollo equilibrado de zonas y territorios agropecuarios, considerando las diferencias en potencial agropecuario y requerimientos de impulso a la producción, empleo e ingresos. Esto permitirá aumentar la base de productores capaces de atender la demanda local. Finalmente, se fomentará el uso sostenible de los recursos naturales, suelos y agua, y se considerarán los efectos del cambio climático en la producción agropecuaria. Se buscará mejorar la red operativa de programas agrícolas para proporcionar atención digna y sin intermediarios a través de transferencias directas y de la eliminación de apoyos a organizaciones rurales.

Para dar seguimiento a uno de sus objetivos planteados, en el Plan Nacional de Desarrollo, el gobierno propuso aumentar el porcentaje de la producción leche respecto al consumo nacional, es decir, aumentar la participación de la producción nacional leche, en el consumo nacional aparente. Pasar del 66.7% en el 2018, al 68.3% en el 2024.

Las estrategias que plantea el gobierno mexicano para desarrollar de manera sostenible e incluyente el sector agropecuario en los territorios rurales son: incrementar de manera sostenible la producción agropecuaria, mediante apoyos para la capitalización en insumos, infraestructura y equipamiento, integrar cadenas de valor y fortalecer la sanidad e inocuidad; contribuir a la seguridad alimentaria nacional mejorando el sistema de distribución, abasto rural y el apoyo a los pequeños productores; aprovechar de manera sostenible el potencial



agroecológico a través del uso eficiente del suelo y agua y apoyar a acciones para mitigar el cambio climático. Impulsar el desarrollo equilibrado de territorios rurales e inclusión de los pequeños productores, con perspectiva de género y sin discriminación y mediante políticas regionales y diferenciadas. Así mismo brindar atención especial a las mujeres productoras rurales, con programas que permitan su desarrollo integral. Mejorar la red operativa de programas productivos agropecuarios para proporcionar una atención digna, con igualdad de género, sin corrupción, sin discriminación y sin intermediación. Promover las actividades productivas en comunidades rurales, indígenas y afromexicanas mediante el desarrollo de capacidades locales y regionales, con base en la priorización de necesidades y su visión de desarrollo, con énfasis en los sistemas agrícolas tradicionales, ejidos, cultivos básicos, agroecología, economía circular y los mercados regionales de cadena corta.

### **Políticas estatales**

A escala estatal el Plan de Desarrollo de Hidalgo 2016-2022 menciona algunos aspectos que se relacionan con la agroindustria rural queso de aro en el Eje 2. Hidalgo próspero y dinámico: el estado genera crecimiento económico en equilibrio con el desarrollo social y el medio ambiente a fin de alcanzar las condiciones para dar una mejor calidad de vida a sus habitantes, considerando para su logro atraer inversión y elevar la productividad de los sectores económicos. El gobierno estatal plantea el siguiente diagnóstico del Eje 2: conforme a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en 2015, se establece como esfera prioritaria para el logro de sus 17 objetivos a la prosperidad, y sobre esta a la aspiración a “un mundo en el que cada país disfrute de un crecimiento económico incluyente y sostenible y de trabajo decente para todos”. El estado de Hidalgo presentó en 2014 un coeficiente de 0.504 lo que lo sitúa entre las 10 entidades con mayor desigualdad en el ingreso disponible de los hogares per cápita. En 2014, 54.3% de la población de la entidad presentó un ingreso inferior al valor de la línea de bienestar y padeció al menos una carencia social, esto



lo posiciona en el octavo lugar de entidades con mayor proporción de su población en situación de pobreza.

Los siguientes son algunos sectores encontrados en el plan estatal que se relacionan al proyecto agroindustria rural queso de aro de la Huasteca. Empleo, en empleo en el sector primario se ubica el 18.5% de la población ocupada, lo que se traduce en 216, 428 personas que se desempeñan en actividades relacionadas con la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la caza y la pesca, 188, 200 son hombres y 28, 228 mujeres. El turismo, como actividad que genera ingresos económicos, en el estado de Hidalgo esta actividad representó el 1.5% del PIB. Específicamente en 2014, 2.96% del PIB de las actividades terciarias se generó gracias a la prestación de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas y, como se destacó anteriormente, en 2016, 11.22% del personal ocupado en el sector terciario hidalguense se desempeña en esta actividad. El gobierno estatal considera al turismo como palanca de desarrollo, por lo tanto, esta actividad se debe redimensionar como actividad económica socialmente responsable, que favorezca la atracción de inversiones destinadas a generar infraestructura y servicios de calidad, desarrollo local y el mercado interno. Promover la industria turística hidalguense para posicionar a Hidalgo como un estado con oferta turística diversificada y sostenible, en el ámbito local nacional e internacional, mediante campañas publicitarias en medios masivos de comunicación en convenio con el Consejo de Promoción Turística de México. Promoviendo el uso de medios digitales y redes sociales para instrumentar estrategias de mercadotecnia, con acciones vinculadas a la promoción de los diversos destinos, atractivos naturales y culturales, en coordinación con instituciones públicas, privadas, sociales y municipales. Para ello deberá organizar ferias, exposiciones y certámenes para la difusión de la oferta turística estatal.

Sin embargo, el sector más relacionado con el tema de investigación y las políticas públicas es “Campo moderno y productivo” y busca un estado próspero a través del fortalecimiento del sector primario cuya importancia radica no sólo en su aportación económica al ingreso, sino como base para el desarrollo sostenible e



igualitario por ser el medio para garantizar la seguridad alimentaria y con ello la erradicación del hambre en Hidalgo.

El estado cuenta con una extensión territorial de 20, 987 km<sup>2</sup> que representan 1.1% del territorio del país. De esta superficie, 39.1% está dedicada a lo pecuario. En 2010, la superficie pecuaria fue de 821, 079 ha, de las cuales 152, 309 eran praderas (18%), 309, 210 agostadero (38%) y 359, 560 matorrales (44%). Para el 2015, Hidalgo destacó a nivel nacional en producción de leche de bovino en lugar 10. La producción de leche de vaca fue de 417 000 750 l, con un valor de 2, 360 millones de pesos. En el ámbito de la agroindustria, para el 2015, 14% producción fue para lácteos.

En materia agropecuaria, el estado cuenta con personal técnico especializado en programas y sistemas de producción y se dispone de infraestructura de invernaderos, unidades de riego y centros de acopio con posibilidades de activarse para producir lo que demanda el mercado. En materia de producción agropecuaria, existe demanda en los mercados internacionales de productos que tienen capacidad y potencial de producirse en Hidalgo gracias a la diversidad de climas y ecosistemas. En materia agropecuaria, los principales retos son los desequilibrios regionales en los sistemas de producción, los deficientes canales de comercialización con excesivo intermediarismo y la atomización de la tenencia de la tierra con poco acceso a economías de escala debido a la baja organización entre los productores.

El crecimiento en la incidencia de desastres naturales, merma considerablemente la capacidad productiva del sector primario, reduciendo la accesibilidad a recursos de vital importancia como el agua y la tierra, que inciden también en el desarrollo de las industrias manufactureras. En este contexto, el éxito en el desempeño de las actividades económicas de los tres sectores de actividad, estar en función de la dimensión humana y ambiental, así como el desarrollo de la capacidad de innovación estatal para hacer frente a los retos del entorno.

El gobierno estatal busca fomentar un sector agroalimentario productivo, competitivo y sostenible que colabore con la seguridad alimentaria, aumentar el valor agregado de los productos con enfoque empresarial en el uso de innovaciones tecnológicas orientadas por la sinergia entre empresas, instituciones de





investigación, productores e instituciones financieras que permitan obtener productos de calidad e inocuos, y mejorar el nivel de vida de la población dedicada a la producción agropecuaria. Intenta contribuir para salvaguardar la inversión de los trabajadores del campo.; se plantea como índice meta de PIB del sector primario al 2022 de 10.2%. Atendiendo las necesidades del sector primario vinculadas al cambio climático y salvaguardar la inversión de los trabajadores del campo, con las siguientes líneas de acción: implementar el programa seguro catastrófico en productos sensibles y prioritarios y promover el seguro catastrófico entre los productores; promover el manejo sostenible de recursos empleados en la producción del sector primario y fomentar el manejo y aprovechamiento sostenible del agua y suelo; fomentar sistemas hidroagrícolas, construir obras de captación, derivación y encauzamiento de aguas en las comunidades rurales del estado e infraestructura para la captación, retención e infiltración. Promover la reconversión a la producción orgánica, y lograr que los grupos de productores sean organizaciones que desarrollen procesos y productos sostenibles con el medio ambiente, encauzar el estudio de contaminantes de origen agropecuario, para su atención interinstitucional.

Modernizar y mejorar los sistemas e infraestructura para el abasto y el comercio interior. Implementando las siguientes líneas de acción: Formular un sistema de información geográfica (SIG) de productos del sector primario hidalguense. Promover y organizar, ferias, exposiciones y certámenes para la promoción de los productos del sector primario hidalguense. Fomentar la asociación de pequeños productores en unidades de comercialización. Buscar nuevos nichos de oportunidad para la comercialización de los productos del sector primario hidalguense. Organizar a los productores para el acopio, consolidación de productos y comercialización de los mismos. Coadyuvar a los productores en el cumplimiento de la normativa de sanidad e información de normas comerciales. Apoyar a los productores con capacitación, asesoría técnica y organización, para vincularlos a los diferentes mercados. Crear mercados comunitarios con productos del sector primario. Organizar a los productores para el acopio, consolidación de productos terminados y comercialización directa y virtual de los mismos. Apoyar el desarrollo



de marcas colectivas para nuevos productos regionales y existentes. Promover el desarrollo organizacional y formalización de las figuras asociativas como elemento de competitividad en los procesos de comercialización y agroindustria.

Fomentar la modernización de sector primario a través de las siguientes líneas de acción: fomentar la modernización de procesos pecuarios. Fomentar la vinculación de las instituciones de educación superior (IES) con los productores del sector primario en materia de investigación y transferencia de tecnología en el campo; involucrar a los productores del sector primario en la definición de necesidades de transferencia tecnológica y mecanización de procesos productivos; crear centros de desarrollo tecnológico regionales para la generación de conocimiento, práctica y difusión de las actividades agropecuarias en colaboración con universidades, empresas del ramo, instituciones de investigación y productores, con una visión incluyente, abierta y expansiva.

Ampliar la cobertura del programa de extensionismo y desarrollo de capacidades de productores del sector primario y mejorar la eficiencia de la asesoría técnica, implementar modelos de innovación con los distintos segmentos de productores, respondiendo a sus necesidades, diseñar y establecer los procesos de capacitación y extensionismo acorde a las necesidades de las regiones productivas en el estado y diseñar esquemas de capacitación técnica agropecuaria hacia productores, con el acompañamiento de universidades y finalmente desarrollar un sistema de extensionismo estatal.

A través de las líneas de acción, fomentar la implementación de procesos industriales poscosecha que agreguen valor a los productos y utilizar tecnologías sostenibles de vanguardia para la selección, transformación, empaque y distribución de productos.

Como eje transversal del Plan de Desarrollo de Hidalgo, el gobierno estatal en materia de género estableció el objetivo de ampliar las capacidades de las mujeres y las niñas en todos los ámbitos del desarrollo con la finalidad de garantizar el ejercicio de sus derechos humanos e impulsar su empoderamiento, así como disminuir la violencia de género para contribuir a la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres.



## Políticas municipales

A nivel municipal el Plan Municipal de Desarrollo de San Felipe Orizatlán 2016-2020 plantea en su Eje 5 una serie de elementos relacionados a la agroindustria rural queso de aro de la Huasteca. El plan municipal busca propiciar un desarrollo equilibrado y sustentable para los habitantes del Municipio de San Felipe Orizatlán, Hgo. En el Eje 5 competitividad para el desarrollo económico sustentable, el gobierno municipal considera que el desarrollo económico es el proceso para incrementar los niveles de bienestar de la población, pues fomenta la generación de riqueza, basado en la eficiencia y productividad de las unidades económicas. En el plan municipal de San Felipe se destaca que un diagnóstico preciso de las condiciones sociales del municipio es requisito indispensable delinear un tratamiento eficaz de las políticas públicas que ataquen las causas y manifestaciones de la desigualdad y la pobreza, para generar cambios sociales profundos de largo plazo.

De acuerdo con el plan municipal de desarrollo la ganadería se encuentra dentro de los principales sectores del municipio; el gobierno municipal busca promover la inversión y el empleo, detonar los diferentes sectores económicos del municipio, poniendo énfasis en la actividad primaria impulsando el desarrollo de proyectos de inversión pecuarios y turísticos en las áreas de oportunidad del municipio ante instancias federales y estatales, y aprovechar el capital humano competitivo con capacidades para crear cadenas de valor. Consolidar la relación entre el sector productivo, las instituciones educativas, la sociedad civil organizada y los diferentes niveles de gobierno e identificar modelos productivos viables y sustentables para el desarrollo del municipio. Crear un instrumento de comunicación que vincule los sectores económicos y académicos con el gobierno para obtener estrategias de inversión con una visión común. Ofrecer espacios accesibles para atender y capacitar a los ciudadanos que buscan una oportunidad laboral y vincularlos con el sector industrial, comercial y de servicios.

Impulsar proyectos, capacitaciones, foros de inversión, exposiciones empresariales y convenios que garanticen el desarrollo de las MIPYMES en el municipio. Intensificar el apoyo a los nuevos emprendedores, ofreciendo un espacio físico,



servicios, herramientas y capacitación desde el inicio de los proyectos hasta la etapa de maduración. Organizar ferias y/o brigadas de empleo, donde participen empresas que cuentan con vacantes y reducir los costos de traslado de quienes buscan un trabajo, ofreciendo opciones a personas de la tercera edad y discapacidad. Desarrollar alternativas que les permita a las mujeres realizar actividades empresariales y obtener un ingreso adicional. Integrar a los diversos sectores de la economía municipal para establecer sinergias que permitan su fortalecimiento y articulación a las nuevas condiciones de mercado, así como su consolidación y crecimiento. Formar recursos humanos con una nueva cultura laboral y mano de obra calificada y adecuada para cubrir las necesidades de las empresas locales y con esto disminuir el desempleo.

*Desarrollo agropecuario sustentable.* La actividad agrícola en el municipio, es la base para la producción de alimentos y la forma de subsistencia de la mayor parte de los habitantes de nuestro municipio, por lo que para esta administración es importante apoyar la reactivación del campo para el beneficio de los agricultores y sus familias. Para ello el municipio cuenta con 869 ha destinadas a la cría de 20, 666 cabezas de ganado bovino de leche y carne. En este rubro el municipio propone capacitar y asesorar a productores rurales para hacerlos más competitivos. Buscar mercado para los productos que se generen en los diferentes sectores económicos. Promover un sector agropecuario productivo, renovado y organizado, con acceso a financiamientos, tecnología e infraestructura moderna, permitiéndoles desarrollar sus capacidades, con el fin de elevar el nivel y la calidad de vida.

*Vinculación permanente con las dependencias federales y estatales.* Realizar una vinculación interinstitucional para generar un desarrollo integral en el municipio. Vinculación con instituciones universitarias para contar con personal técnico que brinde asesoría a la producción pecuaria y agrícola. Destinar recursos para la capacitación especializada a productores con la finalidad de dar valor agregado a los productos agropecuarios. Promover la participación de grupos vulnerables como (mujeres, personas con capacidades diferentes, jóvenes y adultos mayores), en proyectos productivos. Capacitación a familias rurales sobre el cuidado del medio





ambiente en el ámbito rural y el correcto desarrollo económico, político y social en el mismo.

Realizar un padrón de productores que participen en los principales sistemas producto del municipio, para fortalecer, financiar y tecnificar estas actividades. Estimular y asesorar la participación de los productores rurales, en los programas de apoyo al campo que impulse el gobierno, para que estos puedan ser sujetos de subsidios y créditos. Promover cursos con temas de interés en los sectores agrícolas, acuícolas y pecuarios, que permitan a los productores minimizar pérdidas en las actividades que desarrollan. Impulsar los principales sistemas producto del municipio con la gestión de recursos y promoviendo el valor agregado, para obtener un sobrepeso en los productos agropecuarios. Organizar grupos entre los productores que les permitan manejar las economías de escala en la adquisición de insumos. Fortalecer la comercialización de productos agropecuarios evitando a los intermediarios.

**Infraestructura industrial y opciones productivas** La industria es un factor importante en el crecimiento económico, ya que genera empleos. Establecer, mantener y crear nueva infraestructura para desarrollar un crecimiento estable en el municipio; con base a proyectos, programas, y planes de trabajo que logren activar la economía y productividad del municipio y lograr abatir los rezagos sociales en nuestro municipio. Mediante las siguientes líneas de acción: gestionar y equipar de infraestructura a las comunidades (microempresas) para elevar su calidad de vida y facilitar las herramientas necesarias para lograr un desarrollo humano. Identificar proyectos viables y sustentados para el desarrollo del municipio. Tramitar recursos federales estatales y municipales para proyectos de construcción.

**Promoción y servicios turísticos.** Para la población turística, el municipio de San Felipe Orizatlán ofrece a las personas que lo visitan es indispensable probar el pan de dulce con queso hecho por artesanos panaderos que tienen en los patios de sus casas hornos de barro para la elaboración de sus productos, es un deleite para el paladar, hay personas que solo visitan desde lejos esta joya de la huasteca solo por su pan con queso, delicias gastronómicas. El municipio busca generar las condiciones para detonar una de las potencialidades del territorio que promueva



un mayor número de visitantes y por consecuencia una derrama económica importante para San Felipe Orizatlán y sus comunidades. A través de fomentar la especialización del personal, la promoción y desarrollo de productos y servicios que ofrece el municipio a los visitantes, coordinar y promover acciones estratégicas con las instituciones encargadas del desarrollo del turismo en el estado, articular políticas intersectoriales capaces de coadyuvar en la calidad de los servicios turísticos, promover apoyos a las empresas de nueva creación:

Instrumentar campañas publicitarias innovadoras y atractivas de los destinos turísticos y recreativos locales. Vincular las dependencias encargadas del desarrollo y fortalecimiento a las actividades turísticas en el estado. Crear medios de información electrónicos e impresos, que sirvan como guía completa para el visitante, abarcando lugares, historia, eventos, tradiciones, juntas auxiliares y servicios varios. Organizar y difundir eventos culturales para atraer al turismo e integrar a la ciudadanía local. Promover la imagen de un municipio atractivo, rico en cultura y tradiciones, presencia en ferias y tianguis. Impulsar el rubro artesanal, buscando estrategias para detonar esta actividad importante entre la población del municipio.

## Conclusiones

1. Los objetivos de desarrollo sostenible son considerados en los diferentes niveles de planificación en México, sin embargo, esta consideración se ha quedado en la mayoría de las ocasiones en papel. El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 aborda muy superficialmente aspectos de la agroindustria rural, en ese sentido solo menciona elementos generales. Se espera que conforme transcurran el gobierno actual se le dé importancia al tema agroindustria rural.
2. A nivel estatal se profundiza en aspectos de agroindustria rural, a través mecanismos de valor agregado a la producción primaria, la capacitación y organización de productores y transformadores, y la creación de mercados para los productos agropecuarios, además se le da importancia al turismo, actividad que se dice será fortalecida para fomentar el consumo de alimentos locales o



- regionales. Cabe agregar que a mitad de periodo del gobierno de Hidalgo, no se percibe su impacto.
3. A nivel municipal en el Plan Municipal de Desarrollo de San Felipe 2016-2020 se habla de la agroindustria, de su importancia en la generación de empleos o autoempleo, y su papel para generar desarrollo en las áreas rurales. Algunos elementos importantes son la creación de vínculos entre productores, estudiantes e instituciones de educación e investigación y la formación de recursos humanos, etc.
  4. El enfoque SIAL parte de la idea que alimentos como el queso de aro están arraigados a determinados territorios que a pesar de los contextos adversos en los que se encuentra su potencial comercial sigue en pie, no tanto porque la comercialización haya sido impulsado por algún tipo de política pública, sino más bien porque las productoras de queso y sus familias son quienes crean y recrean sus vínculos el territorio, y la gente que ha migrado a las ciudades, los cuales al consumir un alimento producido en su lugar origen refuerzan su sentido de territorialidad y sus referencias sociales.
  5. A pesar de que las agroindustrias como las que elaboran queso de aro contribuyen a la generación de ingresos, empleo y alimentos en las familias rurales, poco se consideran en los planes de desarrollo y en la implementación de políticas públicas, y estas “empresas” han sobrevivido por cuenta propia más que por la intervención gubernamental.

### Literatura citada

Boucher, F. y T. Poméon. 2010. Reflexiones en torno al enfoque SIAL: Evolución y avances desde la Agroindustria Rural (AIR) hasta los sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL). Paper prepared for the 116TH EAAE SEMINAR "Spatial Dynamics in Agri-food Systems: Implications for Sustainability and Consumer Welfare. Parma Italia. Del 27 al 30 de octubre de 2010, 13 p.



- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. <http://www.fao.org/3/a-i4997s.pdf>
- Larroa, T.R.M. 2018. Sistemas Agroalimentarios Localizados y prácticas agrícolas tradicionales. Hacia una propuesta de política pública para el desarrollo rural. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Red de Sistemas Agroalimentarios Localizados (Red Sial-México), Yod Estudio. 1ª. Edición. Ciudad de México, pp. 14-16.
- López, O.A.M. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Presidencia de la República. Estados Unidos Mexicanos. Ciudad de México, 298 p.
- Muchnik, J. 2006. Sistemas agroalimentarios localizados: evolución del concepto y diversidad de situaciones. *In*: III Congreso Internacional de la Red SIAL "Sistemas Agroalimentarios Locales" Alimentación y Territorios "ALTER 2006" Baeza, Jaen, España. Del 18 al 21 de octubre, 20 p.
- Salas, C.I., F. Boucher., D. Requier. 2006. Agroindustria rural y liberalización comercial agrícola: el rol de los sistemas agroalimentarios localizados. *Agroalimentaria*, 12 (22): 29-40.
- Sparr, P. 2006. El Banco Mundial, El Fondo Monetario Internacional y la Organización Mundial de Comercio. *Bank Information Center*. 3: 1-10.





## PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2011 - 2013. MATÍAS ROMERO AVENDAÑO, OAX. PERSPECTIVA DEL SECTOR AGROPECUARIO

Raúl Cruz Ángeles<sup>260\*</sup>, Leticia Myriam Sagarnaga Villegas<sup>261</sup>, José María Salas González<sup>261</sup>,  
Hermilo Suarez Domínguez<sup>261</sup>, Fernando Copado Bueno<sup>261</sup> y Carlos Felino Marcof Álvarez<sup>261</sup>

### Resumen

Se cumplió con lo estipulado en el artículo 26 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos al elaborar el Plan Municipal de Desarrollo 2011 – 2013, para el municipio de Matías Romero Avendaño Oaxaca en dos apartados: el Diagnóstico, con el objeto de identificar las necesidades de la ciudadanía de forma participativa y con referencia de cinco ejes estratégicos para doce áreas llamadas “Regidurías”. Y la planeación, bajo la metodología de administración por objetivos. Se determinaron 12 soluciones estratégicas, una por área operativa, con un total de 56 proyectos. El eje social y humano incluyó 33 proyectos que correspondieron al 59%. El eje económico contuvo 9, que representaron el 16% y un tercer grupo, los ejes ambiental e institucional, con 14 proyectos que equivalieron al 25% del total. El presupuesto 2011 fue de 82.98 millones de pesos con una asignación del 51.56%, 0.96% y 47.48% respectivamente para los grupos anteriores. Al área de desarrollo agropecuario, en la ley, se le incluye solo de forma teórica para la asignación de presupuesto, No constó en actas de acuerdos de Cabildo y Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable la asignación de un presupuesto significativo para el campo durante el trienio.

**Palabras clave:** Oaxaca, planeación, objetivos, proyecto, presupuesto

<sup>260</sup> Matías Romero Avendaño, Oax. C. P. 70300, \*agricultura.dc@hotmail.com

<sup>261</sup> Profesores Investigadores del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Méx.



## Introducción

El Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Matías Romero Avendaño Oaxaca, representa la plataforma de despegue para la sociedad en diferentes ejes. Se elaboró de forma participativa bajo el método de “Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos”, que integra las necesidades sentidas y no sentidas de la ciudadanía en forma de grandes propósitos, líneas estratégicas, proyectos, objetivos generales, objetivos específicos, metas y actividades. Con el propósito de proporcionar sentido a lo que se hace, construir un horizonte de posibilidades, ayudar a determinar riesgos y oportunidades, establecer secuencias lógicas de trabajo y ayudar a disminuir errores e improvisaciones. Este documento se sustentó en las diferentes leyes estatales y federales que indican las bases para su elaboración, construcción, registro, ejecución y seguimiento.

El Municipio a nivel de gobierno tiene mayor vínculo con su territorio y población, con la misión que proporcionar un rumbo claro a la sociedad, y que dé solución a los grandes problemas de las mayorías, como el abatimiento a la pobreza extrema y la generación de empleo bien remunerado para que las familias se aproximen a una vida digna.

El Municipio, debe necesariamente elaborar un Plan de Desarrollo con base en la realidad y considerando a sus habitantes, para definir su futuro al elegir entre las diferentes alternativas, ya que, si se carece de una visión no hay motivo para trabajar, para esforzarse y para vivir. Pues el desarrollo de un municipio no debe ser una aventura, sino un cálculo preciso de lo que está por ocurrir y que dé, de una vez por todas, certidumbre a sus pueblos.

## Objetivo

Elaborar el Plan Municipal de Desarrollo para el municipio de Matías Romero Avendaño, Oaxaca (trienio 2011-2013) a fin de actualizar el Diagnóstico Municipal con base en los ejes establecidos del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012.



### **Objetivos particulares**

Elaborar la planeación municipal del municipio de Matías Romero Avendaño Oax., mediante la metodología de Planificación de Proyectos Orientada por Objetivos. Realizar una perspectiva de opinión del área de desarrollo agropecuario del municipio de Matías Romero Avendaño Oax., a partir del Plan Municipal de Desarrollo.

### **Materiales y métodos**

El presente Plan de Desarrollo se construyó a partir de la información previa existente en un documento similar, el cual fue modificado y actualizado en la mayor parte del diagnóstico y en su totalidad en el plan de trabajo, con datos e información tomados de estadísticas y experiencias. Se utilizó la metodología ZOPP Planificación de Proyectos orientada a Objetivos (Ziel Orientierte Project Planung). La ZOPP puede proveer de un plan de proyecto presentado por un cuadro resumen.

La elaboración de éste documento se inició con la concertación mediante la participación social, que permitió detectar las necesidades prioritarias de la ciudadanía. En la Formulación, etapa inmediata, se diseñó textual, gráfica y ordenadamente el Plan Municipal de Desarrollo, sustentado en el marco jurídico aplicable. Se integraron la visión, misión, metas, acciones, y la proyección de los recursos financieros por ejercer.

Se validó por consenso del Municipio, por medio de asambleas comunitarias, eventos públicos, reuniones de cabildo y asambleas de Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. Posteriormente se registró ante la Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca. El escrito finalmente se envió a la Cámara de Diputados y al Periódico Oficial del Gobierno del Estado para su publicación.

Una vez publicado el Plan, se inicia su ejecución, que consistió en la realización de las obras, proyectos y acciones contenidas en el Plan Municipal de Desarrollo, considerando para ello los ingresos propios, asignaciones, participaciones



económicas estatales y federales. Finalmente, el seguimiento y evaluación, etapas que incluyeron la medición de los indicadores cuantitativos y metas del Plan Municipal de Desarrollo en tiempos previamente estimados.

## **Resultados y discusión**

### **Diagnóstico y planeación**

El diagnóstico condujo a una determinada problemática para cada regiduría del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño Oaxaca, agrupadas en ejes como se muestra a continuación.

#### **Eje ambiental**

La problemática para la Regiduría de Ecología es la alta contaminación del suelo, agua, aire; la baja disponibilidad de áreas verdes se ha incrementado por la falta de atención, prevención y la presencia de deforestación.

#### **Eje social y humano**

En relación a Obras públicas, la población carece de infraestructura social básica y con frecuencia no cubre sus necesidades elementales de servicios. El suministro de agua potable es de mala calidad principalmente en la cabecera. Existen comunidades con insuficiente suministro de energía eléctrica y caminos de terracería en mal estado. Otras agencias necesitan puentes y la mayoría demanda pavimentación de calles.

En el área de Desarrollo integral de la familia (DIF) se detectó un alto índice de familias y personas en estado de vulnerabilidad e indefensión, tales como: madres solteras, familias en extrema pobreza, adultos mayores, menores indefensos, discapacitados e indigentes. Lo anterior se relaciona con el tema de Salud, en el que la población rural, principalmente, se encuentra en estado de vulnerabilidad al carecer de atención médica continua, abastecimiento de medicamentos y de referencia oportuna a unidades especializadas para el seguimiento de ciertas





patologías. Hay presencia de altos índices mortalidad de niños, mortalidad de adultos y desnutrición. La Educación para niños y jóvenes en el municipio es de baja calidad e insuficiente. En la cultura, no se logra mantener al 100% de los interesados en desarrollar una actividad artística en la institución, evidenciándose la necesidad de plantear un programa de dotación de instrumentos musicales, herramientas y materiales para cada taller, que permita ofrecer un nivel óptimo de aprendizaje. Existen mínimas expectativas de desarrollo artístico, aprendizaje discontinuo y poca asistencia a los eventos culturales. En Asuntos indígenas las comunidades indígenas se encuentran en estado de vulnerabilidad y pobreza extrema con carencias de alimentos, vestido, salud, educación y documentación oficial; requiriendo de apoyos para mejorar su calidad de vida. Respecto a Deportes y recreación la población del municipio presenta un alto índice de enfermedades degenerativas como la obesidad y diabetes, por consiguiente, un deficiente desarrollo físico y mental.

#### Eje Económico

Para la Sindicatura Hacendaria, el principal problema es la escasez de fuentes de empleo por la mínima industria presente en la zona, existe un incremento rápido y desordenado del comercio informal local, el espacio es insuficiente en el mercado y existe baja competitividad. La certeza laboral no es común, el financiamiento para las pequeñas y medianas empresas suele ser poco accesible y de alto costo. En cuanto a Desarrollo agropecuario, existen mínimas oportunidades de empleo reales para las familias del sector rural, debido a que los agricultores obtienen mínimos beneficios de la actividad agropecuaria, acuícola y forestal, con indicadores bajos: baja producción por m<sup>2</sup>, baja producción por familia, pocos productos por finca, baja relación beneficio costo, baja generación de empleo y uso irracional de recursos naturales.

#### Eje institucional

Para las áreas de tenencia de la tierra, seguridad pública y Normas, se encontraron límites territoriales en conflicto entre los municipios de Matías Romero Avendaño y Santa María Petapa con falta de regularización en la tenencia de la tierra. Existe inseguridad en la ciudad y agencias municipales del municipio, debido a la falta de



capacitación, equipo y armamento a los elementos de la corporación policiaca. Las acciones y actividades no están previstas en la normativa y se ve afectada la esfera jurídica de los gobernados.

El presupuesto del primer año del trienio 2011 – 2013, fue de 82.98 millones de pesos, situación que se repitió de forma análoga en los dos años siguientes y que muestra claramente la asignación de recursos para los diferentes ejes (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Derrama presupuestal (\$) federal e ingresos propios que recibe el municipio de Matías Romero Avendaño Oaxaca para el año 2011 y comparativamente con el ejercicio 2008.**

Total de asignación municipal 2008 (histórico) 1/	72,208,000.00
Total de asignación municipal 2011	77,874,416.00
1/ Fuente: INEGI 2010	
Ingresos brutos 2011	82,986,887.38
Ingresos propios 2011	5,112,471.38
Asignación ramo 28 2011 2/	27,824,754.00
Asignación ramo 33 2011 2/	50,049,662.00
Techo financiero ramo 33-F3 2011	32,465,063.00
2% de programa de desarrollo institucional municipal	649,301.26
3% de gastos indirectos de obra	973,951.89
Asignación para mezcla de programas federales	6,351,809.85
CDI	2,365,421.40
Sedesol	2,500,000.00
Mercado 12 de octubre, rastro, panteón municipal e implementación de un relleno sanitario. 3/	1,486,388.45
Asignación a comunidades y colonias	24,490,000.00
Techo financiero ramo 33 F4 2011	17,584,599.00
2/ Fuente: periódico oficial del estado de Oaxaca, de fecha 26 y 29 de enero del 2011 respectivamente.	
3/ Para la implementación de estas obras se requerirá de la mezcla de recursos estatales y/o federales.	
Presupuesto estimado por eje	82,986,887.38
Ambiental	5,995,000.00
Humano	13,825,087.38
Social	28,961,600.00
Económico	795,000.00
Institucional	33,410,200.00

Los resultados de la planeación se presentaron en un total de diez cuadros para cada una de las doce áreas, también llamadas Regidurías. En los que se sintetiza la



problemática y soluciones. Se presentan las metas y los objetivos de los proyectos a desarrollar. Se muestra en este artículo la planeación completa de la regiduría de Desarrollo Agropecuario (Cuadros del 2 al 11).

**Cuadro 2. Árbol de Problemas de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.**

Causas	Problema	Efectos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los agricultores cuentan con mínimo poder de decisión y acción a nivel local, regional y estatal.</li> </ul>	<p>Mínimas oportunidades de empleo reales para las familias del sector rural del municipio de Matías Romero A. Oax. Debido a que los agricultores obtienen mínimos beneficios de su actividad agropecuaria, acuícola y forestal, con indicadores bajos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se les dificulta lograr sus objetivos.</li> <li>Su opinión no es escuchada.</li> <li>Es frecuente encontrar productores desmotivados en su tarea.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los agricultores, de forma individual, compran a precios altos sus insumos hasta en un 20% más del precio justo.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Adquieren insumos caros con alto valor agregado.</li> <li>Alto valor monetario en el costo de producción de la actividad agropecuaria</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe subutilización y deterioro de los recursos naturales. Los agricultores usan técnicas poco eficientes.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Baja producción por m<sup>2</sup>.</li> <li>Baja producción por familia</li> <li>Pocos productos por finca.</li> <li>Baja relación beneficio costo.</li> <li>Baja generación de empleo.</li> <li>Uso irracional de recursos naturales.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtiene baja productividad.</li> <li>Estancamiento tecnológico.</li> <li>Las fincas cuentan con poca agua corriente disponible, de arroyos y ríos para las actividades agropecuarias y consumo humano.</li> <li>Existen suelos erosionados y de baja fertilidad en las fincas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los agricultores, de forma individual, obtienen bajos precios por la venta de sus productos hasta un 50% menor.</li> </ul>	<p>El número de habitantes del municipio perteneciente a la población económicamente activa que busca trabajo asciende a 3000 personas aproximadamente, en el municipio de Matías Romero Avendaño, Oax.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Venden productos baratos con poco valor agregado.</li> <li>Bajo valor monetario de beneficio.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>La infraestructura en el sector rural es deficiente para producir, transportar, industrializar, comercializar y controlar enfermedades zoonóticas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtiene baja productividad.</li> <li>El acceso y transporte de personas, insumos y productos de las fincas es de alto costo por falta, o mala calidad de caminos.</li> <li>Pérdida de oportunidad.</li> <li>Las actividades agropecuarias se practican en instalaciones rústicas.</li> </ul>



**Cuadro 3. Árbol de Soluciones de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario.  
Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero  
Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.**

Conjunto de soluciones	Solución estratégica	Condición positiva a futuro
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar poder de decisión y acción en los agricultores del municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. A nivel local, regional y estatal, que fortalezca los resultados de sus actividades.</li> </ul>	<p>Generar oportunidades de empleo reales para las familias del sector rural del municipio de Matías Romero Avendaño Oax. A partir de que los agricultores obtengan beneficios justos de su actividad, con indicadores aceptables y de forma sostenible, al mejorar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción por m<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se les facilita lograr sus objetivos.</li> <li>• Su opinión es escuchada.</li> <li>• Los productores están motivados en su tarea.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De forma organizada, lograr que los agricultores compren a precios justos sus insumos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción por familia</li> <li>• Varios productos por finca.</li> <li>• La relación beneficio costo.</li> <li>• La generación de empleo.</li> <li>• Y el cuidado de los recursos naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquieren insumos baratos con mínimo valor agregado.</li> <li>• Disminuyen los costos de producción de la actividad agropecuaria.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el uso y cuidado de los recursos naturales en las fincas de los agricultores, por medio de coadyuvar al uso de tecnologías disponibles, sencillas, baratas, eficientes y perdurables.</li> </ul>	<p>Preferentemente la población de las agencias y colonias con alto grado de marginación, obtienen empleo por la generación de oportunidades en la actividad agropecuaria, acuícola y forestal en el municipio de Matías Romero Avendaño. Oax.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor productividad.</li> <li>• Desarrollo tecnológico en el campo.</li> <li>• Las fincas disponen de agua corriente de arroyos y ríos para las actividades agropecuarias y consumo humano.</li> <li>• Los suelos se recuperan, disminuye su erosión y mejora la fertilidad de los mismos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En organización, lograr precios justos en la venta de los productos de los agricultores.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Venden productos con valor agregado y a mejor precio.</li> <li>• De forma organizada.</li> <li>• Mejora el ingreso familiar.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la infraestructura en el sector rural para producir, transportar, industrializar, comercializar y controlar enfermedades zoonóticas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la productividad y sanidad.</li> <li>• El acceso y transporte de personas, insumos y productos a las fincas es eficiente y rápido.</li> <li>• Mejora la oportunidad.</li> <li>• Las actividades agropecuarias se practican en instalaciones apropiadas.</li> </ul>





**Cuadro 4. Matriz de Soluciones Estratégicas de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.**

Solución estratégica	¿Resuelve problemas? ¿Cuáles?	¿Los recursos están bajo nuestro control?	¿Hay acuerdo en realizarla? ¿Quiénes?	¿En cuánto tiempo se logrará? [años]	¿Riesgos o peligros al hacerlo?	¿Riesgos o peligros de no hacerlo?	¿Quién se beneficia?
	Si. En el sector agropecuario. Desarrollar poder de decisión y acción en los agricultores a nivel regional y estatal.	Parcialmente	No todos		Si existen	Si existen	La comunidad rural del municipio. Preferentemente las comunidades con mayor grado de marginación.
Generar oportunidades de empleo reales para las familias del sector rural del municipio, partir de los agricultores obtengan beneficios justos de actividad, indicadores aceptables de sostenible.	De forma organizada, lograr que los agricultores comprendan los precios justos de sus insumos. Mejorar el uso y cuidado de los recursos naturales, con el uso de tecnologías disponibles, sencillas, baratas y durables. Organizados, lograr precios justos en la venta de productos de agricultores.	SAGARPA +++ Municipio ++ Productor +	Condición Acepta Acepta	2 años	Afectar intereses creados	El productor podrá ser escuchado	
		SAGARPA +++ Municipio ++ Productor +	Condición Acepta Acepta	3 años	Afectar intereses creados	Costos altos en la actividad	
		SAGARPA +++ FINANCIERA ++ FIRA ++ ICAPET Municipio ++ Productor +	Condición Acepta Condición Acepta Acepta Acepta Acepta	3 años	Poca participación del productor	Sub utilización y deterioro de recursos naturales.	
		SAGARPA +++ Municipio ++ Productor +	Condición Acepta Acepta	3 años	Afectar intereses creados	Beneficios nulos o mínimos.	
	Mejorar la infraestructura en el sector rural para producir, transportar, industrializar, comercializar y controlar enfermedades zoonóticas.	SAGARPA +++ SEDESOL ++ SEMARNAT, PA + Municipio ++ Productor +	Acepta Acepta Acepta Acepta	3 años	Corrupción y/o abusos	Estancamiento tecnológico.	



**Cuadro 5. Matriz de Líneas Estratégicas de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.**

Solución estratégica o proyecto estratégico	Objetivo general	Objetivos específicos (proyectos)	Metas
<p>Generar oportunidades de un empleo reales para las familias del sector rural en el nivel y del municipio de Matías Romero Avendaño Oax. A partir de que los agricultores obtengan beneficios justos de su actividad, con indicadores aceptables y de forma sostenible.</p>	<p>Garantizar de un incremento de calidad de vida de los productores rurales y sus familias. Con atención apta a los que menos tienen.</p>	<p>1. Organización: desarrollar poder de decisión y acción en los agricultores del municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. A nivel local, regional y estatal, que fortalezca los resultados de sus actividades.</p> <p>2. Fomento: de forma organizada, lograr que los agricultores compren a precios justos sus insumos.</p> <p>3. Capacitación: mejorar el uso y cuidado de los recursos naturales, por medio de coadyuvar al uso de tecnologías disponibles, sencillas, baratas, eficientes y perdurables.</p> <p>4. Fomento: en organización, lograr precios justos en la venta de los productos de los agricultores.</p> <p>5. Infraestructura: mejorar la infraestructura en el sector rural para producir, transportar, industrializar, comercializar y controlar enfermedades zoonóticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promocionar figuras jurídicas.</li> <li>• Formalizar figura jurídica.</li> <li>• Capacitar en organización y admón.</li> <li>• Creación de fondo económico.</li> <li>• Organizar productores.</li> <li>• Elaborar proyecto de inversión.</li> <li>• Capacitar en admón.</li> <li>• Contactar proveedores.</li> <li>• Desarrollar puntos de venta.</li> <li>• Ejecutar la compra.</li> <li>• Organizar productores.</li> <li>• Detectar necesidades de capacitación y adiestramiento.</li> <li>• Realizar cursos de capacitación.</li> <li>• Crear parcelas demostrativas.</li> <li>• Realizar viajes de observación.</li> <li>• Organizar a productores.</li> <li>• Elaborar proyecto de inversión.</li> <li>• Capacitar en mercado justo.</li> <li>• Detectar mercados potenciales.</li> <li>• Desarrollar puntos de venta.</li> <li>• Ejecutar la venta.</li> <li>• Organizar a productores.</li> <li>• Asignar recursos municipales.</li> <li>• Asignar recursos institucionales.</li> <li>• Fomentar organizaciones autogestivas.</li> <li>• Registrar proyectos debidamente.</li> <li>• Aplicación y seguimiento.</li> </ul>



## Cuadro 6. Matriz de Involucrados en el Plan, Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.

Proyecto estratégico: 10: generar oportunidades de empleo reales para las familias del sector rural del municipio de Matías Romero Avendaño Oax. A partir de que los agricultores obtengan beneficios justos de su actividad, con indicadores aceptables y de forma sostenible.	Involucrados del sector público.				Involucrados del sector social o privado.
	involucrados de la comunidad	Dependencias municipales.	dependencias o secretarías estatales	secretarías federales	
<p>Organización: desarrollar poder de decisión y acción en los agricultores del municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. A nivel local, regional y estatal, que fortalezca los resultados de sus actividades.</p> <p>Intercambio justo: de forma organizada, lograr que los agricultores compren a precios justos sus insumos.</p> <p>Capacitación: mejorar el uso y cuidado de los recursos naturales, por medio de coadyuvar al uso de tecnologías disponibles, sencillas, baratas, eficientes y perdurables.</p> <p>Intercambio justo: en organización, lograr precios justos en la venta de los productos de los agricultores.</p> <p>Infraestructura: mejorar la infraestructura en el sector rural para producir, transportar, industrializar, comercializar y controlar enfermedades zoonóticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente municipal.</li> <li>• Comisariado ejidal.</li> <li>• Agricultores.</li> <li>• Hombres y mujeres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presidencia municipal.</li> <li>• Regiduría de desarrollo agropecuario.</li> <li>• Área de comunicación.</li> <li>• DIF municipal.</li> <li>• Regiduría de salud.</li> <li>• Regiduría de obras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SEDAFP</li> <li>• ICAPET.</li> <li>• Registro público de la propiedad.</li> <li>• Recaudación de rentas.</li> <li>• SEDAFP.</li> <li>• ICAPET.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAGARPA.</li> <li>• S. Relaciones exteriores.</li> <li>• Secretaría De Hacienda.</li> <li>• SAGARPA</li> <li>• Reforma Agraria.</li> <li>• SEDESOL.</li> <li>• CDI.</li> <li>• Secretaría De C. Y Transportes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Despachos de asistencia técnica.</li> <li>• Notaría pública.</li> <li>• Proveedores de insumos agropecuarios.</li> <li>• Fundaciones.</li> <li>• Laboratorios.</li> <li>• Universidades.</li> <li>• Tecnológicos.</li> <li>• Despachos de asistencia técnica.</li> </ul>



### Cuadro 7. Programa de actividades y seguimiento para el proyecto 1 de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.

Línea estratégica: generar oportunidades reales de empleo para las familias del sector rural, a partir de lograr precios justos en su actividad de forma sostenible.						
Proyecto 1: organización: desarrollar poder de decisión y acción en los agricultores del municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. A nivel local, regional y estatal, que fortalezca los resultados de sus actividades.						
¿qué queremos lograr con la capacitación?	¿Qué tenemos que hacer?	¿Cuánto queremos lograr con este proyecto?	¿Qué tenemos que hacer para el lograrlo?	¿Quién lo va a hacer?	¿Con qué lo vamos a hacer?	
objetivo general	objetivos específicos	resultados esperados (metas)	actividades	responsables	recursos necesarios	
<p>Promover organizaciones de productores rurales, con sustento legal e ideológico basadas en los principios de: Cooperación, Solidaridad, Subsidiariedad, Verdad y Equidad. Grupos organizados en situación actual &lt; grupos organizados en 2011, 2012, 2013. Cinco grupos por año. Para que resuelvan sus dificultades de forma autogestivas. Sensibles a sus problemas, Conscientes de las causas y motivados en sus tareas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promocionar los beneficios de las organizaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concientizar, sensibilizar y motivar al total de los integrantes de los grupos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar material didáctico.</li> <li>• Convocar.</li> <li>• Realizar reunión y acta de acuerdos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regidor.</li> <li>• Director.</li> <li>• Coordinador.</li> <li>• representantes de grupos.</li> <li>• Técnico de desarrollo agropecuario.</li> <li>• Representantes de grupos.</li> <li>• Presidente municipal.</li> <li>• Asamblea de cabildo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humanos.</li> <li>• Viáticos.</li> <li>• Vehículo.</li> <li>• Cañón de proyección.</li> <li>• Cámara fotográfica.</li> <li>• Computadora portátil.</li> <li>• Rota folio.</li> <li>• Extensión eléctrica.</li> <li>• Material de papelería.</li> <li>• Material didáctico.</li> <li>• Café y bocadillos para los participantes.</li> <li>• Salón de proyección.</li> <li>• Dinero para pago de expositores.</li> <li>• Dinero para pago de permisos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Junio – Ago. 2011 al 2013.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formalizar la figura jurídica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lograr certeza legal y organizativa. Al menos un grupo por comunidad del municipio.</li> <li>• Lograr equipos de trabajo con propósitos comunes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de figuras jurídicas.</li> <li>• Convocar.</li> <li>• Permiso ante la ser.</li> <li>• Protocolización de acta.</li> <li>• Registro público de la propiedad y hacienda.</li> <li>• Elaborar reglamento interno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de formación.</li> <li>• Gestión de recursos.</li> <li>• Realización de eventos.</li> <li>• Evaluación.</li> <li>• Creación de fondo económico.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar en temas de administración y organización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar capacidades en los agricultores de cada uno de los grupos solidarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de formación.</li> <li>• Gestión de recursos.</li> <li>• Realización de eventos.</li> <li>• Evaluación.</li> <li>• Creación de fondo económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento interno.</li> <li>• Formatearía y control.</li> <li>• Inicio de operaciones.</li> <li>• Seguimiento mensual.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de fondo económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de recursos económicos.</li> </ul>				





### Cuadro 8. Programa de actividades y seguimiento para el proyecto 2 de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.

Línea estratégica: generar oportunidades reales de empleo para las familias del sector rural, a partir de lograr precios justos en su actividad de forma sostenible. Proyecto 2: intercambio justo: de forma organizada, lograr que los agricultores compren a precios justos sus insumos.						
¿Qué queremos lograr con la capacitación?	¿Para el logro del proyecto que tenemos que hacer?	¿Cuánto queremos lograr	¿Qué tenemos que hacer para lograrlo?	¿Quién lo va a hacer?	¿Con qué lo vamos a hacer?	¿Cuándo lo vamos a hacer?
objetivo general	objetivos específicos	resultados esperados (metas)	actividades	responsables	recursos necesarios	Tiempo
Disminuir el costo de producción, e incrementar la relación beneficio costo de la actividad agropecuaria. Relación b/c del futuro > b/c actual. Crear cinco puntos de venta funcionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>En base a necesidades elaborar proyecto de inversión y tramitar permisos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de factibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de mercado.</li> <li>Estudio técnico.</li> <li>Presupuesto de inversión.</li> <li>Estudio económico financiero.</li> <li>Impacto ecológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regidor.</li> <li>Director.</li> <li>Coordinador.</li> <li>representantes de grupos.</li> <li>Técnico de desarrollo agropecuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humanos.</li> <li>Viáticos.</li> <li>Vehículo.</li> <li>Cañón de proyección.</li> <li>Cámara fotográfica.</li> <li>Computadora portátil.</li> <li>Rota folio.</li> <li>Extensión eléctrica.</li> <li>Material de papelería.</li> <li>Material didáctico.</li> <li>Café y bocadillos para los participantes.</li> <li>Salón de proyección.</li> <li>Dinero para pago de expositores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abr. – Oct. 2011 al 2013.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elegir un encargado y capacitar a productores en tema de administración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimular a los agricultores para que practiquen la cooperación y la solidaridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elegir a encargado.</li> <li>Plan de formación.</li> <li>Gestión de recursos.</li> <li>Realización de curso.</li> <li>Evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representantes de grupos.</li> <li>Presidente municipal.</li> <li>Asamblea de cabildo.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contactar proveedores disponibles (distribuidores)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprar en volumen y con mínimo valor agregado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseguir alternativas.</li> <li>Analizar ofertas.</li> <li>Formalizar acuerdo.</li> <li>Definir opciones.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar puntos de venta en la comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provocar que los agricultores se "adueñen" de las ganancias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir la concesión y reglamento.</li> <li>Adquirir un local.</li> <li>Adquirir computadora.</li> <li>Inicio de operaciones.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecutar la compra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprar insumos a precios justos. En su comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguimiento semanal de operaciones.</li> <li>Corte de caja mensual.</li> <li>Retroalimentación.</li> </ul>				



### Cuadro 9. Programa de actividades y seguimiento para el proyecto 3 de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.

Línea estratégica: generar oportunidades reales de empleo para las familias del sector rural, a partir de lograr precios justos en su actividad de forma sostenible. Proyecto 3: capacitación: mejorar el uso y cuidado de los recursos naturales, por medio de coadyuvar al uso de tecnologías disponibles, sencillas, baratas, eficientes y perdurables.						
¿Qué queremos lograr con este proyecto o capacitación?	¿Para el logro del proyecto o capacitación que tenemos que hacer?	¿Cuánto queremos lograr con este proyecto?	¿Qué tenemos que hacer para el logro del proyecto?	¿Quién lo va a hacer?	¿Con qué lo vamos a hacer?	¿Cuándo lo vamos a hacer?
objetivo general	objetivos específicos	resultados esperados (metas)	actividades	responsables	recursos necesarios	tiempo
En base a la necesidad de los agricultores, inducir la transferencia y adopción de tecnologías disponibles, sencillas, baratas, eficientes y perdurables, por medio de la capacitación de agricultores implementando tecnologías perdurables. Realizar nueve cursos por año en diferentes líneas productivas.	• Capacitar en el manejo de ganado bovino y ovino en pastoreo.	• Realizar un curso teórico práctico por año.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de desarrollo municipal:</li> <li>Diagnóstico</li> <li>Planeación</li> <li>Transferencia de tecnología.</li> <li>Plan de formación</li> <li>Gestión de recursos.</li> <li>Programación</li> <li>Ejecución de evento.</li> <li>Evaluación</li> <li>Seguimiento</li> <li>Adopción de tecnología:</li> <li>Implementación de unidades demostrativas.</li> <li>Realizar viajes de observación.</li> <li>Realizar días demostrativos.</li> <li>Adoptar tecnología en fincas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regidor.</li> <li>Director.</li> <li>Coordinador.</li> <li>Representantes antes de grupos.</li> <li>Técnico de desarrollo agropecuario.</li> <li>Representantes antes de grupos.</li> <li>Presidente municipal.</li> <li>Asamblea de cabildo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humano</li> <li>Viáticos.</li> <li>Vehículo.</li> <li>Cañón de proyección.</li> <li>Cámara fotográfica.</li> <li>Computadora portátil.</li> <li>Rota folio.</li> <li>Extensión eléctrica.</li> <li>Material de papelería.</li> <li>Material didáctico.</li> <li>Café y bocadillos para los participantes.</li> <li>Salón de proyección.</li> <li>Dinero para pago de expositores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abr. – Oct. 2011 AL 2013.</li> </ul>
	• Capacitar en producción de aves de corral en traspatio.	• Implementar dos cursos teórico práctico por año.				
	• Capacitar en invernaderos y huertos familiares.	• Implementar un curso teórico práctico por año.				
	• Capacitar en construcción y uso de estufas de leña.	• Implementar dos talleres teórico prácticos por año				
	• Capacitar en labranza de conservación.	• Implementar un curso teórico práctico por año.				
	• Capacitar en industrializar los agros productos.	• Realizar dos talleres teórico práctico por año.				
	• Crear parcelas demostrativas y talleres agros industriales.	• Generar al menos una unidad demostrativa por línea.				
	• Realizar viajes de observación y días demostrativos.	• Realizar 3 días demostrativos y 5 viajes de observación por año.				



**Cuadro 10. Programa de actividades y seguimiento para el proyecto 4 de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.**

Línea estratégica: generar oportunidades reales de empleo para las familias del sector rural, a partir de lograr precios justos en su actividad de forma sostenible.  
Proyecto 4: intercambio justo: en organización, lograr precios justos en la venta de los productos de los agricultores.

¿Qué queremos lograr con este proyecto o capacitación?	¿Para el logro del proyecto o capacitación que tenemos que hacer?	¿Cuánto queremos lograr con este proyecto?	¿Qué tenemos que hacer para el logro del proyecto?	¿Quién lo va a hacer?	¿Con qué lo vamos a hacer?	¿Cuándo lo vamos a hacer?
Objetivo general	Objetivos específicos	Resultados esperados (metas)	Actividades	Responsables	Recursos necesarios	Tiempo
Incrementar el ingreso por finca e incrementar la relación beneficio costo de la actividad agropecuaria por medio del intercambio justo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar proyecto de inversión y tramitar permisos para el intercambio justo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de factibilidad en base a necesidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de mercado.</li> <li>Estudio técnico.</li> <li>Presupuesto de inversión.</li> <li>Estudio económico financiero.</li> <li>Impacto ecológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regidor.</li> <li>Director.</li> <li>Coordinador.</li> <li>Represent. de grupos.</li> <li>Técnico de desarrollo agropecuario.</li> <li>Representantes de grupos.</li> <li>Presidente municipal.</li> <li>Asamblea de cabildo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humanos.</li> <li>Viáticos.</li> <li>Vehículo.</li> <li>Cañón.</li> <li>Cámara fotográfica.</li> <li>Computadora portátil.</li> <li>Rota folio.</li> <li>Extensión eléctrica.</li> <li>Papelería.</li> <li>Material didáctico.</li> <li>Café y bocadillos.</li> <li>Salón de proyección.</li> <li>\$ para pago de exposit..</li> <li>&amp; para pago de permisos de marca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abr. – Nov. 2011 - 2013.</li> </ul>
Relación b/c del futuro > b/c actual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar a agricultores en mercado justo y economía solidaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un taller teórico práctico por año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de formación.</li> <li>Gestión de recursos.</li> <li>Programación.</li> <li>Ejecución de evento.</li> <li>Evaluación.</li> <li>Seguimiento.</li> </ul>			
Puntos de venta funcionando eficientemente. Cinco puntos por año.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detectar y contactar mercados potenciales, locales y regionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Venta al menudeo, con valor agregado a la familia, común. y municipio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseguir alternativas.</li> <li>Analizar ofertas.</li> <li>Formalizar acuerdo.</li> <li>Definir opciones.</li> <li>Crear y desarrollar marcas</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar puntos de venta en la comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>lograr que los agricultores se "adueñen" de las utilidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir la concesión y reglamento.</li> <li>Adquirir un local.</li> <li>Adquirir computadora.</li> <li>Inicio de operaciones.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecutar la venta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponer de productos terminados en su comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguimiento semanal de operaciones.</li> <li>Corte de caja mensual.</li> <li>Retroaliment..</li> </ul>			



### Cuadro 11. Programa de actividades y seguimiento para el proyecto 5 de la Regiduría de Desarrollo Agropecuario. Fuente: Cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Matías Romero Avendaño, Oax. Trienio 2011 – 2013.

Línea estratégica: generar oportunidades reales de empleo para las familias del sector rural, a partir de lograr precios justos en su actividad de forma sostenible. Proyecto 5: infraestructura: mejorar la infraestructura en el sector rural para producir, transportar, industrializar,						
¿Qué queremos lograr ?	¿Para el logro que tenemos que hacer?	¿Cuánto queremos lograr?	¿Qué tenemos que hacer?	¿Quién lo va a hacer?	¿Con qué lo vamos a hacer?	¿Cuándo lo vamos a hacer?
objetivo general	objetivos específicos	resultados esperados	actividades	responsables	recursos necesarios	tiempo
Fomentar la disponibilidad, adquisición y administración de recursos económicos para la construcción e instalación de infraestructura agrícola, ganadera, acuícola y forestal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lograr la asignación de recursos municipales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lograr 1.5 millones de pesos por año para el sector agropecuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información y concientización del cabildo y autoridades auxiliares.</li> <li>Definir propuestas en cabildo y en reunión de consejo municipal.</li> <li>Asignar recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regidor.</li> <li>Director.</li> <li>Coordinador.</li> <li>Representantes de grupos.</li> <li>Técnico de desarrollo agropecuario.</li> <li>Representantes de grupos.</li> <li>Presidente municipal.</li> <li>Asamblea de cabildo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humanos.</li> <li>Viáticos.</li> <li>Vehículo.</li> <li>Cañón de proyección.</li> <li>Cámara fotográfica.</li> <li>Computadora portátil.</li> <li>Rota folio.</li> <li>Extensión eléctrica.</li> <li>Material de papelería.</li> <li>Material didáctico.</li> <li>Café y bocadillos para los participantes.</li> <li>Dinero para pago de servicios de evaluación.</li> <li>Recursos del ramo 33</li> <li>Recursos del ramo 28</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diciembre-Abril. 2011 - 2013.</li> </ul>
Asignación municipal en pesos: Núm. Beneficiarios: Monto institucional asignado al mpio. Núm. De instituciones participantes: Solicitudes vs proyectos ejecutados:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lograr gestión constante con instituciones.</li> <li>Fomentar organizaciones autogestivas y solidarias de ahorro y crédito.</li> <li>Lograr elaborar y registrar un máximo de proyectos en las diferentes dependencias.</li> <li>Dar seguimiento y correcta aplicación de los recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lograr una asignación institucional por 2 millones de pesos por año.</li> <li>Estimular a los agricultores para que practiquen la cooperación y la solidaridad.</li> <li>Registrar los proyectos máximos posibles y en ascenso por año.</li> <li>Lograr un proyecto integral y sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visitas periódicas.</li> <li>Conocer reglas de operación.</li> <li>Someterlo a consejo.</li> <li>Ídem proyecto 1</li> <li>Promocionar servicios.</li> <li>Recepción de documentos.</li> <li>Seleccionar demandas.</li> <li>Abrir expedientes.</li> <li>Incluir en base de datos.</li> <li>evaluar y analizar.</li> <li>Autorizar en consejo y regist. En dependencias.</li> <li>Continuar gestión.</li> <li>Aplicar correctamente.</li> <li>Evaluar el servicio.</li> </ul>			





## Conclusiones

1. Se constata que los objetivos planteados se cumplieron plenamente, se cumplió con lo estipulado en el artículo 26 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos al elaborar el Plan Municipal de Desarrollo 2011 – 2013, para el municipio de Matías Romero Avendaño Oaxaca, en dos apartados.
2. El Diagnóstico se actualizó, con el objeto de identificar las necesidades de la ciudadanía de forma participativa y con referencia de cinco ejes estratégicos para doce áreas llamadas “Regidurías”.
3. La Planeación se efectuó, bajo la metodología de Administración por Objetivos. Se determinaron 12 soluciones estratégicas, una por área operativa, con un total de 56 proyectos. El eje social y humano incluyó 33 proyectos que correspondieron al 59%. El eje económico contuvo nueve, que representaron el 16% y un tercer grupo, los ejes ambiental e institucional, con 14 proyectos que equivalieron al 25% del total.
4. El presupuesto 2011 fue de 82.98 millones de pesos con una asignación del 51.56%, 0.96% y 47.48% respectivamente para los grupos anteriores. Al área de desarrollo agropecuario, en la ley, se le incluye solo de forma teórica para la asignación de presupuesto.
5. No constó en actas de acuerdos de Cabildo y Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable la asignación de un presupuesto significativo para el campo durante el trienio.

## Agradecimientos

Al apoyo franco y participativo del Cabildo del Municipio de Matías Romero Avendaño Oax. Trienio 2011 - 2013. Un agradecimiento especial y sincero al Presidente Municipal, por su apoyo, pero, sobre todo, por su confianza. A la Dra. Leticia Myriam Sagarnaga Villegas por su apoyo invaluable en la elaboración de éste escrito.



## Literatura citada

- Cámara de Diputados LVII Legislatura, Grupo parlamentario del PRD. 2000. ABC del Gobierno Municipal. México D.F. p. 28.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 2008. Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Última reforma publicada DOF 18-06. 193 p.
- Ley de Planeación. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1983. Última reforma publicada DOF 13-06-2003. 14 p.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 2001. Últimas reformas publicadas DOF 1806-2010, 59 p.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Oaxaca México. 2009. Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado del 21 de septiembre, 98 p.
- Ley De Planeación, Desarrollo Administrativo y Servicios Públicos. 2009. Aprueba la Sexagésima Primera Legislatura Constitucional del Estado Libre y Soberano de Oaxaca. Salón de Sesiones del H. Congreso del Estado. San Raymundo Jalpan, Centro, Oax., 2 de febrero.
- Ley Orgánica Municipal del Estado de Oaxaca. 2010. Decreto No. 2107 Ppoge Extra de Fecha 30 de Noviembre.  
[http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/asistencia/leyes\\_fiscales/2011/16\\_LEY\\_ORGANICA\\_MUNICIPAL.pdf](http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/asistencia/leyes_fiscales/2011/16_LEY_ORGANICA_MUNICIPAL.pdf)
- Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). 2004. Metodología del Marco Lógico (MML).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4989401&fecha=31/05/2007](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4989401&fecha=31/05/2007)
- Diario Oficial de la Federación. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013)



- Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado de Oaxaca. 2011. Guía básica de formulación y evaluación de proyectos. Plan municipal de desarrollo trienio 2008 – 2010. [http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion\\_publica/pmds/08\\_10/057.pdf](http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/08_10/057.pdf) Enero del 2011.
- Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado de Oaxaca. 2011. Guía básica de formulación y evaluación de proyectos. Plan municipal de desarrollo trienio 2011 – 2013. [http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion\\_publica/pmds/11\\_13/057.pdf](http://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/057.pdf) Enero del 2011.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2011. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: SAGARPA, SIAP Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2011.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2011. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2011. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: CFE. Comisión Federal de Electricidad. 2008 – 2011.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado. 1994 – 2010.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: SEPOMEX. Servicio Postal Mexicano, 1994 – 2010.



- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. Uso del suelo y vegetación. 2005.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).2010. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de Población y Vivienda 2010.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).2010. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: Procuraduría General de Justicia del Estado. 1994 – 2010.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).2010. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fuente: SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. 2000 – 2010.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III. Infraestructura para el transporte. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20057.pdf> Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).2005. Información Nacional por entidad federativa y municipios. Matías Romero Avendaño. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20057.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250 000. México. Relieve. serie I. INEGI-CONAGUA.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas y Precipitación Total Anual 1:1 000 000, serie I. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20057.pdf>





## CAPITAL SOCIAL Y HUMEDALES ARTIFICIALES COMO ESTRATEGIAS DE CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE

Irma Zitácuaro Contreras<sup>262\*</sup> y José Luis Marín Muñiz<sup>262</sup>

### Resumen

Las fuentes de agua que abastecen a los diferentes sectores usuarios son cada vez más escasas debido al alto grado de contaminación que se registra por causa del vertido de aguas residuales sin previo tratamiento. En comunidades rurales se intensifica la problemática al no ser candidatas a inversiones para saneamiento por causa de los altos costos de construcción, operación y mantenimiento de los sistemas convencionales. Las ecotecnologías, entre ellas, los humedales artificiales, por no demandar grandes cantidades de recursos económicos, mano de obra especializada, recursos energéticos y químicos, son viables de construir en comunidades rurales. Además, cuando se utilizan técnicas de fitoremediación, aportan beneficios adicionales como es la producción de plantas con potencial florístico que puede comercializarse o utilizarse como son los anturios, alcatraz, cuna de moisés y tule. Sin embargo, este tipo de proyectos regularmente se construyen y no existen garantías para su continuidad, debido a que son resultado de proyectos de investigación, o porque decae el interés de las personas que se encargan de la operación, por esto, es prioritario recurrir a estrategias como es el capital social para facilitar los medios necesarios para el aprendizaje y aplicación de las ecotecnologías, empoderando a los grupos para el aprovechamiento del potencial ambiental, económico y social de este tipo de proyectos. Algunas de las características del capital social que permite el desarrollo comunitario, es que no requiere de grandes inversiones para su formación, es integrador y potencializa el conocimiento de los grupos de trabajo y se basa en el bien común de los recursos naturales. En México no se han documentado proyectos que realicen la vinculación

---

<sup>262</sup> El Colegio de Veracruz, Xalapa, Ver.



entre capital social y el manejo de las ecotecnologías de humedales artificiales. El presente trabajo consiste en una revisión documental de las investigaciones realizadas en la aplicación de capital social y las ecotecnologías de humedales artificiales con el objetivo de analizar la contribución del binomio capital social y las ecotecnologías de humedales artificiales al desarrollo rural sustentable, mediante el saneamiento de aguas residuales, aprovechamiento de plantas ornamentales y el reúso del agua.

**Palabras clave:** humedales artificiales, desarrollo rural sustentable, capital social

## Introducción

El deterioro ambiental y en específico el de la calidad de las fuentes de agua utilizadas para consumo de los diferentes sectores, entre ellos el agrícola, es una de las prioridades nacionales debido a que limita el desarrollo de las comunidades rurales, y puede impactar en muerte y enfermedades, particularmente en niños (CONAGUA, 2018). Adicionalmente, en zonas rurales donde no existen fuentes de abastecimiento suficientes, se da prioridad al uso público urbano, y el sector agrícola queda restringido.

Al respecto, el desarrollo rural y la preocupación por la degradación del planeta es una de las prioridades a nivel internacional y nacional (ONU, 2015), se menciona puntualmente que la gestión y el desarrollo sostenible son fundamentales para mejorar la calidad de vida en las comunidades, por lo que propone trabajar en conjunto con las autoridades locales para planificar los asentamientos humanos mediante la cohesión comunitaria. Por ello, la Agenda para el Desarrollo Sostenible en su Objetivo 6, marca la inclusión de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

A nivel nacional, México participa en el desarrollo de la Agenda para el Desarrollo Sostenible emitida por la ONU en 2015, por lo que a través de los programas gubernamentales fortalece el saneamiento de las aguas residuales, incluso



mediante métodos alternativos como es el uso de la ecotecnología de humedales, de acuerdo a como lo establecen las Reglas de operación para la construcción de infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2019).

Por otra parte, debido a la sostenibilidad como fuerza central para el desarrollo comunitario, la atención se ha centrado en desarrollar la capacidad local para crear lugares para vivir más ecológicos y socialmente equitativos; en la formulación de políticas se formaliza cada vez más que dependerá del aumento del capital social disponible de una comunidad (Coleman, 1988; Putnam *et al.*, 1993; Flora 1998). Esto conlleva a reforzar las acciones locales y el desarrollo de las comunidades rurales con bases sociales, ecológicas y económicas eficientes. Las comunidades locales son el punto de atención como la unidad de organización social y lugar de acción para el desarrollo (Bridger y Luloff, 2001).

Los cuestionamientos que surgen entonces son, analizar, mediante las investigaciones realizadas, si los humedales artificiales son ecotecnologías adecuadas para el saneamiento de las aguas residuales comunitarias y generadoras de potencial ambiental, social y económico y con ello conducir hacia la sustentabilidad, si el capital social bajo los conceptos de bien común, empoderamiento, de efecto multiplicador y dirigido a la acción contribuye al desarrollo rural sustentable, así como detallar si el capital social puede vincularse al manejo de los humedales artificiales, y conformarse como una estrategia que conduzca hacia el desarrollo rural sustentable de las comunidades.

Se debe considerar que el saneamiento de las aguas residuales es un bien común, por lo que es objeto de poco cuidado, debido a que las personas piensan primero individualmente y pocas veces en lo común (Ostrom, 2000). Adicionalmente, no existen proyectos que permitan destinar recursos económicos a las ecotecnologías de saneamiento.

Solventar este tipo de problemática deriva a plantear como objetivo analizar la contribución del binomio capital social y ecotecnologías de humedales artificiales al desarrollo rural sustentable, mediante el saneamiento de aguas residuales, aprovechamiento de plantas ornamentales y el reúso del agua.



### **La ecotecnología de humedales artificiales**

La problemática de saneamiento de las aguas residuales se incrementa debido al desconocimiento por parte de la población de las tecnologías alternativas, de su existencia, su funcionamiento y de sus características. Se asume que el cuidado de los ecosistemas es responsabilidad de las instituciones gubernamentales y que es el Estado quien debe garantizar la permanencia de los servicios básicos que demandan recursos naturales como es el agua.

Las ecotecnologías se han generado como una de las diferentes iniciativas de replanteamiento tecnológico, como un movimiento que reconoce los impactos socio-ecológicos negativos del capitalismo post-industrial, y busca promover alternativas que contribuyan a la sustentabilidad (Ortíz, 2015). Son tecnologías que se han ido incorporando a las alternativas sustentables. Una definición específica es que son “diferentes dispositivos, métodos y procesos que brindan beneficios sociales y económicos a sus usuarios, en armonía con el ambiente y con referencia a un contexto socio-ecológico específico” (Ortiz *et al.*, 2015).

Una de las ecotecnologías utilizadas para el tratamiento de aguas residuales son los humedales artificiales, sistemas eco ingenieriles que mediante procesos físicos, químicos y biológicos remueven la mayor parte de contaminantes del agua replicando los procesos de descomposición que ocurren en los humedales naturales (Romero-Aguilar *et al.*, 2009). Sus principales componentes son sustratos, microorganismos y vegetación; se pueden implementar a escala doméstica y generalmente son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales a nivel comunitario (Marín-Muñiz, 2016 y 2017), lo que representa una oportunidad para segundos usos del agua como riego agrícola. El sustrato (pet, piedra de río o grava) es utilizado como medio de soporte para las plantas cuando se trata de métodos de fitoremediación (Figura 1).





**Figura 1. Ecotecnología de humedal construido en la localidad de Pastorías, Actopan, Veracruz, México.**

Los humedales artificiales al ser complementados con cultivos de plantas ornamentales, permiten aprovechar las potencialidades para el uso de arreglos florales, (Campaña *et al.*, 2015), lo que facilita el desarrollo de actividades económicas. Las plantas que se utilizan generalmente son macrófitas típicas de los humedales naturales. Mediante la fitoremediación los humedales permiten cultivar flores ornamentales en los estanques con sustrato y utilizando agua residual. Este tipo de aprovechamiento en el desarrollo rural potencia el cultivo de flores y ornamentales, entendido como los recursos no utilizados y que significan una perspectiva de desarrollo humano sostenible, que revaloriza al individuo y sus conocimientos y/o talentos para guiarlos a la empresarialidad (Campaña *et al.*, 2015). Las ecotecnologías de humedales son una opción que se ha intensificado en los últimos años por su viabilidad económica y ecológica, para mitigar la problemática de saneamiento de las descargas de aguas residuales domésticas, y se construyen en comunidades rurales (Marín-Muñiz, 2016). El desarrollo de las comunidades exige además mercados alternativos que permitan crear nuevas fuentes de ingresos a los pobladores de zonas rurales. Por lo anterior, es factible utilizar las especies nativas de las comunidades que ya han sido experimentadas y que ofrecen buenos resultados de operación en la remoción de contaminantes. Estas especies, por sus

características, se consideran como flores de gran interés en actividades ornamentales y viabilidad económica, de acuerdo a las características de las regiones pueden ser anturios (*Anturium sp*), cuna de moisés (*Spathiphyllum wallisii*), alcatraz (*Zantedeschia Aethiopica*) o tule (*Thypha domingensis*) (Castillo, 2012; Folgoso et al., 2007a; Folgoso et al., 2007b; Pereira, 2015) (Figura 2).



**Figura 2. Plantas con potencial florísticos utilizadas en fitoremediación.**

Por otra parte, el manejo de las ecotecnologías como estrategia de saneamiento de aguas residuales en comunidades y administrados por grupos comunales es poco explorado (Pedraza, 2015 y 2017) y se complica la permanencia a través de proyectos; su éxito es más significativo cuando intervienen las instituciones educativas.

### **El capital social**

El capital social en grupos constituye un recurso que ayuda a pasar de la acción individual a la organizada lo que permite garantizar la permanencia de proyectos comunitarios. Características importantes para el desarrollo rural son que el capital social puede crearse sin dinero, según el tiempo y la energía, se forma con el tiempo y se inserta en un entendimiento común, lo que une a la comunidad en el manejo común de los recursos naturales. Asimismo, se refiere a la capacidad colectiva de tomar decisiones y actuar conjuntamente para perseguir objetivos de beneficio





común, capacidad que coloca al grupo o la comunidad en un plano de superioridad con respecto al individuo aislado en busca de un interés común (Bourdieu, 1986; Coleman, 1988; Ostrom, 1999; Flores y Rello, 2002). Se ha relacionado al capital social y el desarrollo en zonas rurales (Warren *et al.*, 2015), donde las acciones están dirigidas a mejorar el desarrollo de la capacidad de los habitantes con actividades sociales y ecológicas.

Otros trabajos relacionados al capital social y el desarrollo, enfocados mayormente al sector agropecuario (Moyano, 2006; Lugo-Morin, 2013), consideran esquemas incluyentes y ponen en manifiesto que las organizaciones profesionales agrarias y el cooperativismo son formas de capital social idóneas. En México y Centroamérica Flores y Rello (2002) han caracterizado al capital social y lo enfatizan en el actuar del grupo con un interés común y la acción colectiva. Además, al existir capital social se permite a los productores realizar sus proyectos con menor inversión de capital físico y monetario del que sería necesario en su ausencia. El aumento del capital social, a opinión de varios autores, da la viabilidad para el desarrollo comunitario sostenible y crear lugares más ecológicos y equitativos (Coleman, 1988; Bridger y Luloff, 2001). En México a través de los programas sociales, los hogares con menores niveles de pobreza hacen uso del capital social para acceder a recursos económicos, sociales e institucionales.

En este sentido el capital social, es una metodología incluyente de la comunidad y la sustentabilidad, en pequeñas localidades es un esquema que potencializa las acciones, como un concepto importante para el desarrollo y el buen gobierno, además de que se ha generalizado como una opción viable para la solución varios problemas que afectan a la sociedad (Warren *et al.*, 2015), además puede tener efecto multiplicador, facilitar las acciones colectivas, dar solución a problemas locales de interés común, facilitar la toma de decisiones, conduce a la sustentabilidad e incluye formas no monetarias de intercambio, de importancia, poder e influencia, y se fundamenta en la confianza, bien común, empoderamiento, disminución de la pobreza y la inclusión de la mujer (Coleman, 1988; Flora, 1998; Ostrom, 1999; Ostrom, 2000; Dávila *et al.*, 2003; Ramírez-Martínez *et al.*, 2013; Pedraza, 2015 y 2017). En este mismo sentido, las relaciones estables de confianza,



reciprocidad y cooperación reducen los costos de transacción, producen bienes públicos, y facilitan la constitución de organizaciones de gestión, de base efectivas, de actores sociales y de sociedades civiles saludables (Durston, 2000).

## **Materiales y métodos**

El trabajo consistió en una revisión bibliográfica sobre el capital social y su formación, para solventar problemáticas de bienes comunes como lo es el problema de la calidad del agua, asimismo el análisis del manejo de los humedales artificiales con ecotecnologías que a través de la fitoremediación son adecuadas como sistemas de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales. Para el manejo de textos se recurrió al análisis horizontal como medio para seleccionar las características del capital social que faciliten el manejo de los humedales artificiales dirigidos hacia el desarrollo.

Se recurrió a la investigación aplicada (Ander-Egg, 1995) con el propósito de conocer los avances en la investigación básica en materia de capital social y las ecotecnologías de humedales artificiales, así como su vinculación con la sustentabilidad para poder dirigir ambos conceptos a su aplicación basada en el conocimiento de las teorías de profesionales y con ello producir cambios que permitan resolver problemáticas sociales y ambientales. En este sentido, el analizar el capital social y las ecotecnologías de humedales permitirán diseñar los mecanismos para que los proyectos de saneamiento de aguas residuales en comunidades rurales garanticen su permanencia mediante la formación del capital social de los grupos comunitarios.

## **Resultados y discusión**

Las diferentes teorías de los conceptos de capital social y humedales artificiales como son facilitadores del desarrollo rural con vías a la sustentabilidad. El capital





social es un medio para potencializar las capacidades de grupos comunitarios al mencionar que es el agregado de recursos reales y potenciales que posee un grupo de personas, integradas mediante una red duradera de relaciones institucionalizadas, de conocimiento mutuo y cognición, donde el intercambio de conocimientos y su aplicación transforma la acción basada en conocimientos reales y replicables. Estos planteamientos dan las bases para establecer una relación entre el capital social y los humedales artificiales como un binomio que permitirá contribuir al desarrollo rural sustentable de pequeñas localidades. Las características esenciales de los humedales artificiales como ecotecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales las hacen viables de construirse y operar con éxito, debido a que no se requiere de altas tecnologías y mano de obra calificadas, que demanden gastos económicos altos, situación que regularmente marca el fracaso de los sistemas convencionales de tratamiento. Los beneficios ambientales, sociales y económicos, elementos de sustentabilidad, se dan al proporcionar a los ecosistemas agua de mejor calidad, al integrarse grupos sociales con objetivos comunes, y el de tener la potencialidad de ser fuente de recursos económicos para disminuir la pobreza. Sin dejar de considerar que al no usar productos químicos y recursos energéticos se están contribuyendo al no deterioro de las fuentes receptoras de las aguas residuales y al uso de recursos para la generación de energía. Como punto final del proceso de saneamiento se obtiene agua de mejor calidad lo que permitirá su reuso para riego agrícola en cultivos permitidos, lo que representa una solución al problema de escasez de agua en algunas comunidades.

Por su parte el capital social formado con las características de manejo común de recursos naturales, de acción organizada, creado con poco dinero, que potencia grupos para acceder a recursos económicos, sociales e institucionales, facilita la solución de problemas, la toma de decisiones consensuadas, que es un factor de inclusión y la sustentabilidad, que funciona bajo relaciones de confianza, empoderamiento y disminución de la pobreza, contiene los elementos necesarios que deberán tener los grupos administradores de los humedales artificiales, para ser actores y gestores de programas que fortalezcan sus necesidades y su



permanencia como grupos comunitarios sin olvidar el objetivo de preservar un bien común como es el recurso agua.

En México no se han realizado proyectos que relacionen el capital social y el manejo de las ecotecnologías de humedales para contribuir al desarrollo rural sustentable mediante el saneamiento de las aguas residuales, y el aprovechamiento de los recursos que se derivan de ellos. Estudios similares realizados por Pedraza (2015 y 2017) analizaron la misma problemática desde dos vertientes, la organización comunitaria para el manejo común de los recursos, y de género-gobernanza en instituciones comunitarias de manejo común de recursos, ambos estudios realizados en el humedal de la localidad de Pínohtepec del municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, México; en estos estudios de caso no se registró éxito. En estos proyectos las actividades fueron enfocadas a la documentación de los procesos y no hubo la formación del capital social que daría al grupo solidez y compromiso.

Al realizar análisis individuales, los humedales artificiales han tenido mayor éxito como proyectos de investigación, Marín-Muñiz (2016 y 2017) ha documentado nueve casos a nivel nacional, estudios que demuestran variación en los resultados en la remoción de contaminantes, sin embargo, son una evidencia en el uso de los tipos de sustratos recomendables, del reúso del agua tratada y de la capacidad de remoción y producción de plantas ornamentales. Es de notarse la minoría de estas acciones y la necesidad de implementar la réplica de la ecotecnología. Al respecto, aun cuando existe el programa gubernamental que permite asignar recursos económicos a la construcción de humedales artificiales (CONAGUA, 2019), no existen los proyectos ejecutivos que fundamenten la viabilidad técnica del proyecto, situación por la cual no se han ejercido recursos. Un proyecto reciente es la operación del humedal artificial de la localidad de Pastorías, Actopan, Veracruz, construido con fines de investigación y que da tratamiento al 50% de las aguas residuales colectadas (Sandoval, 2019), y donde la permanencia en el proyecto no se consideró. Por su parte, el capital social contiene las características necesarias para formar los grupos comunitarios, pero no existen proyectos que puedan ser evaluados.



## Conclusiones

1. En México el capital social no ha sido aprovechado en todas sus dimensiones, y representa una oportunidad para fomentar un desarrollo rural, bajo conceptos sociales y culturales locales, debido a que forma redes sociales con normas consensuadas que, además de ser viables para el desarrollo rural y el desarrollo de las capacidades grupales, respeten las características culturales y tengan como base el conocimiento colectivo.
2. No existe el capital social en los grupos comunitarios para replicar la construcción y garantizar la permanencia de los proyectos de humedales artificiales que contribuyan al saneamiento de las aguas residuales de las comunidades rurales, mismas que tienen poco acceso a recursos económicos de los programas gubernamentales.
3. El capital social contribuye al desarrollo rural sustentable de comunidades por sus características relacionadas con el manejo de los recursos naturales y el empoderamiento de grupos comunitarios, lo que resulta en acciones encaminadas a cumplir con objetivos comunes y garantizar la permanencia de los intereses del grupo.
4. Las ecotecnologías de humedales artificiales con técnicas de fitoremediación contribuyen al desarrollo rural sustentable debido a que son un medio para sanear aguas residuales, mismas que se pueden destinar a riego agrícola, promueven el reúso del agua, permiten aprovechar el potencial florístico de plantas ornamentales mismas que representan, bajo una economía local, generación de ingresos económicos para personas vulnerables, utilizan materias primas locales para su construcción y como sustratos, y no requieren del uso de energéticos ni de productos químicos.
5. El binomio capital social y las ecotecnologías de humedales artificiales son idóneamente complementarios en la vía hacia el desarrollo sustentable de las comunidades rurales. La formación de un capital social adecuado al manejo de los humedales artificiales y el aprovechamiento social y económico de los bienes que se producen, garantizarán que los proyectos tengan continuidad.



## Literatura citada

- Ander-Egg, E. 1995. Técnicas de investigación social. LUMEN (Eds.). Buenos Aires, Argentina. 423 p.
- Bourdieu, P. 1986. The Forms of Capital. p. 241-258. *In*: Richardson, J. E. (Ed.). Handboob of Theory of Research for the Sociology of Education. Greenwood Publishing Group, Inc. Westport, Connecticut, USA. 594 p.
- Bridger, J. C. and A. E. Luloff. 2001. Building the Sustainable Community: Is Social Capital the Answer? *Sociological Inquiry* 71(4): 458-72.
- Campaña, L. M. V., C. R. Molina Q. y A. Romero F., 2015. Las potencialidades artesanales. Un análisis desde la perspectiva de desarrollo sostenible para su revalorización y empresarialidad turística. *Retos Turísticos* 14(1):1-12.
- Castillo, D. T. I. 2012. Viabilidad económica del cultivo de la flor de anturio y esquemas de comercialización. *Temas de Ciencia y Tecnología* 15(48):19-25.
- Coleman, J. S. 1988. Social Capital in the creation of Human Capital. *The American Journal of Sociology* 94 (1988):S95-S120. <https://doi.org/10.1086/228943>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2018. Numeragua. México 2018. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República. [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/Numeragua\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/Numeragua_2018.pdf) [Consultado el 15 de junio de 2019].
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2019. REGLAS de operación para el Programa de agua potable, drenaje y tratamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2019. México, DOF: 26/02/2019 [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5551148&fecha=26/02/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551148&fecha=26/02/2019) [Consultado el 15 de junio de 2019].
- Dávila, O., C. G. Honores, I. Goicovic, y J. Sandoval. 2003. Capital social juvenil Intervenciones y acciones hacia los jóvenes. Instituto Nacional de la Juventud. Santiago de Chile. 207 p.
- Durston, J. 2000. ¿Qué es el capital social comunitario?. CEPAL. Santiago de Chile. 44 p.
- Flora, J. L. 1998. Social capital and communities of place. *Rural Sociology* 63(4):481-506.





- Flores, M. y Rello, F. 2002. Capital Social Rural. Experiencias de México y Centroamérica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Plaza y Valdés Eds., 1ª. Edic. México D.F. México. 195 p.
- Lugo-Morin, D. R. 2013. El capital social en los sistemas territoriales rurales: avance para su identificación y medición. *Estudios Sociológicos* 31(91):167-202.
- Marín-Muñiz, J. L. 2016. Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de Actopan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 15(2):553-563.
- Marín-Muñiz, J. L. 2017. Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamental y reúso del agua. *Agroproductividad* 10(5):90-95.
- Moyano, E. E. 2006. El Asociacionismo en el Sector Agroalimentario y su Contribución a la Generación del Capital Social. Serie Documentos de trabajo IESA. Instituto de Estudios Sociales Avanzados. IESA-CSIC. Córdoba, España. 28 p. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/2060/1/20-06.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1> [Consultado el 17 de Octubre del 2018].
- Ortiz M. J. A., S. L. Malagón G. y O. R. Masera C. 2015. Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el Sur global. *Interdisciplina*. 3(7): 193-215.
- Ostrom, E. 1999. Social Capital: A Fad or a Fundamental Concept?. p. 172-214 *In*: Dasgupta, P. y
- Serageldin, I. (Eds.). *Social Capital A Multifaceted Perspective*. The World Bank. USA.
- Ostrom, E. 2000. El Gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones. Fondo del Cultura Económica. México D. F. 393 p.
- Folgozo, A. P., F. C. Rodríguez L., E. V. Conesa F., L. Marín J., G. López A. y A. G. Benavente-García, 2007. Cultivo del Anthurium para flor cortada en la región de Murcia (I). *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura* 26(309):409-416.
- Folgozo, A. P., Rodríguez, L. F. C., Conesa, F. E. V., Marín, J. L., López, A. G., & Benavente-García, A. G. (2007). Ensayo de zantedeschia híbrida en perlita. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura* 26(309):409-416.



- Pedraza, L. A. M. 2015. Organización comunitaria para el manejo común: El caso del humedal artificial de Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. Tesis de Maestra en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz. México. 215 p.
- Pedraza L. A. M. 2017. Análisis de la dinámica género-gobernanza en instituciones comunitarias de manejo común de recursos. Estudio de caso en Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Ver., México. Tesis de Doctor en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz, Xalapa, Veracruz. México. 178 p.
- Pereira R. L. S. W. 2015. Cultivo de *espatifilo* (*Spathiphyllum sp.*). [http://www.academia.edu/10494881/Cultivo\\_e\\_manejo\\_%C3%B3timo\\_de\\_espatifilo\\_Spathiphyllum\\_sp.\\_-\\_completo](http://www.academia.edu/10494881/Cultivo_e_manejo_%C3%B3timo_de_espatifilo_Spathiphyllum_sp._-_completo) [Consultado el 31 de diciembre de 2018].
- Putnam, R. D., R. Leonardi y R. Y. Nonetti. 1993. Making Democracy Work. Civic Traditions *In: Modern Italy*. Princeton University Press. USA. 258 p.
- Ramírez-Martínez, C., L. M. Martínez-Becerra, y L. K. Calderón. 2016. Capital Social y Empoderamiento en mujeres para disminución de pobreza en Colombia, *Revista Venezolana de Gerencia* 21(76):693-708.
- Romero-Aguilar, M., A. Colín-Cruz, E. Sánchez-Salinas y L. Ortiz-Hernández. 2009. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 25(3):157-167. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012012004> [Consultado el 23 de Enero de 2019].
- Sandoval, E, L. C. 2019. Evaluación del uso de vegetación ornamental, sustratos y temporada climática en la eliminación de contaminantes de aguas residuales mediante humedales ingenieriles. Tesis de Doctor en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz, Xalapa, Veracruz. México. 158 p.
- Warren, C., G. Acciaioli, D. Steenbergen and J. McCarthy. 2015. Social Capital Formation in Community Development and Conservation Interventions: Comparative Research in Indonesia. Brief for Global Sustainable Development Report (GSDR), 20 p. [https://www.academia.edu/26288556/Social\\_Capital\\_Formation\\_in\\_Community\\_Development\\_and\\_Conservation\\_Interventions\\_Comparative\\_Research\\_in\\_Indonesia](https://www.academia.edu/26288556/Social_Capital_Formation_in_Community_Development_and_Conservation_Interventions_Comparative_Research_in_Indonesia) [Consultado el 14 de noviembre de 2018]



## ESTRATEGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE POSTLARVA DE LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*): PANORAMA DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Arminda González Alfonso<sup>263</sup>, María del Carmen Álvarez Ávila<sup>263</sup> y Alberto Asiain Hoyos<sup>263</sup>

### Resumen

Los modelos de negocio en México y en el mundo son considerados un factor que coadyuva a generar desarrollo. Los gobiernos son un medio para elaborar y ejecutar políticas públicas que dan respuesta a diversas demandas de la sociedad; estas políticas públicas están inmersas en Planes Nacionales de Desarrollo. En la acuicultura los modelos de negocio han representado el desarrollo óptimo y continuo, así como una estabilidad económica y financiera. Veracruz, era un proveedor de recursos acuáticos importantes, que por muchos años registró la mayor producción de langostino nativo en el país. Las especies *Macrobrachium carcinus* y *M. acanthurus* fueron pesquerías formalmente registradas por INAPESCA y CONAPESCA pero la pesca disminuyó, al punto de ya no ser consideradas en las cartas y anuarios respectivos. El langostino malayo (*M. rosenbergii*) es una especie domesticada y estudiada que se cultiva en otras partes del mundo con éxito; el cultivo de esta especie es una alternativa para satisfacer la demanda y disminuir la presión que la pesca ejerce. En el presente trabajo se realizó una revisión de literatura sobre las políticas públicas y sus características, así como de los planes nacionales, estatales y municipales de desarrollo, y se analizaron organizaciones multinacionales e internacionales especializadas en finanzas y asistencia. Se utilizó la herramienta gráfica denominada mapa mental, para clasificar de forma clara y ordenada la información de la revisión de literatura, mediante un enfoque territorial. Se establecieron relaciones benéficas entre el modelo de negocios de producción de postlarva y los programas y objetivos obtenidos. Se concluye que no existen políticas públicas relacionadas con la

---

<sup>263</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, [gonzalez.paula@colpos.mx](mailto:gonzalez.paula@colpos.mx)



producción de postlarva de langostino, nativo o introducido. Se propone establecer una política pública para aumentar la producción de postlarvas y satisfacer la demanda existente.

**Palabras clave:** policultivo, evaluación, comercialización

## Introducción

Los modelos de negocio son un factor de desarrollo que en México y en el mundo ha estado en el centro de la discusión como elemento que coadyuva a generar desarrollo (Ahumada y Perusquia, 2016). En la acuicultura los modelos de negocio han representado el desarrollo óptimo y continuo, así como una estabilidad económica y financiera, un ejemplo de ello es la empresa “Aquaculture Production Technology” (APT) de origen Israelita, que tiene en el mercado un modelo de producción e industrialización de tilapia, que oferta llave en mano; este modelo lo ha instalado en diversos países de Centroamérica, Sudamérica y Asia (Reta, 2007).

Los gobiernos son medios para elaborar y ejecutar acciones de desarrollo, en orden de prioridades, destinadas al bien común fracasan o persisten según el producto de las políticas públicas que implementen, trayendo como consecuencia continuidad y cambio de ésta (Rodríguez, 2017).

Las políticas públicas son las acciones que el gobierno toma para dar respuestas a las diversas demandas de la sociedad (Ruiz y Cadéas, 2011). La solución de problemas públicos es un esfuerzo de prueba y error y no un programa comprensivo y contundente en soluciones (Bardach, 1998). De acuerdo con Salazar (2008) las políticas públicas son “las sucesivas respuestas del Estado (del “régimen político” o del “gobierno de turno”) frente a situaciones socialmente problemáticas. De la definición anterior se infiere que las políticas públicas tienen relación con el poder social y forman parte de toda una gama de soluciones específicas, concretas y determinadas, destinadas al manejo de ciertos asuntos públicos que se catalogan como “situaciones socialmente problemáticas”.





El objetivo principal de las políticas públicas es crear condiciones de equidad social, así como promover y garantizar el ejercicio de los derechos sociales (Ziccardi, 2008). De acuerdo con lo anterior, en México, las políticas públicas se encuentran inmersas principalmente en los “Planes Nacionales de Desarrollo”, los cuales son planeaciones sexenales orientadas a la obtención de los objetivos generales de las plataformas de los gobiernos en turno. De estos “Planes Nacionales de Desarrollo” emergen a su vez, planes estatales y municipales los cuales permean estas políticas públicas a todos los niveles organizativos de la Nación.

Veracruz de Ignacio de la Llave era un proveedor de recursos acuáticos importante que por muchos años registró la mayor producción de langostino nativo (*M. carcinus*) y (*M. acanthurus*) en el país, esto cambió debido a que su hábitat se contaminó y modificó, lo cual provocó con ello tasas de mortalidad altas (Lorán-Núñez, 2017; García, 2019). De las políticas públicas vigentes se busca incurrir en una específica para la producción sostenible de la postlarva de langostino malayo (*M. rosenbergii*), debido a que existe un mercado insatisfecho de langostino y se recurre a importaciones de la India para cubrir esta demanda. El objetivo del presente ensayo es conocer y asociar las políticas públicas vigentes al presente sexenio respecto a la investigación “modelo de negocio para la producción de postlarva de langostino malayo” en la región Sotavento, Veracruz, para incrementar la producción de postlarva.

## **Materiales y métodos**

La metodología consistió en una revisión de literatura sobre el término de políticas públicas y sus características. Se realizó una revisión de los planes nacionales, estatales y municipales de desarrollo, del mismo modo se analizaron organizaciones multinacional e internacionales especializadas en finanzas y asistencia. Se utilizó la herramienta gráfica denominada mapa mental (Figura 1) para clasificar de forma clara y ordenada la información adquirida en la revisión de literatura mediante un

enfoque territorial. Se establecieron relaciones benéficas entre el modelo de negocios de producción de postlarva y los programas y objetivos obtenidos.



**Figura 12. Mapa mental de las políticas públicas orientadas a la acuicultura y emprendimiento.**

## Resultados y discusión

Dentro del panorama internacional se identificaron en los Objetivos de Desarrollo Sostenible sugeridos por la ONU (2019), y la relación con nueve objetivos de los diecisiete expuestos por mencionada organización para llevar a cabo la venta del módulo de producción de postlarva de langostino malayo. Los números uno, dos y tres, tratan del “fin de la pobreza”, “hambre cero” y “salud y bienestar”; dichos objetivos tienen como prioridad poner fin a la pobreza en todas sus formas, en todo el mundo, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos, en todas las edades. Cabe agregar que el módulo de producción de postlarva de langostino malayo garantizará una contribución sostenible que permita la manutención alimenticia de las partes involucradas tanto en el proceso como en su distribución.



Los objetivos ocho “trabajo decente y crecimiento económico”, nueve “industria, innovación e infraestructura”, once “ciudades y comunidades sostenibles”, doce “producción y consumo responsables” y catorce “vida submarina”, promueven un crecimiento económico, sostenido, con infraestructura resiliente, promoviendo la industrialización inclusiva fomentando la innovación, con empleo pleno, productivo y decente para todos, garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles así como conservar y utilizar en forma sostenible los cuerpos de agua. Por último, el objetivo diecisiete “alianzas para lograr los objetivos” busca fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. El módulo de producción de postlarvas brindará la oportunidad de adquirir un trabajo decente y contribuirá con infraestructura, innovación y alianzas estratégicas al crecimiento económico de la región del Sotavento.

La Organización Mundial de Comercio a través de Tratados de Libre Comercio permite la importación de productos necesarios para la producción de la postlarva de langostino malayo como lo es la *Artemia salina* e insumos de construcción, innovación tecnológica y en conocimiento para emplear métodos de producción exitosos probados en otras partes del mundo gracias a la globalización.

Del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional se obtendría financiamiento y asesoría técnica para establecer el módulo de producción con los debidos requerimientos.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ayuda a los gobiernos a encontrar un camino exitoso para sus reformas a través de una mejor gobernanza, en esta organización se encontró el apoyo al emprendimiento, a PYMES y desarrollo local, que permitirá orientar siempre hacia el éxito al módulo de producción.

En el panorama nacional dentro del Programa Especial Concurrente (PEC) en donde están involucradas la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPE) brindarán apoyo con programas para fomento a la productividad pesquera y acuícola, competitividad agroalimentaria y apoyo a pequeños productores; el módulo de producción de postlarva permitirá el fortalecimiento de los polos de desarrollo



regional, generará infraestructura innovadora productiva y competitiva del sector acuícola, así como la inserción de los productos obtenidos a los mercados y contribuirá al desarrollo de la cadena productiva del langostino malayo.

En el Plan Nacional de Desarrollo dentro de sus proyectos regionales se encuentra el “Programa de desarrollo del Istmo de Tehuantepec” dónde se sugiere la regeneración de un corredor multimodal interoceánico que involucrará setenta y seis municipios los cuales se verán beneficiados con una disminución en el IVA (Impuesto al Valor Agregado) y el ISR (Impuesto Sobre la Renta), se restaurarán vías de comunicación como carreteras, ferrocarril y aeropuerto, con dicho programa la comercialización y obtención de insumos para el modelo de negocio se verá beneficiado.

El Plan Veracruzano de Desarrollo en su eje de política económica se relacionan los objetivos uno, tres y cinco, que se enfocan en la mejora del crecimiento económico tomando dos líneas de acción para lograrlo, incentivar la asociación entre inversionistas extranjeros y empresariado local para consolidar sociedades comerciales benéficas para la comunidad y gestionar esquemas de apoyos flexibles a PyMES y el emprendimiento para generar empleos seguros y bien remunerados. El objetivo tres plantea fortalecer la infraestructura estatal con sus líneas de acción de rehabilitación de carreteras para la óptima movilidad de la población estatal y nacional y construir vías de comunicación que conecten las regiones del norte, centro y sur del estado.

El objetivo cinco propone establecer una política agropecuaria enfocada a los procesos de producción sostenible para contribuir a la seguridad alimentaria con dos líneas de acción: estimular las cadenas productivas del sector primario e impulsar esquemas de producción sostenibles para el desarrollo de la productividad y la competitividad.

Recientemente la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) emitió un programa de fomento a la productividad pesquera y acuícola mediante el Fondo de Apoyo para el Programa Estatal de Acuicultura Rural en su componente de desarrollo acuícola, en el subcomponente acuicultura rural en el inciso a) Infraestructura y equipamiento y c) crías, en donde se brindará un apoyo económico





a personas físicas y/o morales para instalar sistemas de cultivo, jaulas, tinas, estanques, bombas, aireadores, filtros, equipos de medición de parámetros, alimentadores para producir crías de trucha, tilapia y bagre.

## Conclusiones

1. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) vigente junto con las oportunidades descritas anteriormente hacia el sector acuícola muestran un panorama poco prometedor para los siguientes años debido a que en el PND nacional y el Veracruzano no se encuentran programas claros que apliquen lo que los objetivos prometen a la acuicultura, aunque, por parte de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca se encuentran apoyos al sector acuícola en los cuales se podría participar para aumentar de forma masiva la producción de postlarva en la región Sotavento y poder surtir de semilla a la república.
2. Se espera que en el sexenio vigente surjan oportunidades atractivas y convincentes para que se pueda colaborar conjuntamente en la constitución de un desarrollo social y producción sostenible de postlarva.
3. Se espera que se le dé importancia a la producción de langostino en la región Sotavento debido a que esta presenta los recursos necesarios y suficientes para realizar la actividad acuícola y es necesario implementarlo para abastecer la demanda existente que se satisface con importaciones.
4. Se propone establecer un programa mediante CONAPESCA que brinde apoyos a acuicultores de la región con capacitación para que produzcan esta especie prometedora.



## Literatura citada

- Ahumada T., E. y J. M. A. Perusquia V. 2016. Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Contaduría y Administración* 61(1):127-158.
- Asiain-Hoyos, A., B. Fernández-Díaz, J. L. Reta-Mendiola, M. S. Delgadillo-Tiburcio, F. Platas-Guevara y C. A. Suárez-Santa-Cruz. 2013. Manual de policultivo langostino malayo - tilapia. Fundación Produce Morelos A.C. y Colegio de Postgraduados, México. 34 p.
- Bardach, E. 1998. Los ocho pasos para el análisis de políticas públicas. Un manual para la práctica. Porrúa Eds. México D. F. 143 p.
- Lorán-Núñez, R. M. 2017. Observaciones de la pesquería de langostino (*Macrobrachium* sp.) en el estado de Veracruz, México. *Ciencia Pesquera* 25(1):31-34.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) Objetivos de desarrollo sostenible. 2019. <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/> [Consultado: junio 2019].
- Platas R., D. E. y J. Vilaboa A. 2014. La acuicultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios* 35:1065-1071.
- Reta M., J. L., A. Asiain-Hoyos, J. Domínguez-Mora, B. Fernández-Díaz y J. Salazar-Ortiz. 2019. La cadena agroalimentaria del langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) en las regiones de Sotavento y Grandes montañas del estado de Veracruz, México: una propuesta para su desarrollo. *Panorama Acuícola* 24:68-70.
- Rodríguez R., J. M. 20017. Políticas públicas. *Revista Venezolana de Enfermería* 4: 17-26.
- Ruiz L., D. y C. E. Cadénas A. 2011. ¿Qué es una política pública?. *IUS Revista Jurídica* 1: 1-26
- Salazar V., C. 2008. Políticas públicas y think tank. Bogotá, Colombia. 528 p.
- Ziccardi, A. 2008. Las políticas y los programas sociales de la ciudad del siglo XXI. *Papeles de población* 14(58):127-139.



## HARINA DE CHÍCHARO EMANS, UNA OPCIÓN DE DESARROLLO PARA LA REGIÓN DE ZONGOLICA

Eduardo Lara Santamaría<sup>264</sup>, Jazmín Villegas Narváez<sup>264\*</sup>, Jacel Adame García<sup>264</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>264</sup>, Aquileo Temoxtle Chipahua<sup>264</sup>, Mauricio Quiahua Temoxtle<sup>264</sup> y Abdul Domínguez Capistrán<sup>264</sup>

### Resumen

Tehuipango es uno de los 212 municipios de Veracruz, que de acuerdo a las cifras del CONEVAL (2018), CONAPO (2018), e INEGI (2015), ocupa el 1<sup>er</sup> lugar en pobreza, marginación social y desempleo en el estado y el 8<sup>vo</sup> a nivel nacional. Por tradición y economía, la harina de chícharo es un producto artesanal de la región de Zongolica, consumida como uno de los principales alimentos en la mesa de las familias Tehuipanguenses. Originalmente en el proceso de elaboración de la harina inicia desde la adquisición del chícharo, la limpieza, el lavado, el tostado en comal, y posteriormente el molido en metate, cerniéndolo constantemente hasta obtener la mayor parte del material con la textura característica de la harina. Como mejora del proceso se sustituyó el comal por un horno de secado, para tener control de la temperatura a la hora de eliminar humedad y evitar la existencia de partículas calcinadas. Este proceso de deshidratación se convierte también en un método propio de conservación natural, remplazando el uso de químicos. Otra aportación al proceso, es el uso de un molino mecánico, reduciendo el esfuerzo al moler la materia seca, acortando el tiempo de elaboración y optimizando el aprovechamiento del recurso. La etapa de empaquetado del producto final, se hace en bolsas de grado alimenticio (siguiendo las normas de salud) y empaquetado en la caja de marca EMANS®, lista para la distribución y venta. EMANS® es un proyecto que mejora el proceso de elaboración de la harina para comercializarla a mayor escala, conservando la esencia artesanal, dando valor agregado al producto, y garantizando

---

<sup>264</sup> Tecnológico Nacional de México. IT de Úrsulo Galván, Veracruz, \*jazzjvn@hotmail.com



la inocuidad y calidad del mismo. Con lo anterior se genera una fuente de empleos que impulsa el comercio directo entre agricultores con la industria, promoviendo el pago justo por su producción. En este proyecto los habitantes son quienes forman parte del cuerpo laboral y de proveedores, considerando padres y madres de familia, estudiantes, campesinos, agricultores, personas con capacidades diferentes, mejorando su economía y posicionando el nombre de Tehuipango, Veracruz, en el conocimiento de todo el estado y el resto del país.

**Palabras clave:** proyecto, innovación, desarrollo

## Introducción

Se desarrolla un proyecto disruptivo que fortalezca las competencias creativas, emprendedoras e innovadoras a través de la transferencia de tecnológica y comercialización, dando respuesta a las necesidades de los sectores estratégicos, propiciando la vinculación, satisfaciendo las necesidades del entorno, generando valor agregado al producto y promoviendo la protección de propiedad intelectual. El proyecto incluye generar empleo y oportunidad de ingresos a las familias y agricultores. Mediante la inclusión de los pobladores del municipio en el desarrollo de un producto que conocen por origen, tanto en la elaboración de la harina como en la transformación para uso alimenticio, el cual, a partir de una estructura comercial, podrá colocarse en el mercado para activar la economía de la comunidad y sus participantes.

La agricultura fue un paso clave en el desarrollo de la humanidad, los historiadores afirman que, en el periodo Neolítico, el hombre pasó de la caza, la pesca y la recolección, a las actividades agrícolas y ganaderas. Esto ocurrió hace más de diez mil años; la agricultura se desarrolló de manera independiente en varios puntos del planeta, en Mesopotamia se cultivó trigo y cebada, en Asia el arroz, en Mesoamérica el maíz. Los primeros agricultores ocuparon diferentes regiones y en todas surgieron grandes civilizaciones. En México la agricultura prehispánica se





caracterizaba por tener como base el sistema milpa, asociando cultivos como el maíz, frijol, chile y calabaza. Se practicaba la rotación de cultivos para conservar el suelo y se diseñaron sistemas agrícolas adaptados a las condiciones propias de Mesoamérica, como terrazas en suelos con pendiente que se siguen utilizando hasta nuestros días. El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), constituye actualmente un cultivo de alta importancia y gran demanda en el mercado nacional e internacional, debido al considerable número de familias que dependen de su cultivo (Subía, 2007). La arveja es una leguminosa considerada como hortaliza o legumbre, herbácea de hábito rastrero o trepador, que se desarrolla en climas templados y templados fríos (Silva *et al.*, 2017). Posee un alto contenido de proteína (6.3% en verde y 24.1% en seco). Se consume en forma fresca, enlatada, como grano, en harina. Además, tiene una gran capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico y como tal es una buena opción dentro de un plan de rotación de cultivos ya sea a campo abierto o bajo invernadero (Díaz, 2018).

Este proceso de elaboración reduce esfuerzo, tiempo, costos y asegura la calidad e inocuidad de la harina. Se aplican modificaciones en la estructura del proceso de elaboración, agregando utensilios que permiten tener una mayor producción en menor tiempo y esfuerzo físico, así como la implementación de tecnología que permite el control de la temperatura a la que se somete la materia. Todo dentro de lo que marcan los lineamientos de las normas oficiales para alimentos (harinas).

Lo anterior impacta en la reducción de la pobreza y el desempleo en la región. Mediante la fabricación de harina a grandes volúmenes para su comercialización activando progresivamente la economía, desde los campesinos que producen la materia prima, hasta los colaboradores que la transforman, y su distribución. El producto observa una demanda para cubrir diversas necesidades por lo que es destinado a distintos sectores, ya que por sus propiedades y formas de preparación, pueden consumirlo niños, adultos, ancianos, deportistas, personas que gustan de alimentos veganos o vegetarianos, o con dietas especiales. Se apoya a las familias con extrema pobreza (Figura 1) mediante alianzas con programas federales que favorezcan al sector vulnerable de la región, permitiendo así no solo tener un



ingreso extra con la creación de empleos, sino que también coadyuvar en el estudio y alimentación de las familias para mejorar su nivel de vida.



**Figura 1. Habitantes de la Región de Zongolica, Veracruz. Archivos fotográficos del Video tomado para el ENEIT 2018 (Fallo García, 2018).**

Con ello se impulsa el reconocimiento social del municipio, tal como Coatepec, Veracruz, Tequila, Jalisco, por mencionar algunos que por el reconocimiento de su producto han adquirido fama a distintos niveles, por lo que se busca que Tehuipango, Veracruz, logre ese impacto como municipio, para que se pueda activar el turismo y así, ser un impulso colateral para el crecimiento de la región y del producto mismo.

El producto se inicia en el municipio de Tehuipango, y se pretende expandir al resto del estado de Veracruz y comunidades de otros estados en situaciones similares para crecer como empresa producto, y el apoyo a distintas regiones del estado en situación de marginación socio-económica.

## **Materiales y métodos**

El trabajo se realizó en la región de Zongolica y en el Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván, en donde se elaboró el producto, mediante la creación de un prototipo con las características de una empresa/producto que cumpliera con necesidades en el mercado de servicio/producto. Una vez establecido el producto y



darle imagen y presentación, se realizó análisis bromatológico del producto y se aplicaron entrevistas dentro y fuera del tecnológico, para medir la satisfacción con respecto al producto. En el desarrollo del proyecto trabajaron estudiantes de la zona de Tehuipango quienes conocen el cultivo, permitiendo con eso incrementar y fortalecer su competencia creativa, emprendedora e innovadora. Se realizó una investigación de mercado y análisis financiero y se verificó su factibilidad de mercado, financiera y comercial.

## Resultados y discusión

Inicialmente el proyecto se inició dentro de una asignatura, en la que se planteó la idea de crear una harina que se podía preparar para consumir como puré, pero de forma más sencilla, rápida, y nutritiva. La harina de chícharo es un alimento que se consume por costumbre, tradición y principalmente por necesidad en la región de Zongolica en el municipio de Tehuipango, Veracruz; lugar de donde son originarios dos de los cinco miembros del equipo EMANS<sup>®</sup>, por lo que se decidió dar a un producto técnicamente desconocido, una imagen, presentación formal, estructura comercial y demás características que tiene un producto en el mercado formal. En su inicio, el proyecto fue destinado para Innovación Tecnológica Categoría Producto, pero después de investigar y conocer más del proyecto, se optó en crear una empresa, una marca, un producto y una solución para una zona con alta marginación y necesidad, con posibilidades de crecer y apoyar la situación económica de sus habitantes. Fue cuando se transformó de Proyecto de Innovación Tecnológica Categoría Producto a Proyecto de Innovación Tecnológica “EMANS” Innovación Social (Pérez-Porto y Merino, 2018).

El grupo de interés en este proyecto fueron los habitantes de Tehuipango de la zona montañosa de la región de Zongolica (Figura 2), la cual es población indígena, y se sitúa en una condición de riesgo al no poder incorporarse a un desarrollo y mejora económica y de educación (CEIEG, 2016).



**Figura 2. Tehuipango, Veracruz. 2018. Archivos fotográficos del Video tomado para el ENEIT 2018 (Fallo García, 2018).**

EMANS® es un producto nuevo con diferentes barreras para su implementación. Por ejemplo, el posicionamiento en el mercado cuya competencia se centra en la diferenciación de harinas ya existentes, la confianza en su valor nutrimental, el reconocimiento del producto, la percepción de calidad, los volúmenes de producción, la falta de canales de distribución y de capital, y el desconocimiento de las normas de calidad e inocuidad, por parte de los involucrados en la elaboración hasta el posicionamiento del producto en el mercado, para obtener el reconocimiento y aceptación y lograr un ingreso constante y creciente. El Tecnológico apoyara en la implementación de estrategias de mercado, aplicación de normas oficiales, búsqueda de fuentes de financiamientos y canales de distribución.

En este sentido, se destaca la participación del grupo social de la comunidad de Tehuipango, como un factor importante dentro de esta innovación, desarrollando cada uno de los procesos, incluyendo la adquisición del chícharo a precio justo para los agricultores, la transformación de la semilla a la harina, y el empaclado con base a las normas de calidad e inocuidad conocidas, mediante capacitación constante para su producción, y aportando mejoras para el éxito de la innovación.

Los beneficiarios directos son los productores de chícharo y las personas que constituyen la mano de obra; así mismo, los beneficiarios indirectos serán las





familias de cada uno de los participantes de la innovación y de la comunidad. Al lograr un producto posicionado en el mercado de materias primas y de consumo, se implementarán estrategias de marketing digital, para la promoción de la comercialización de la harina, la relación pública con el cliente y la venta directa, el posicionarlo en un mercado local y puntos estratégicos donde el mercado meta (veganos, dietéticos, orgánicos y vegetarianos) pueda adquirirlo de forma fácil y accesible, abriendo a más sectores de la población la adquisición, que comúnmente no son de fácil acceso, por ser de costo muy elevado.

Una vez asegurada la materia prima y mano de obra, se estructuró la línea de producción y se capacitó al personal en el manejo de las nuevas herramientas del proceso de elaboración (como la programación del horno de secado). Como planes para ampliar el mercado, el producto se venderá en supermercados y tiendas de autoservicio en Orizaba como área de influencia, punto de venta y distribución. De la misma forma se buscará financiamiento gubernamental y afiliación a cadenas comerciales nacionales e internacionales de prestigio (marcas de productos alimenticios veganos, vegetarianos, dietéticos y orgánicos), sector al que se integraría la empresa por las características del producto (100% natural, alto contenido nutricional y precio accesible). Mediante redes sociales y página de internet se podrá mantener la cercanía y contacto con los clientes y distribuidores. Una vez posicionados en el mercado y con la estabilidad financiera suficiente, se establecería un apoyo educativo a los trabajadores y sus familias, como desarrollo social a la comunidad.

Se hizo un análisis detallado de la instalación de la empresa hasta la operación, estableciendo los costos fijos y variables, la composición del producto, la contratación de empleados y las ventas estimadas. Los resultados que arrojó la corrida financiera fue un costo unitario de \$ 32.63, un precio de venta de \$ 60.00, y una recuperación de la inversión en 14 meses, con un punto de equilibrio de 1, 017 piezas de 350 g, calculando vender 1, 800 unidades, para lograr un VAN de \$263, 465.00, y una TIR de 653.3%, tomando en cuenta impuestos, amortizaciones y depreciaciones. Se observa un negocio viable con beneficios para la comunidad, ya



que se generarán empleos, se activará la economía de la producción de chícharo, y el municipio obtendrá el reconocimiento social en el estado y el país.

Este proyecto se medirá y evaluará a través de los años como una innovación social, empleando los indicadores RESINDEX, considerando los recursos invertidos (fuentes de financiamiento, tipos de socios y organizaciones, grado de sostenibilidad), grado de diversidad en la mejora (nuevas presentaciones, diversas envolturas, mercados nuevos), grado de difusión social y participación (empleos, cobertura, encuestas satisfacción, pluralidad de sectores), efectos sobre los beneficiarios y otros grupos (familias beneficiadas).

Finalmente, para verificar que la harina de chícharo conserve sus propiedades nutritivas se compararon los resultados de los análisis bromatológicos de la harina obtenida por el método tradicional, contra la innovación al proceso, propuesto por EMANS®, los cuales no variaron.

Se implementaron equipos tecnológicos para mejorar el proceso de elaboración y asegurar la inocuidad y calidad del producto, tales como el uso de horno de secado ajustado a temperatura continua para la deshidratación del chícharo, supliendo el comal y evitando la existencia de partículas calcinadas en la composición de la harina. El uso de molinos semi-industriales para la automatización del proceso de triturado y molienda, se tradujo en una reducción del tiempo de elaboración e inversión de esfuerzo. Las modificaciones no cambiaron la esencia del producto, su sabor, o sus propiedades.

En este sentido, se destaca la participación de la comunidad de Tehuipango, como el actor más importante dentro de esta innovación, desarrollando cada uno de los procesos (desde la siembra de chícharo y la transformación de la harina, hasta el empaclado), con base a las normas de calidad e inocuidad, obtenidas mediante capacitación constante para asegurar el éxito de la innovación.

Se sugiere generar un producto nuevo terminado como harina o puré, y en las estrategias de mercado por ejemplo, el posicionamiento de un producto cuya competencia se centre en la diferenciación de harinas y existentes, la confianza en su valor nutrimental, el reconocimiento del mismo, el nivel de percepción de la calidad, los volúmenes de producción, establecimiento de canales de distribución



(tiendas naturistas, súper mercado), búsqueda de capital o fuente de financiamiento.

Se considera la aplicación de las normas de calidad e inocuidad por parte de los involucrados en la elaboración, hasta el posicionamiento del producto en un mercado, que facilite lograr el reconocimiento del mismo y así generar un ingreso constante.

Los beneficiarios directos son los productores de chícharo de la región de Zongolica, así como las personas encargadas de realizar el proceso, así mismo, los beneficiarios indirectos serán las familias de los participantes de la innovación y de la comunidad. Al tomar en cuenta el producto posicionado en el mercado de materias primas y de consumo, se implementarán estrategias de marketing digital lo cual permitirá la promoción de la venta de la harina, la relación pública con el cliente y la venta directa, así mismo su posicionamiento en un mercado local y plazas estratégicas, con un mercado meta (veganos, dietéticos, orgánicos y vegetarianos) que pueda adquirirlo de una manera fácil y accesible.

Se busca posicionarse en un mercado que permita a los agricultores vender su producto de forma constante y segura, que genere empleo a los habitantes de la región disminuyendo la migración, que impulse la creación de productos derivados de cultivos locales tradicionales, y apoye empleos en en la transformación de la materia prima para la realización un producto específico, mejorando así la economía familiar. Se pretende promover el reconocimiento social al ofrecer productos 100% naturales, e incluir un producto nutritivo a la canasta básica, con múltiples opciones de consumo. Inicialmente este proyecto beneficiaría económicamente a 50 personas, con posibilidad de crecer según la demanda del producto.

El chícharo tiene un alto valor nutrimental y la producción es económicamente viable de acuerdo al análisis realizado si se aprovecha de manera integral, con la técnica adecuada y buscando los canales de comercialización apropiados. Tiene potencial para ser uno de los cultivos más rentables del sector primario en la región, dada la gran cantidad de productos a generar, y por la creciente demanda que tienen los productos naturales.



La región de Zongolica (Figura 3) no se considera con potencial industrial o empresarial, aunque tiene diversos productos agropecuarios. Sin embargo, existen comunidades con condiciones para cultivo, y el chícharo representa una alternativa de desarrollo para la misma mediante su aprovechamiento total.



**Figura 3. Tehuipango, Veracruz. 2018. Archivos fotográficos del Video tomado para el ENEIT 2018 (Fallo García, 2018).**

## Conclusiones

1. Se propone una alternativa que generará empleo en la zona de Tehuipango Veracruz, en el que el trabajo de las mujeres encargadas de obtener la harina se mejorará al incluir tecnología a su proceso.
2. La harina de chícharo conserva sus propiedades nutricionales al mejorar el proceso de obtención y secado en horno, con molienda mecánica.
3. Las familias que participaron en el proyecto ya comienzan a comercializar el producto con la marca EMANS®, la cual cuenta con registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial desde el 2018.
4. Los estudiantes del IT de Úrsulo Galván participantes dentro del proyecto, desarrollaron habilidades de emprendedurismo.





## Literatura citada

- Pérez-Porto, J. y Merino, M. 2018. Innovación. Recuperado de <https://sites.google.com/site/sitecipn/home/antecedentes> (20 de noviembre de 2018).
- CEIEG. 2016. Tehuipango, Veracruz. Recuperado de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Tehuipango.pdf> (30 de agosto de 2018). <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/402>
- IMPI. 2018. Recuperado de <https://www.gob.mx/impi>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015. Censo poblacional Tehuipango.
- Consejo Nacional para Evaluación de la Política Social (CONEVAL). 2018. Principales estados en situación de marginación. <https://www.coneval.org.mx/Paginas/principal.aspx> [Consultado el 19 de agosto de 2018].
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2018. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo> [Consultado el 19 de agosto de 2018].
- Díaz Corredor, D. P. (2018). Incidencia del sello de alimento ecológico en las empresas agroexportadoras de café: caso federación nacional de cafeteros. Tesis de Licenciatura. Universidad Agustiniana, Bogota D.C., Colombia. 70 p. <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/402/DiazCorredor-DianaPaola-2018.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Silva, R. C., C. N. Chávez J. y H. Huamán E. 2017. Rendimiento de tres cultivares de arveja (*Pisum sativum* L.) con aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el anexo de Taquia, Chachapoyas. Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable 2(2):26-33.
- Subia, C., E. Peralta, E. Falconí, J. Pinzón, D. Mooney, y S. Swinton. 2007. Diagnóstico sobre el cultivo de fréjol arbustivo y el uso de Pesticidas en el sistema de producción, en Los Valles de Chota y Mira. Publicación miscelánea No. 138. INIAP. Quito (Ecuador). 55 p. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2708> [consultado el 26 de octubre de 2019].



## MERCADO DEL CAFÉ EN LA CIUDAD DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

Karla Johely Hernández Mendoza<sup>265</sup>, Benigno Rodríguez Padrón<sup>265\*</sup>, Emiliano Pérez Portilla<sup>265</sup>, Vinicio Horacio Santoyo Cortés<sup>265</sup> y Juan Ángel Tinoco Rueda<sup>265</sup>

### Resumen

El mercado es un espacio donde interactúan las fuerzas de la oferta y la demanda para determinar y/o modificar los precios. Por ello, un estudio de mercado incluye la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. Este trabajo aporta información a los productores del país, cómo acceder a los consumidores y obtener una mejor retribución del esfuerzo que cada agente de comercialización aporta a través de la cadena productiva del café. Así mismo este tipo de trabajos dan la pauta para que en un futuro el mercado crezca a través de los consumidores urbanos y permita mejorar el ingreso tanto de los productores como de los proveedores de esta bebida. Un estudio de mercado permite definir los tipos de café que se ofrecen y se consumen, mediante el conocimiento de las características de los consumidores. El estudio de mercado permite conocer el potencial que se tiene de un producto para seguir ofertándose en sus diferentes calidades. El estudio consideró a la cabecera municipal de Texcoco. Para la obtención de la información se emplearon dos cuestionarios, uno fue dirigido al público en general, y el otro, a los establecimientos que expenden café. El primero fue aplicado al público en general basándose en una estratificación por edades, de 12 a 20, de 21 a 40 y de 41 años en adelante, realizando 15 entrevistas por estrato y un total de 45 entrevistas; el segundo fue aplicado a 15 dueños o administradores de establecimientos que ofertan café en la ciudad de Texcoco. Con los resultados se estructuró una lista de los establecimientos que ofertan productos de café y se generó una base de datos en Excel 2016. Se

---

<sup>265</sup> Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional Universitario Oriente. Huatusco, Veracruz, México.  
\*[beroopadron\\_67@hotmail.com](mailto:beroopadron_67@hotmail.com)



obtuvieron las características del mercado, e información respecto al consumo de café en la zona de estudio, tipos de consumidores, canales, márgenes de comercialización y los tipos de establecimientos que ofertan este producto.

**Palabras clave:** estudio de mercado, calidades de café, consumo de café, cadena productiva

## Introducción

La Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café (AMECAFE) A.C., calculó que en el 2016 el consumo de este grano en México fue de 87, 300 t de producto final, de ellos, 54.2% correspondieron a la modalidad soluble, el 40.5% a café molido, y sólo el 5.3% al tostado en grano. Esto equivale a 2.84 millones de sacos de 60 kg de café verde y a un estimado de 1.41 kg de consumo per cápita en ese año. Según estudio de Euromonitor (2016), las entidades con mayor consumo fueron San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, en donde el consumo per cápita es de tres tazas por día.

El café es una bebida tradicional en la región de Texcoco, pero su consumo y los espacios de socialización que existen en la ciudad se han deteriorado, de ahí la importancia de estudiar las características del mercado de este producto, que permita definir el tipo de negocios o cafeterías que se pueden establecer para vender café de calidad y lograr más y mejor servicio. También se considera como una necesidad conocer las alternativas para la valorización de la calidad en los cafetales de los pequeños productores y evaluar las oportunidades de vínculos que deben construirse entre los productores y algunos compradores a fin de que ambos obtengan mayores beneficios económicos.

Mediante el estudio de mercado del café en la ciudad de Texcoco se generan resultados que le permite a los pequeños productores cafetaleros de los estados productores de México, tener información de cómo participar en los mercados de



los consumidores y cómo obtener una mejor retribución económica al esfuerzo que cada agente de comercialización aporta a través de la cadena productiva del café. El presente trabajo tuvo como objetivo principal, realizar un estudio de mercado de café en la ciudad de Texcoco, Estado de México, analizar las características del mercado para determinar posibles nichos comerciales para el café de calidad y describir los canales de comercialización del café que se consume en la ciudad de Texcoco, Estado de México, determinando los márgenes de comercialización del café que se expende.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la ciudad de Texcoco, el cual se encuentra localizado en la zona oriente del Estado de México, al nororiente de la Ciudad de México. El municipio colinda al norte con los municipios de Tepetlaoxtoc, Papalotla, Chiautla, Chiconcuac, al sur con Chimalhuacán, Chicoloapan e Ixtapaluca, al oeste con Atenco y al este con los estados de Tlaxcala y Puebla. En el marco de la regionalización del Estado de México, Texcoco forma parte de la región económica III, subregión 3.3 y tiene una extensión territorial de 418.69 km<sup>2</sup>. La altitud de la cabecera municipal alcanza los 2,250 m.

De acuerdo al último censo de población realizado por el INEGI en 2010, Texcoco cuenta con 235,151 habitantes, de los cuales, el 49.2% son hombres, y 50.8% mujeres. La densidad poblacional es de 561.6 habitantes por km<sup>2</sup>. La población es mayoritariamente joven; para el año 2010 los menores de 14 años representaban el 27.57%. El 27.72% de sus habitantes tiene de 15 a 29 años, es decir, la proporción de jóvenes supera el 55.29%, mientras que la población en el rango de 30 a 59 años representa el 36.74% y únicamente el 7.97% del total de la población es mayor de 60 años (IEEM, 2018).

El presente estudio contó con la participación de la población, dentro del área de estudio sólo se consideró a la cabecera municipal del mismo nombre. En el desarrollo de esta investigación se usaron métodos empíricos para la recopilación





de información y datos. Se emplearon cuestionarios dirigidos para conocer los hábitos de consumo, donde se abordaron preguntas generales sobre gustos y preferencias en cuanto a esta bebida. Se obtuvo información con relación a la frecuencia de consumo de café y preparación. Se incluyeron preguntas acerca de dónde realizan este consumo, así como precios y calidades que prefieren. Por último, se abordaron características que los clientes buscan en un establecimiento, el nivel de ingresos de los mismos, preferencias con relación al consumo de café, además de conocer las características de los establecimientos oferentes de esta bebida dentro de la ciudad.

Dado el tamaño de la población de la ciudad de Texcoco, se aplicaron entrevistas a una muestra estratificada por edades: de 12 a 20, de 21 a 40 y de 41 años en adelante, realizando 15 entrevistas por cada estrato dando un total de 45 entrevistas al público en general, y 15 entrevistas a diferentes establecimientos que ofertan café en la ciudad. Se construyó una lista de los diferentes establecimientos que ofertan productos de café. Por lo que respecta a la primera parte, se realizaron preguntas para conocer las características de los consumidores de esta bebida en la ciudad, algunos de los reactivos consistieron en la edad y sexo, además de su lugar de residencia, ocupación e ingreso mensual.

Para conocer los hábitos de consumo de café de los entrevistados se elaboraron preguntas acorde a lo requerido para poder profundizar y dar claridad, como las bebidas que consume y las preferencias de la taza de café, temperatura, con qué y con quienes acompaña su ingesta, así como el número de tazas que consume al día.

Para conocer las características del consumo que hacen los entrevistados en algún establecimiento oferente de café, se hicieron preguntas dirigidas hacia la frecuencia con la que acuden a alguno de los establecimientos, el para qué y el porqué de sus visitas, si el consumo de esta bebida es satisfactorio para ellos y con qué factores determinan su satisfacción, el precio al que lo adquieren y los servicios que les proporcionan estos establecimientos.

Los establecimientos que ofrecen café en la ciudad de Texcoco cuentan con características propias, es por ello que se realizaron preguntas particularmente para



el conocimiento del local en general, incluyendo el nombre, ubicación, decoración, funcionalidad, capacidad, personal, horarios de servicio y calidad en los servicios que ofrecen; además de que se profundizó en algunos costos en los que incurren, lo que incluye la información del tipo de propiedad del local, también fue investigado en relación a la procedencia y el precio del café que adquieren y salarios al personal contratado. También se hicieron preguntas para conocer los productos a base de café más vendidos, su precio y la cantidad de café que venden por día, así como las temporadas bajas y altas en ventas, las preferencias de sus clientes en cuestión al insumo café y de la disposición que tienen para capacitarse, innovar o para adquirir un nuevo producto. Las entrevistas fueron realizadas durante junio, julio y agosto del 2018.

## **Resultados y discusión**

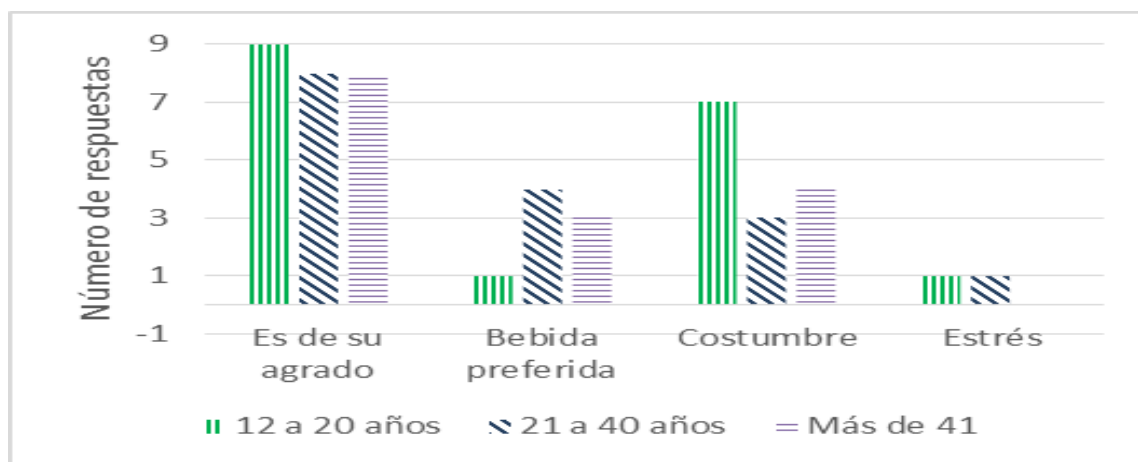
### **Características generales en el consumo de café**

Dentro de los tres rangos de edad, 24 personas fueron mujeres y 21 varones. La mayoría de las mujeres con edad mayor a los 41 años, mientras que la mayoría de los hombres encuestados se encuentran en el rango de 12 a 20 años. Una de las explicaciones fue que en el estudio predominen las mujeres, empleadas o realizan algún tipo de comercio informal dentro o en alrededores de la ciudad; los hombres, de acuerdo al rango de edad en el que se encuentran, son jóvenes que transitan por el centro de la ciudad a causa de la entrada o salida de las escuelas cercanas al centro o por acudir al transporte público.

Sobre preferencias de consumo se opta por consumir agua como primera opción, seguido de refresco, y finalmente el café. El agua es consumida como bebida vital, y los refrescos son demandados como resultado de la mercadotecnia y por ser fáciles de conseguir. El consumo de café, tiene un nivel alto comparado con el nacional, pero es menor que el consumo de agua y refrescos. El café se consume a diario, independientemente de la edad. En temperatura, las preferencias de consumo van de caliente (28 personas), a tibio (14 personas). El motivo de consumo

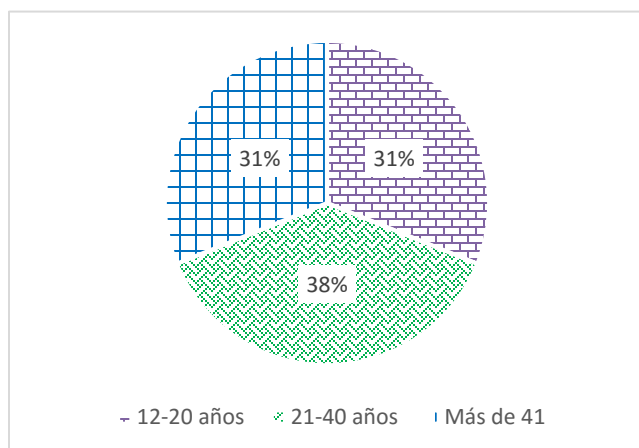


de café es por agrado (Figura 1), además lo señalaron como costumbre desde la infancia; sin embargo, esta costumbre fue basada en cafés solubles.

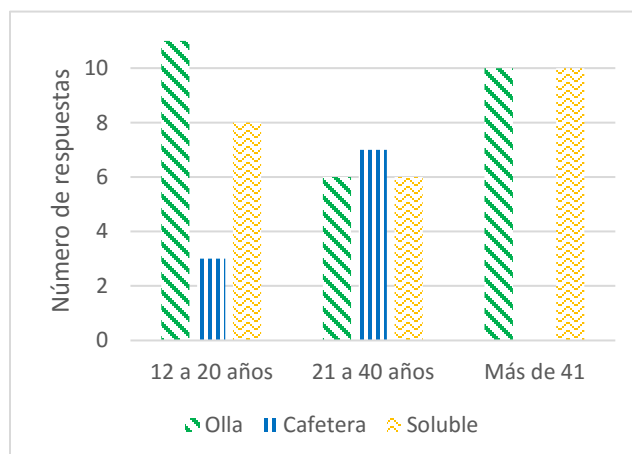


**Figura 1. Motivos para preferir el café.**

Dos de los tres rangos de edad consumen el mismo número de tazas de café por día. 28 consumen 1.8 tazas en promedio diarias. El rango con mayor consumo es el de 21 a 40 años con 2.5 tazas diarias (Figura 2). Con esto se puede decir que existe un amplio consumo de café, y existen clientes potenciales para los diferentes establecimientos que oferten este producto.



**Figura 2. Porcentaje de consumo por edad**



**Figura 3. Preferencias de preparación**



### **Hábitos de consumo de café**

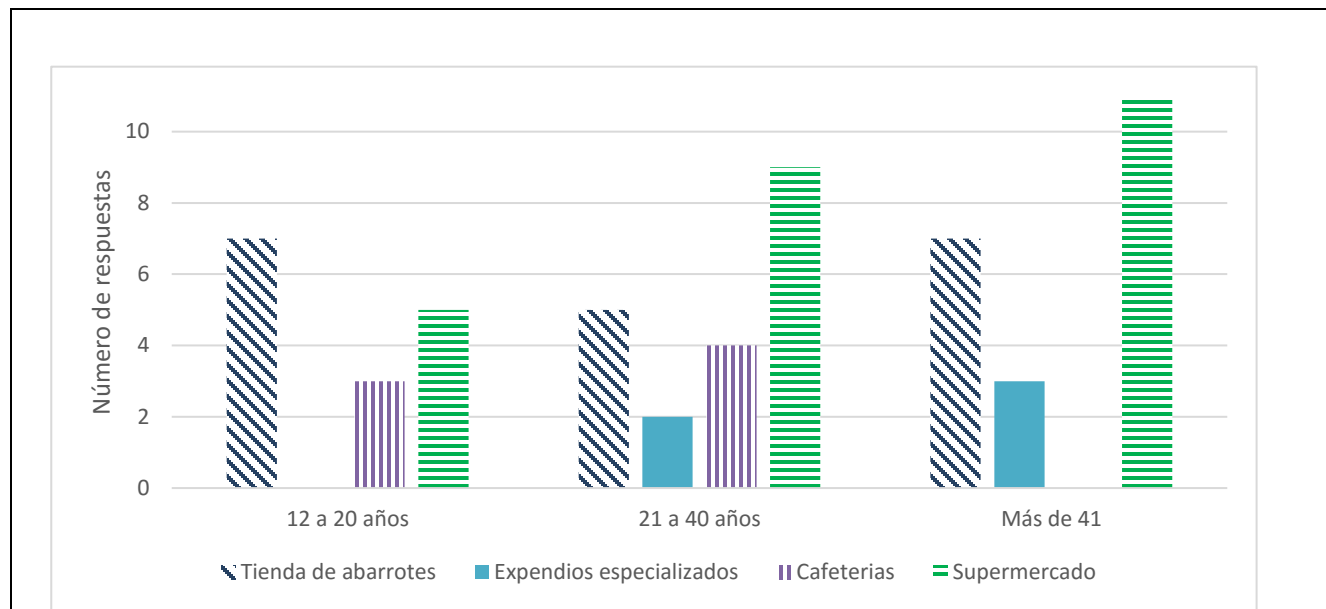
De acuerdo con las opciones de los tipos de café que se consumen en la ciudad, se obtuvo que la mayoría de los encuestados consumen café de olla, seguido de café soluble, y por último, café extraído en cafetera; aunque en este último se observó que las personas encuestadas con más de 41 años no lo consumen ya que algunos mencionaron que con esta manera de extracción el café es más cargado (Figura 3). Las preferencias del recipiente en el que se consume el café se inclinan por una taza, seguido de un jarro, como tradicionalmente se hacía, y otros prefieren tomar el café en un termo, esto último como exigencia de su rutina diaria. Éstas maneras de consumir la bebida, se acomoda a las posibilidades, tanto de consumo como de transporte del producto. La mayoría acompaña el café con azúcar y pan, siendo éste último uno de los productos más consumidos y comercializados en la ciudad y el municipio.

Los informantes prefieren tomar un café con carga media, viéndose esta preferencia reflejada en la población arriba de los 41 años, seguida por la población de los 12 a los 20 años, para la población de 21 a 40 años de edad gusta de consumir un café cargado. Esto se ve reflejado para este rango de edad en donde la mayoría son personas económicamente activas, además de estudiantes universitarios que requieren una ingesta alta de café para mejorar los resultados de sus actividades diarias.

### **Características de consumo de café en establecimientos**

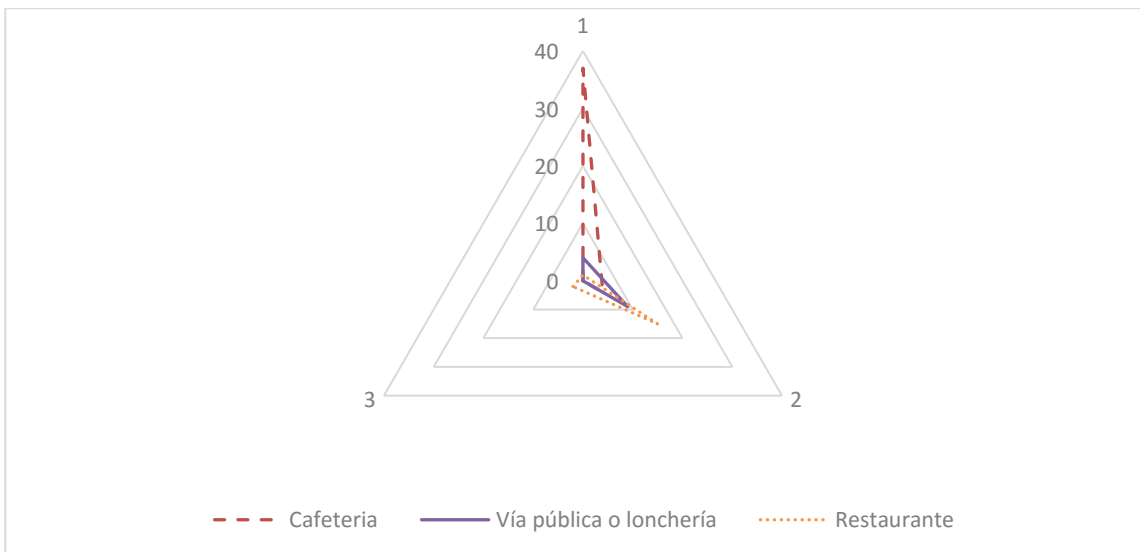
El café en polvo se compra en los centros comerciales o supermercados, y tiendas de abarrotes cerca de su vivienda. El grupo etario de más de 21 años de edad prefiere comprar su café en el supermercado, el de 12 a 20 años prefiere comprar el café tostado y molido en tiendas de abarrotes (Figura 4)





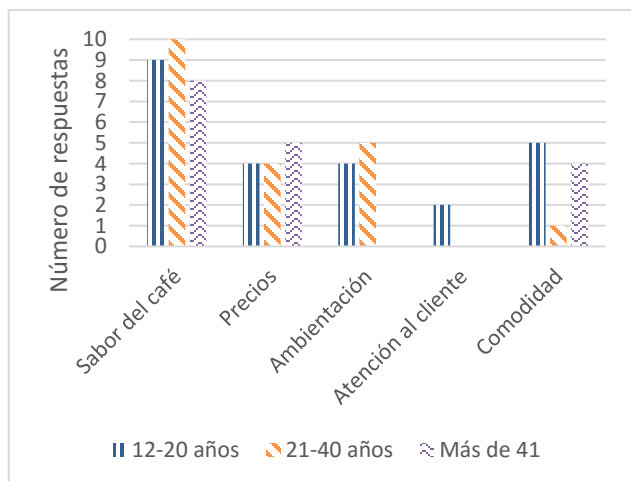
**Figura 4. Establecimientos preferidos por los entrevistados para adquirir el café tostado y molido por grupo etario.**

Las personas con edades superiores a los 20 años tienen las posibilidades de transportarse a algún supermercado, pero los menores a 20 años que depende económicamente de su familia consiguen el producto en establecimientos cercanos a sus viviendas, como las tiendas de abarrotes. La frecuencia con que la población asiste a un establecimiento para consumir café es de 2 a 3 veces por semana; algunas personas sólo lo hacen en sus hogares, y otras asisten diariamente, por rutina o porque son dueños de algún establecimiento dedicado a la venta del producto. La mayoría de los entrevistados acuden a una cafetería a consumir café, siendo esta su establecimiento de preferencia, también se consume en la vía pública en comercios informales. Después le siguen los restaurantes, y por último, los supermercados que ofrecen este servicio (Figura 5).

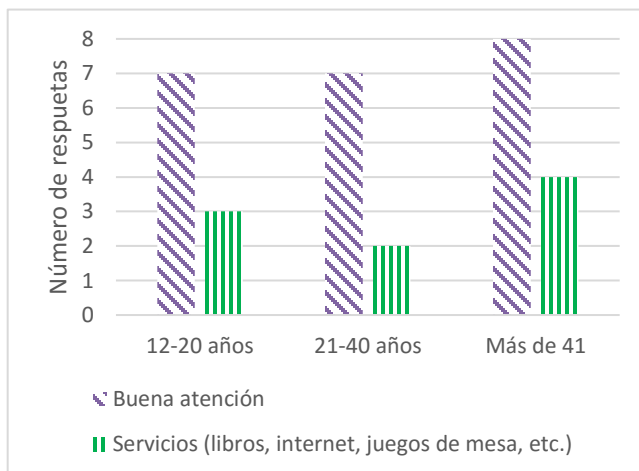


**Figura 5. Establecimientos de preferencia por los entrevistados para realizar el consumo de café (1, 2 y 3 escala de preferencia).**

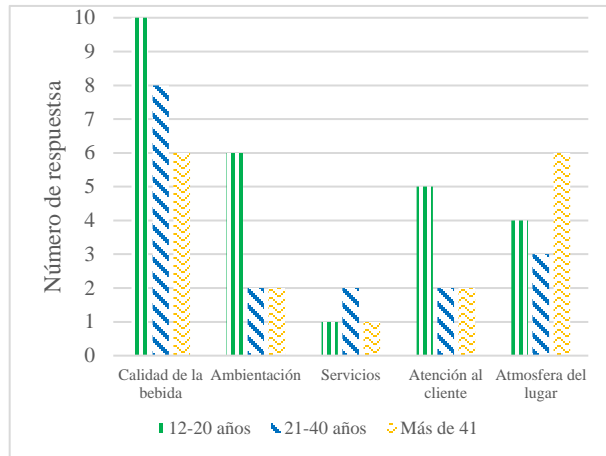
Para los tres rangos de edad en los que se agrupó a los entrevistados, la razón por la que frecuentan algún establecimiento es por el sabor que tiene la bebida, quedando los precios en segundo factor a considerar, seguido de la comodidad y la ambientación del lugar (Figura 6). La mayoría de los entrevistados consideran la buena atención del cliente como primordial elemento para continuar con el consumo en algún establecimiento en el cual ya hayan acudido (Figura 7).



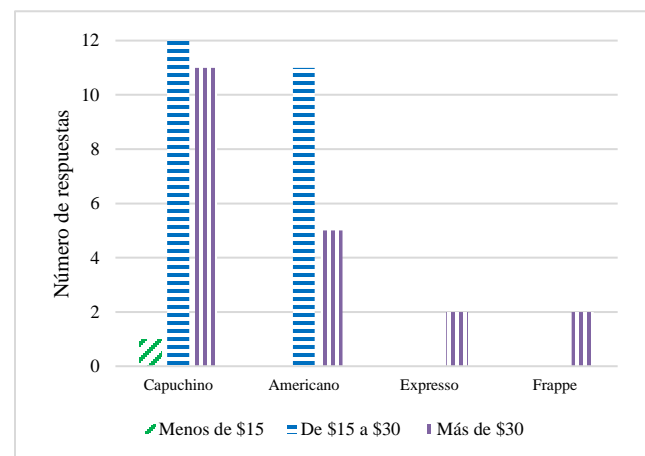
**Figura 6. Razones por las que los entrevistados asisten a un establecimiento de café.**



**Figura 7. Razones por las que los entrevistados regresarían a consumir café a un establecimiento.**



**Figura 8. Motivos de los entrevistados para la elección de una cafetería**

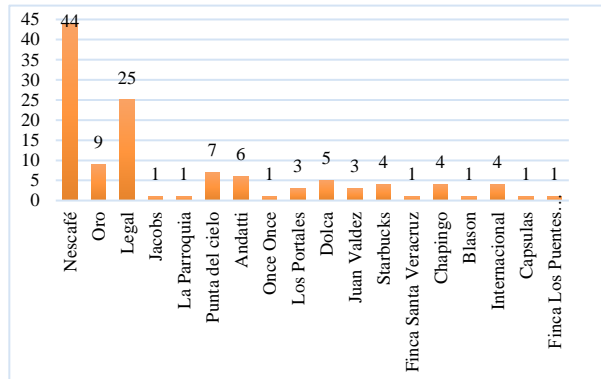


**Gráfica 9. Precios por diferentes tipos de preparación de café (taza).**

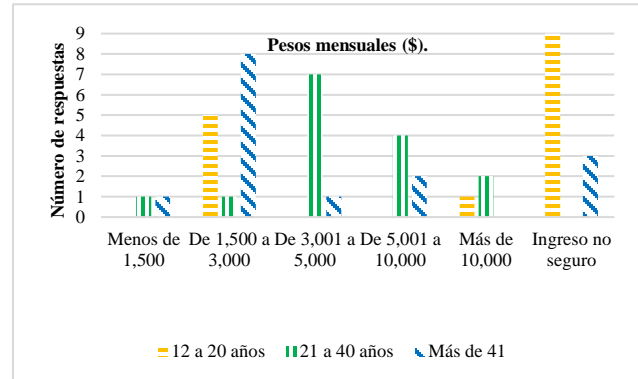
El criterio de calidad de café para los entrevistados es el sabor de la bebida, además del aroma, color y la limpieza del lugar. La calidad de la bebida es fundamental para la elección de una cafetería como buena atmosfera y ambientación del lugar y la atención al cliente. La mayoría de los entrevistados están dispuestos a pagar más de \$30 por una taza de cualquier tipo de café, sin embargo, el café capuchino es uno de los tipos de preparación más adquiridos en la ciudad de Texcoco y por el cual los entrevistados están dispuestos a pagar más de lo habitual que normalmente es de \$35.

### **Características en el café para un consumidor y su ingreso mensual**

Los tres rangos de edad incluidos en las entrevistas consideran que consumen café de buena a excelente calidad en la ciudad; sin embargo, los criterios de calidad se basan en el sabor de la bebida. Por otra parte, un buen sabor y un buen aroma en el café son unas de las características específicas que más buscan los consumidores. A pesar que la calidad del café es subjetiva, para los entrevistados la calidad es todo aquello que sea considerado gourmet o que contenga esta palabra en su presentación; además de ello, también se basan en el prestigio de la marca del producto que van a consumir.



**Figura 10. Marcas de café más mencionada por los entrevistados.**



**Figura 11. Ingreso de los entrevistados por grupo de edad (\$ mensual).**

La marca más reconocida en la ciudad es NESCAFE, marca de café soluble y el más consumida, al igual que la marca LEGAL, siendo este último un café molido de baja calidad y una de las marcas más promovidas y accesibles en el mercado (Figura 10). Estas dos marcas son las de mayor presencia en Texcoco y las cuales han servido de pauta para hacer costumbre el consumo de café en la zona.

Por lo que respecta al nivel de ingreso mensual, se obtuvieron diferencias significativas por rangos de edad. Para la población en el rango de 12 a 20 años no se cuenta con un ingreso mensual seguro, ya que la mayoría son estudiantes y dependen del ingreso familiar; para el rango de 21 a 40 años, la mayoría de ellos tienen un ingreso mensual de \$3,000 a \$5,000. Se observó que este rango posee ingresos seguros con respecto a los otros dos rangos. El rango de más de 41 años señaló ingreso mensual de \$1,500 a \$3,000, pero algunos integrantes de este rango no tienen un ingreso seguro, debido a que la mayoría perciben pensiones del gobierno, la cual es casi la totalidad de su ingreso.

### **Características de los establecimientos que ofrecen café**

Los establecimientos que ofertan café en la ciudad de Texcoco en su mayoría son cafeterías; sin embargo, también venden café los restaurantes, librerías o heladerías. Todos ellos en su mayoría no son un establecimiento que represente alguna temática en especial, es simplemente gusto propio de los dueños.





Los establecimientos cuentan con una capacidad para 15 a 300 personas, esto también relacionado con el espacio físico del lugar. Aunque esto no está relacionado con el personal que contratan para atender a los clientes, por lo que se podría decir que entre mayor capacidad del establecimiento mayor es el número de personal contratado; sin embargo, se tiene que para los establecimientos con mayor capacidad contemplan entre 12 y 15 empleados, y las de menos capacidad, entre 2 y 12 empleados. El personal en su mayoría es asalariado y percibe un sueldo que va entre los \$600 a los \$950 a la semana y son mínimamente preparados con una capacitación introductoria pero no son especialistas en la materia.

Los establecimientos en su mayoría funcionan en espacios rentados. Los precios de las rentas van de los \$2,500 a los \$8,500 al mes, lo cual depende de la ubicación y las dimensiones del lugar. Algunos de estos establecimientos llevan 25 años en servicio, aunque los más recientes contabilizan cinco meses, y por el momento no han recibido ninguna remodelación más que retoques de pintura y ampliaciones de los espacios interiores.

Una de las principales distinciones de los establecimientos donde se vende café es la atención al cliente, además de la calidad y la variedad en los productos que ofertan.

Los horarios de servicio que tienen los establecimientos son de 8 de la mañana a 9 de la noche de lunes a sábado, y el producto principal es el café y son particularmente cafeterías. Unas de las estrategias que implementan para la venta de café son el uso de redes sociales y las promociones u ofertas de sus productos.

Los clientes que frecuentan los establecimientos, son de todas las edades y lo hacen buscando café de cuerpo fuerte o dulces, como es el caso de mezclas o estilos de bebidas que llevan otro ingrediente aparte del propio café. También las promociones y la misma atención al cliente hacen que estos establecimientos cuenten con clientes permanentes y constantes. Las horas en las que más se realiza el consumo de café son de 9 a 12 am y de 6 a 10 pm.

En cuanto a los diferentes tipos de productos a base de café que se ofertan en estos establecimientos, están las bebidas, postres y los helados. Referente a las bebidas, por los entrevistados se mencionó que hay una amplia variedad; sin embargo, las



que más se consumen son los expresos, americanos, capuchinos, lates y frappes, de los cuales los precios van de los \$10 a los \$50 pesos por taza, dependiendo del tipo de bebida, siendo el americano el más preferido y el de menor precio. Las cantidades de café que venden diario es de 750 g a 5 kg.

### **Canales de comercialización**

La materia prima es conseguida a través de intermediarios, en este caso de empresas comercializadoras, por trato directo y con pago en efectivo, aunque la mayoría no sabe específicamente de qué lugar proviene el café que adquieren; pero generalmente están consciente del estado de la República del que proviene. Esta normalmente proviene de los estados de Puebla y Veracruz; ello como resultado de que estos dos estados son de los más grandes productores de café y los más cercanos a la ciudad de Texcoco para poder así adquirirla materia prima a un menor costo.

Para los dueños de los establecimientos la calidad de café depende del tipo de tueste, del aroma y del sabor; y aunque están muy conformes con sus proveedores, están dispuestos a adquirir café de pequeños productores de otros estados.

### **Márgenes de comercialización**

El precio final del producto tiende a incrementar cuando existen un número mayor de agentes dentro del canal de comercialización, ya que cada uno de ellos requiere del pago de sus servicios y de obtener ganancias por las funciones que realizan. Se puede ofrecer un precio menor al consumidor cuando los canales de comercialización son cortos; es decir cuando, cuando se compra directamente la materia prima al productor.

Al hacer una comparación entre el tipo de distribuidor al cual se le compra y el precio final que llega al consumidor, se puede explicar la relación existente entre estas variables, lo que demuestra que los márgenes de comercialización en cuanto al café son determinados principalmente por el tipo de distribuidor con el que se adquiere la materia prima. Teniendo en cuenta que para un kilogramo de café tostado y molido se necesitan 6.75 kg de café cereza, y que un kilogramo. de éste se



cotiza en los 6 pesos a nivel del productor, se puede decir que el precio que se le paga al productor es de \$40.50 por lo equivalente a un kilogramo de café tostado y molido; por otra parte, el precio al que adquiere la materia prima en el establecimiento es de \$180 por kilogramo de café tostado y molido. Esto quiere decir que la resta de estos dos precios, siendo de \$139.50 es el margen total de comercialización que existe entre el productor y el establecimiento. Lo anterior indica que hay un monto considerable que corresponde al gasto en los servicios incluidos al producto y a las ganancias a las que acceden los diferentes agentes de comercialización que intervienen en el proceso de comercialización.

## Conclusiones

1. El principal factor que los consumidores consideran para decidir el tipo de café que consumen, es el sabor, inclusive por encima de la condición del producto; por lo general, la ingesta de café la acompañan con azúcar o pan.
2. En las cafeterías los consumidores frecuentes realizan el consumo de café de 2 a 3 veces por semana acudiendo principalmente por la calidad en la atención al cliente. Un buen sabor y un buen aroma es lo que buscan; es por ello que están dispuestos a pagar más de \$30 pesos por una taza de café en alguno de los establecimientos.
3. La disponibilidad de café en los establecimientos se caracteriza por ser conseguida a través de intermediarios, en este caso comercializadoras, por trato directo y en efectivo, aunque algunos no saben específicamente de qué lugar proviene el café que adquieren, la mayoría si está consciente del estado de la República mexicana del que proviene.
4. El margen de comercialización del café que se vende en la ciudad de Texcoco es lo suficientemente amplio para cubrir los costos del proceso y promete generar utilidades importantes para los que participan en la realización del aromático.
5. Es necesario continuar con la investigación y así desarrollar un estudio que profundice en las características que proporcionan los establecimientos



oferentes de café en la ciudad, donde se vea reflejado las oportunidades de un negocio como lo podría ser una cafetería dentro de la ciudad que cumpla con las expectativas que los clientes demandan.

## Literatura citada

- Peláez Cid. A.M. 2012. Estudio de mercado. <https://www.eoi.es/blogs/annymarlenypelaez/2012/01/20/estudio-de-mercado>
- Baca U. G. 2013. Evaluación de proyectos. 7ª. Ed. México: McGraw Hill. México D. F. 369 p.
- Euromonitor Internacional Ltd. 2016. Análisis del mercado de consumo de café en México. México. [https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor\\_Informe\\_Análisis-de-consumo2016-AMECAFE-Resumen-Ejecutivo.pdf](https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_Análisis-de-consumo2016-AMECAFE-Resumen-Ejecutivo.pdf)
- FIRA, 2016. Panorama agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, Café. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200636/Panorama\\_Agroalimentario\\_Caf\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200636/Panorama_Agroalimentario_Caf_2016.pdf)
- Germán R. Udiz. 2013 ¿Qué papel ejercen los intermediarios en la distribución?, Artículo publicado en sage.com. <https://www.sage.com/es-es/blog/que-papel-ejercen-los-intermediarios-en-la-distribución/>.
- Pérez, D. 2015. Los estados productores de café en México, México, artículo de propiedades.com blog. <http://propiedades.com/blog/el-top/estados-productores-de-cafe-en-mexico>
- Valencia S. K. 2017. Consumo per cápita de café en México. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://asisucedo.com.mx/consumo-per-capita-cafe-mexico-1-85-kilogramos-ano/>
- Vida alterna. Texcoco, Fundación e Historia. 2017. <http://www.elclima.com.mx/texcoco.htm>





## LA DETECCIÓN DE POTENCIAL DE NEGOCIOS EN PRODUCTOS DE PRODUCTORES DE ALTA MARGINACIÓN, PARA MEJORAR SUS INGRESOS, EN SAN LORENZO, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA ECATEPEC, OAXACA

E. Salinas Cruz \*, J. Martínez Sánchez, G.M. Morales, O.R. Vásquez, C.D.H. Noriega, I.P. Cadena y H.J.R. Contreras

### Resumen

Las zonas más pobres del México se encuentran en el sureste de este país, en donde se localizan principalmente habitantes indígenas, que pocas veces se vinculan a un mercado, además de que su producción es casi siempre de autoconsumo, lo cual no es suficiente para abastecerse en todo el año en espera de una nueva cosecha. Sin embargo, existe una diversidad en su producción ya que no solamente se dedican a la producción de granos, sino también a la producción de traspatio o forestal, lo cual puede ser un detonante de negocio para incrementar el ingreso familiar, en zonas de pobreza en México. El presente trabajo se realizó en la localidad de San Lorenzo, Santa María Ecatepec, ubicado en el estado de Oaxaca, en donde se trabaja con productoras de flores. El objetivo fue la detección de un producto con potencial a negocio para que el productor pueda en un futuro obtener un ingreso que le permita tener un mejor nivel de vida. Para ello se realizó un diagnóstico que permitió un estudio de factibilidad de los diferentes productos y detectar así el potencial, una vez establecido se trabajó en la parte productiva con la implementación de innovaciones y en la de mercado a través de un plan de negocios.

**Palabras clave:** ingreso, producción, mercado, marginación



## Introducción

La distribución social y territorial de la pobreza muestra un patrón que tiende a reforzar las condiciones de desigualdad prevalente entre regiones y grupos sociales (Ordoñez, 2018). Los estados del sureste mexicano concentran la mayor cantidad de población rural e indígena, asociados a los mayores niveles de pobreza y marginación (Arellano, 2015). Aunado a que estos pequeños productores viven una dinámica en producción y mercado, que si bien les pueden generar oportunidades al diversificar sus ingresos podrían ocasionarles dificultades al presentarse riesgos financieros, por la desigualdad en las condiciones contractuales, el acceso físico a los mercados, a la tierra y a los recursos naturales (CSA, 2015). Los estados del sureste como Chiapas, Guerrero y Oaxaca, se ubican en localidades con mayor grado de pobreza y marginación, con habitantes principalmente de origen indígena, en donde su producción es mayormente de autoconsumo, y muchas veces esa producción no abastece a lo largo del año a la familia. Sin embargo, existe una diversificación de su producción, ya que por una parte son productores de granos básicos (principalmente maíz y frijol), y por otro lado pueden tener animales de traspatio, o algún producto que les genere un ingreso extra.

La interrogante es el cómo poder detonar este producto para generar un ingreso mayor, algunos autores refieren a que esto es posible al agregar conocimiento a la producción primaria, es decir a nivel productor (Rodríguez, 2015). Cabe agregar que en la mayoría de los municipios desarrollan actividades incipientes que poco contribuyen a la calidad de vida de sus habitantes, aunado a los usos y costumbres, grado de democratización y la vocación hacia la innovación (Nava, *et al.*, 2017).

Sin embargo, esto sería posible a través de la implementación de innovaciones en los procesos productivos de las zonas de alta marginación, lo cual mejoraría los procesos productivos, generando ventajas competitivas que incentivarían el crecimiento continuo (Ríos y Castillo, 2015).

Tal es el caso de Santa María Ecatepec en el estado de Oaxaca, donde se elaboró un diagnóstico para detectar el potencial de producción que permita a los productores la generación de ingresos para una mejora en su nivel de vida. Este diagnóstico



permitió establecer la producción de flores como el detonante generador de ingresos, donde las innovaciones fueron establecidas en la mejora de su producción, aunado a un plan de negocios que permitiría conocer el mercado potencial del producto, así como los gustos y preferencias del consumidor.

## **Materiales y métodos**

El municipio de Santa María Ecatepec pertenece al estado de Oaxaca, y se ubica en el distrito de Yautepec, entre las coordenadas 16° 17´ 03" de latitud norte y 95° 52´ 52" de longitud oeste, a una altitud de 1, 843 msnm; cuenta con un total de 3, 461 habitantes, de los cuales 1, 654 son hombres y 1, 699 mujeres. El grado máximo de estudios es de quinto año de primaria. Y la población de 15 años y más solo cuenta con educación básica incompleta y es de 68.28%.

La localidad de San Lorenzo Jilotepequillo, donde se desarrolló el proyecto, está situado en el Municipio de Santa María Ecatepec (en el Estado de Oaxaca). Con una población de 508 habitantes. En la localidad hay 257 hombres y 251 mujeres. El 8.94% de la población es analfabeta (el 2.72% de los hombres y el resto mujeres). El grado de escolaridad es del 6.64 (6.96 en hombres y el resto mujeres). El 51.77% de la población es indígena, y el 31.50% de los habitantes habla la lengua Chontal. El 22.05% de la población mayor de 12 años está ocupada laboralmente (el 35.41%, hombres y el 8.37% mujeres). El total de viviendas particulares habitadas es de 148. El grado de marginación alto, así como un rezago social bajo. San Lorenzo Jilotepequillo está a 1, 712 m.

## **Proceso para identificar la actividad o cultivo para lograr el incremento del ingreso**

La base para el trabajo en campo con los productores cooperantes de la localidad, consideró diferentes actividades, principalmente el diagnóstico, la elaboración de los planes de negocios y su implementación (Figura 1):



**Figura 13. Metodología de diseño de planes de negocios en el proyecto.**

- 1) Uno de los criterios considerados para la selección del área de trabajo en el estado de Oaxaca, fue identificar localidades que estuvieran incluidos en la Cruzada Nacional contra el hambre y en la clasificación de pobreza extrema, además que deberían de contar con seguridad de acceso y circulación; aunado a que la población tuviera deseos de participar conjuntamente con organizaciones locales para establecer alianzas de trabajo.
- 2) Los productores cooperantes se identificaron de acuerdo al tipo de actividades económicas encontradas en la localidad. En un análisis previo se realizó un estudio de factibilidad de estas diferentes actividades, para que posteriormente se definiera la actividad generadora de ingresos en las tres localidades.
- 3) A través de un taller participativo se realizó un análisis FODA, donde se obtuvieron las fortalezas del grupo de trabajo.
- 4) Posteriormente, en gabinete se realizó el análisis del panorama y los contextos internacional, nacional y local, de acuerdo a cada uno de los productos para definir la producción (países y estados más productores) y el mercado (oferta y demanda).





- 5) Una vez establecido el panorama se realizó una encuesta de acuerdo a la cadena agroalimentaria, y en cada eslabón encontrado se aplicaron encuestas (desde el acopiador, mayoristas, detallistas, minoristas hasta clientes finales), para posteriormente llevarlo a campo y obtener el estudio de mercado.
- 6) En cuanto al producto se realizó un análisis de mercadotecnia para establecer mejoras principalmente en su presentación, como el nombre de marca, tipo de producto, empaque, logotipo, etc.

## Resultados y discusión

En la comunidad de San Lorenzo Jilotepequillo, existen dos actividades que generan recursos económicos, las cuales son producción de mezcal y flores de corte. Optando por la producción de flores se identificó que existen 15 productoras de flores de corte, cada una de ellas cultivan 8 tipos de flores, como son crisantemo, lisianthus, monte casino, *lilium*, rosas, clavel, gladiola y penumbra. La flor más cultivada es *lilium* con un alto valor económico en comparación de las demás flores. Este grupo de mujeres existe desde hace 10 años, se dedican a la producción de *lilium* (*Lilium candidum*) flor de corte, cuentan con experiencia básica para la producción, lo cual les ha permitido generar ingresos económicos al núcleo familiar; por el corto período de desarrollo vegetativo hasta su cosecha, y por el precio de venta, les ha motivado a continuar y ampliar sus áreas de producción que aunque son pequeñas impactan positivamente a la economía familiar.

La falta de capacitación y asesoría técnica provoca que las productoras florícolas se vean afectadas económicamente, ya que cuando tienen necesidad de controlar las enfermedades que atacan a las flores, adquieren los productos en tiendas agrícolas que llegan a costar alrededor de \$ 500.00, con indicaciones no muy acertadas y productos a veces caducados, además de que no ser el indicado para enfermedad, esto debido a que las productoras no identifican la enfermedad.

El cultivo de flores es conocido por las mujeres, así como la problemática que se presenta durante su desarrollo, lo que hace más fácil el manejo del cultivo de esta



flor, además que el precio por tallo les genera un mayor ingreso que las flores que se venden por ramo (rosa, crisantemos, astromelias, perrito, etc.), lo que hace que poco a poco vayan aumentando la producción de liliium, además que es una flor con alta demandada de mercado debido a sus colores, aroma y larga vida útil.

Por otro lado, una ventaja comparativa que se tiene al producir flores en la comunidad, a la altitud de 1, 712 msnm, son las siguientes:

1. Calidad de flores de corte. Se tiene producto con mayor calidad teniendo tallos vigorosos y color más intenso en los pétalos, esto hace más atractivo y competitivo el producto.
2. Mayor tiempo de vida útil. Debido a la producción local, las flores tienen mayor tiempo de vida útil para su comercialización. Usualmente la vida útil de las flores es de 7 a 10 días, dependiendo del vigor del tallo floral; en el comercio local por tanto, si no se comercializa en este tiempo existen pérdidas económicas; sin embargo, esta especie puede garantizar por lo menos una vida útil de 15 días, ya que el tiempo de corte, empaque y comercialización puede ser de 24 horas.
3. Cantidad suficiente de flores para satisfacer la demanda. Al estar insertos en el mercado local se puede responder rápidamente a los pedidos de clientes con acontecimientos imprevistos, o a solicitud de pedidos mayores a los que los comercializadores locales puedan otorgar.

El liliium es una especie de alto valor comercial pero relativamente nueva en este medio, por lo que no se cuenta con suficientes investigaciones sobre el manejo agronómico acerca de las mismas, que apoyé o guie para obtener una buena producción de estas flores. Se requiere atender varios factores, tanto de infraestructura como ambientales. Lamentablemente en la actualidad solo se cuenta con bibliografía de investigaciones realizadas bajo condiciones protegidas, que muestran características diferentes al lugar de estudio y que no son similares para la comparación. Por otra parte, el contar con la información necesaria contribuye con la generación de ingresos para los productores, por ser una alternativa más para generar actividad productiva en pequeños ambientes protegidos y fuera de ellos.



La falta de capacitación y asesoría técnica provoca que las productoras florícolas se vean afectadas económicamente ya que en la necesidad de controlar las enfermedades adquieren productos en tiendas agrícolas que llegan a costar alrededor de \$ 500.00, las cuales dan una asesoría errónea y ofrecen un producto caducado, además de que no ser el indicado para el problema presentado, esto debido a que las productoras no identifican adecuadamente la enfermedad.

El cultivo del liliium, llamado también «azucena híbrida», se ha extendido en estos últimos años, entrando ya en muchas alternativas junto a los principales cultivos para flor de corte. El amplio surtido de variedades, con una extensa gama de colores, la facilidad en la apertura de la flor y su duración en agua, le dan a esta flor un gran poder competitivo (Herreros, 1983).

Es un cultivo del cual el grupo de mujeres ha aprendido mucho sobre su desarrollo y la problemática que se presenta durante su crecimiento; esto, facilita el manejo del cultivo de esta flor. Además, el costo por tallo les genera un mayor ingreso que las flores que se venden por ramo (rosa, crisantemos, astromelias, perrito, etc), lo que hace que poco a poco vayan aumentando la producción de liliium, y además que es una flor muy demandada en el mercado por sus colores, aroma y su larga vida útil.

Es importante el cultivo de la liliium para este grupo de productora debido a que ocupa poco espacio para siembra, lo que hace que esto sea de mucha importancia, debido a que en la localidad no cuentan con suficiente terreno de siembra.

Por otro lado, las ventajas comparativas que se tienen al poder producir flores en este ambiente son las siguientes:

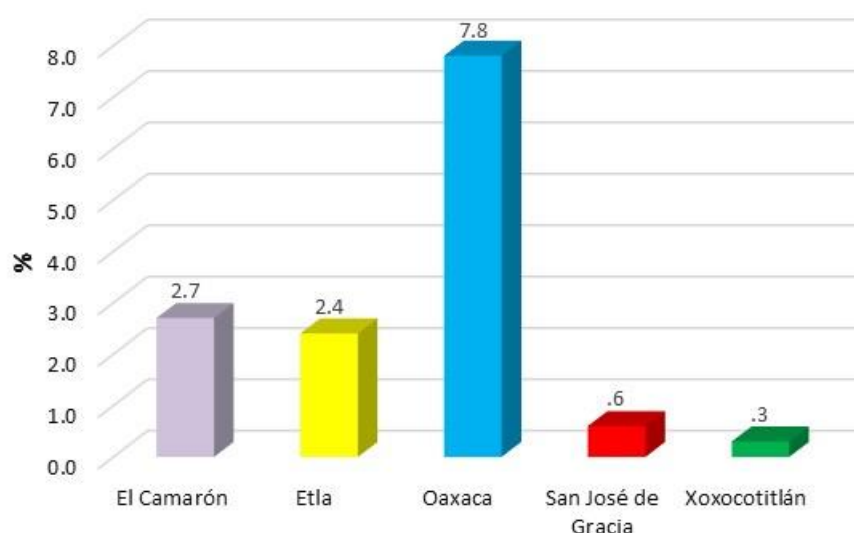
- Calidad de flores de corte. Se tiene producto con mayor calidad con tallos vigorosos y color más intenso en los pétalos, lo que hace más atractivo el producto, que en estas condiciones puede ser competitivo.
- Mayor tiempo de vida útil. Debido a la producción local, las flores tienen mayor tiempo de vida útil para su comercialización. Usualmente la vida útil de las flores es de 7 a 10 días dependiendo del vigor del tallo floral. En el comercio local, si no se comercializa en este tiempo se pierde económicamente, pero se puede garantizar por lo menos una vida útil de 15 días, ya que el tiempo de corte, empaque y comercialización se puede lograr en 24 horas.



- Cantidad suficiente de flores para satisfacer la demanda. Al estar insertos en el mercado local pueden satisfacerse de forma inmediata pedidos de clientes que tengan algún acontecimiento imprevisto o pedidos mayores a los que las comercializadoras locales, puedan otorgar.

Los cambios relevantes durante el proceso fueron: el mejoramiento del proceso de producción, el incremento en la producción de flores de *Lilium*, la diversificación de otras especies, al incrementar la producción aumentó el área de tierra cultivada, bajaron los costos de los insumos requeridos para la producción asociado a los cursos de capacitación en la elaboración de productos orgánicos, así como en la organización del grupo para la adquisición de los insumos de manera grupal, elaboración de arreglos florales para dar valor agregado a los tallos florales y comercializarlos en forma de arreglos florales, ramos, coronas, arcos, etc. para diferentes ocasiones, es un servicio a clientes particulares, estos tienen un costo elevado.

Con relación al mercado, se continúa surtiendo al mercado regional, en las principales ciudades como Tehuantepec, Juchitán, Tequisistlán, Salina Cruz, el Camarón; no se ha podido ampliar el segmento de mercado debido a que en las localidades antes mencionadas la demandante es elevada (Figura 2).

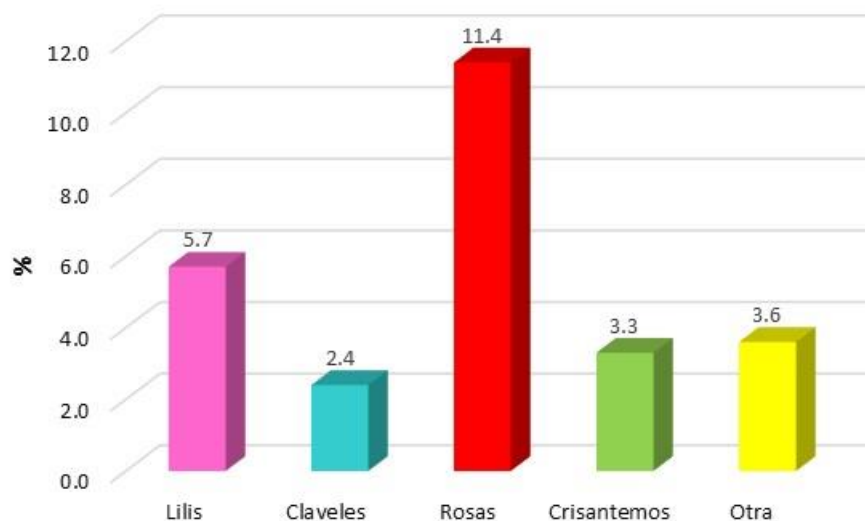


**Figura 14. Principales mercados de venta de *Lilium* en San Lorenzo Jilotepequillo, Mpio. Santa María Ecatepec, Oaxaca**



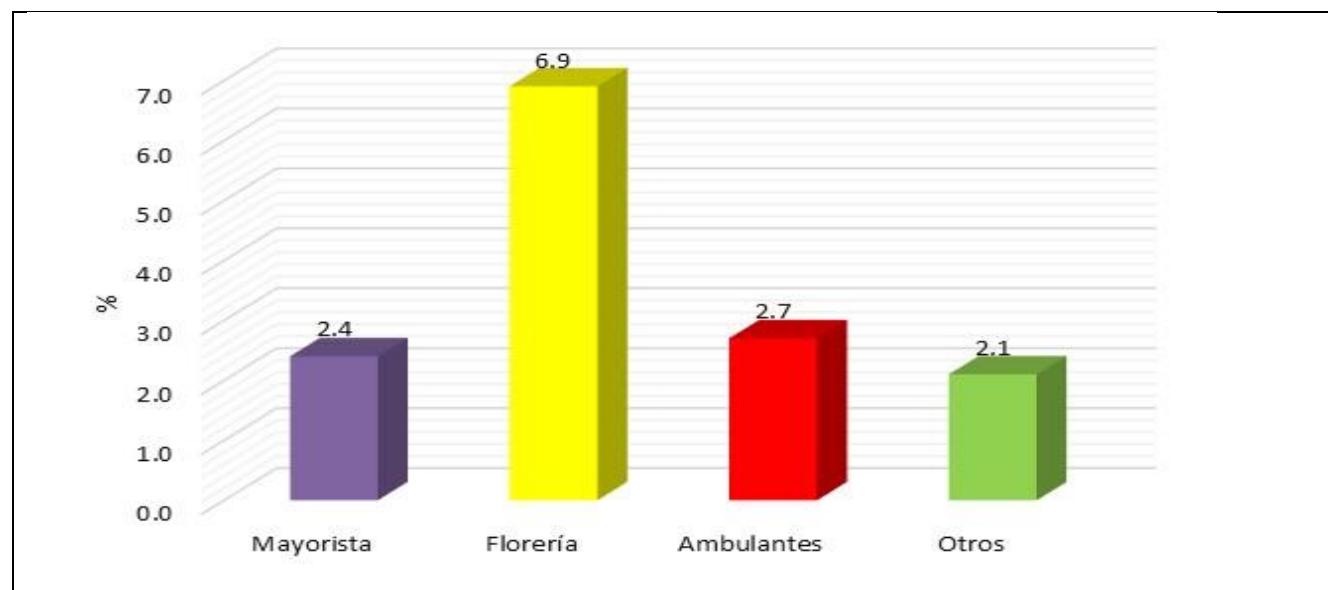


También el mercado requiere de la continua incorporación de variedades ya que entre sus principales características se encuentra la diversidad de productos y la novedad (Figura 3).



**Figura 15. Principales variedades de flores en San Lorenzo Jilotepequillo, Mpio. Santa María Ecatepec, Oaxaca.**

El precio de las flores varía, dependiendo del lugar de venta, pues en la localidad el costo es menor, que, puesto en el mercado regional, debido al costo del transporte y tipo de presentación para la venta.



**Figura 16. Principales abastecedores a clientes finales.**



## Conclusiones

Se logró un incremento en el ingreso en un 193.9% en la producción de flores. Con ayuda del estudio de mercado, se establece al Lili como producto principal generador de ingresos. La incorporación de innovaciones a la producción de flores, permitió un mejor manejo en el control de plagas y enfermedades dentro del proceso de producción.

## Literatura citada

- Arellano, G. J. 2015. Efectos de los cambios en el programa Procampo en la economía rural del sureste mexicano. *Revista Economía, Sociedad y Territorio* 15(48):263-395.
- Comite de seguridad Alimentaria Mundial (CSA). 2015. Vinculación de los pequeños productores con los mercados. Una guía analítica. Documento de antecedentes. Foro de Alto Nivel del CSA. FAO, Roma, Italia. <http://www.csm4cfs.org/wp-content/uploads/2016/10/CONNECTING-SMALLHOLDERS-TO-MARKET-SPAGNOLO-min.pdf> [Consultado el 26 de octubre de 2019].
- Ordoñez, B. G. 2018. Discriminación, pobreza y vulnerabilidad: los entresijos de la desigualdad social en México. *Región y Sociedad* 30(71):1-30.
- Nava, R. R. M., D. A. Cernas-Ortiz y O. U. Becerril-Torres. 2017. Indicador de competitividad municipal en el Estado de México para construir un entorno competitivo. *Revista Economía, Sociedad y Territorio* 17(54):241-278.
- Ríos, F. J., y M. L. Castillo A. 2015. Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico. Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo. *Región y sociedad* 27(64): 109-138.
- Rodríguez, M. A. 2015. Dinámicas sectoriales y desarrollo territorial en economías locales interiores. El caso de Rivera en Uruguay. *Economía, Sociedad y Territorio* 15(47):217-250.



## PENSAMIENTO SISTÉMICO EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>266\*</sup>, Rogelio Miranda Marini<sup>266</sup>, Ana Lid Del Ángel Pérez<sup>266</sup>, Jeremías Nataren Velázquez<sup>266</sup> y Marcos Ventura Vázquez Hernández<sup>266</sup>

### Resumen

El pensamiento sistémico se ha convertido en una moda reciente, aunque se originó en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), y en los años 90' se utilizó con mayor énfasis, pero sus antecedentes se remontan a 1950. Considera la integración de diferentes disciplinas en atención a problemas, y contrario al “caos”; la corriente sistémica es una forma pacífica de promover cambios. En el acercamiento a procesos de investigación el pensamiento sistémico ha sido empleado en diferentes tipos de investigación, como la tecnológica, ingeniería, medica, empresarial, política y de turismo, etc. Con el objetivo de hacer un planteamiento de investigación que desde su origen se oriente a buscar el impacto social, se definió un problema que fue validado mediante la aplicación del pensamiento sistémico, apoyado de metodologías de análisis causal y priorización para elaborar mapas sistémicos que consideran factores de intervención, o puntos de apalancamiento para atender el problema que desde luego fue validado por 60 actores de 11 categorías diferentes, relacionadas con el sector agropecuario. Los mapas que se presentan en este trabajo corresponden a la primera etapa de intervención, y justifican la atención de manera transdisciplinaria e interinstitucional.

**Palabras clave:** liderazgo, colaboración, redes

---

<sup>266</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Ver. INIFAP. \*hernandez.carmen@inifap.gob.mx



## Introducción

El pensamiento sistémico, es muy parecido al pensamiento crítico o complejo, es decir hay muchas corrientes que retoman el uso de estas habilidades metodológicas para la atención y resolución de un problema; González, (2019) señala que más allá de eso, las investigaciones realizadas en el ámbito grupal han evidenciado que la profundidad de la propia dinámica de las relaciones interpersonales, son capaces de generar procesos grupales inteligentes que emergen de la interacción y cobran vida propia.

De diversas maneras se han tratado de abordar problemas en la investigación, es decir, hasta el sexenio pasado las demandas de investigación en el ámbito agropecuario relacionados con problemas nacionales, sistemas producto específicos, han ocasionado que la investigación y los grupos de investigación se estructures y se formen tratando de obtener fondos y recursos, para mantener activa la razón de ser de diversos centros e instituciones académicas y de investigación, lo que ha dejado ver lo complejo y el impacto efímero de una atención global al tema de investigación.

Así mismo dentro de cada organismo dedicado a la investigación, existen líneas, programas, cadenas agroalimentarias, disciplinas, etc., en los que se conforman grupos para tratar de articular y cumplir la misión visión y propósitos de cada institución. El pensamiento sistémico precisamente habla de llegar a estructurar grupos, organizaciones, y otras formaciones sociales con cualidades psico-sociales compartidas por los participantes. Como dependencias es necesario actuar de manera complementaria en la atención de problemas, a la interacción y el actuar de manera grupal, permite que estos se configuren en sujetos de un nivel superior al personal e institucional (Senge *et al.*, 2005).

A partir de ahí el desarrollo de un tema de investigación lleva a las nuevas generaciones de investigadores más allá de recibir mentoría y tutoría. Las nuevas generaciones son una cohorte que expande continuamente su aptitud para crear los resultados que desea, con nuevos y expansivos patrones de pensamiento, aunque la mayor parte depende de la calidad de la complejidad de la educación





formal (Álvarez, 2004; De Miguel, 1997) de ahí que al buscar intervenir en problemas complejos que la sociedad del sector enfrenta actualmente, es el pensamiento crítico, la comunicación, la colaboración y la creatividad son una opción para atenderlos (Rué, 2019).

La visión sistémica, caracterizada por establecer relaciones entre las distintas disciplinas, para atender problemas complejos como lo que representa la comercialización de pequeños productores requiere de una serie de estudios transdisciplinarios, que enriquezcan la investigación tanto teórica, como metodológica de la ciencia, en aras de construir soluciones y alternativas que demandan de sociedades complejas (Hernández, 2019). Así pues, para la definición de un problema de investigación a diferencia del pensamiento común, el pensamiento crítico es más exigente. El adjetivo crítico deriva del griego, cuya etimología significa cribar, filtrar y, a su vez, obliga a distinguir, a dirimir para elaborar un mejor diagnóstico y apreciación (Rué, 2019). La conformación entonces de grupos de trabajo o redes, para atender un problema inicia desde la comprensión misma de las individualidades de cada integrante de un grupo de trabajo, al interior de una institución y de los homólogos fuera de ella; es decir, con esta metodología se pretende definir un problema en el que todos participen de manera creativa, reflexionando e innovando, no solo reproduciendo el conocimiento ya escrito. Estrategias como esta suenan a un comportamiento disruptivo de la ciencia y la investigación social, estas metodologías son pensadas como un proceso reflexivo en la construcción de conocimiento, y comprensión de la realidad en la que vivimos donde el investigador o creador quiere descubrir, crear o reconstruir. (González, 2019).

León *et al.*, (2003), mencionan que en la ingeniería a esta forma de estructurar un equipo de trabajo se le denomina organizaciones inteligentes en las que cada integrante tiene un dominio personal. Se emplean modelos mentales en los que el aprendizaje es para todos los integrantes del equipo, poniendo en práctica todo el potencial de sus capacidades para adquirir compromisos, se asumen responsabilidades y se busca el continuo auto-crecimiento, de crear sinergias a través de trabajo en equipo; abordar y resolver problemas difíciles con éxito



depende a menudo de una visión que lleve hacia una mejora duradera y significativa. La integración de áreas de investigación social y productiva es un tema en la actualidad, Hernández (2019) menciona que la conexión entre las ciencias naturales y las ciencias sociales fue posible a otra novedad de la modernidad, el nacimiento del pensamiento sistémico, permitiendo así realizar investigación en sistemas complejos.

El programa de socioeconomía en la investigación agrícola, reconoció un problema recurrente en los diferentes proyectos relacionados con la producción agrícola era la comercialización, es decir a pesar de atender problemas productivos de rendimiento, productividad, plagas, etc. Si los productos no se venden los pequeños agricultores se desilusionan de las mejoras realizadas en la producción. De ahí que el objetivo de esta investigación fue generar mapas de intervención y validación del problema planteado.

## **Materiales y métodos**

La metodología de pensamiento sistémico consiste en la visión integral y conjunta de factores; León *et al.*, (2003) mencionan el pensamiento sistémico abarca una amplia y heterogénea variedad de métodos, herramientas y principios, todos orientados a examinar la interrelación de fuerzas que forman parte de un proceso común. De ahí que para garantizar que un tema de investigación es un problema, se apoya en *five why's* (Por qué cinco), o análisis causal, este método nos permite profundizar en los orígenes del problema a atender, y visualizar todos los factores profundizando las causas del problema, para a su vez hallar soluciones también profundas, subdividiendo las causas del problema entre los puntos de vista de diferentes actores, y la metodología se enriquece.

Se entrevistaron 60 actores, divididos entre productores, líderes políticos, líderes sociales, representantes de instancias gubernamentales, ONG's, estudiantes, profesionistas, extensionistas, comerciantes, académicos e investigadores (Martínez, 2006).

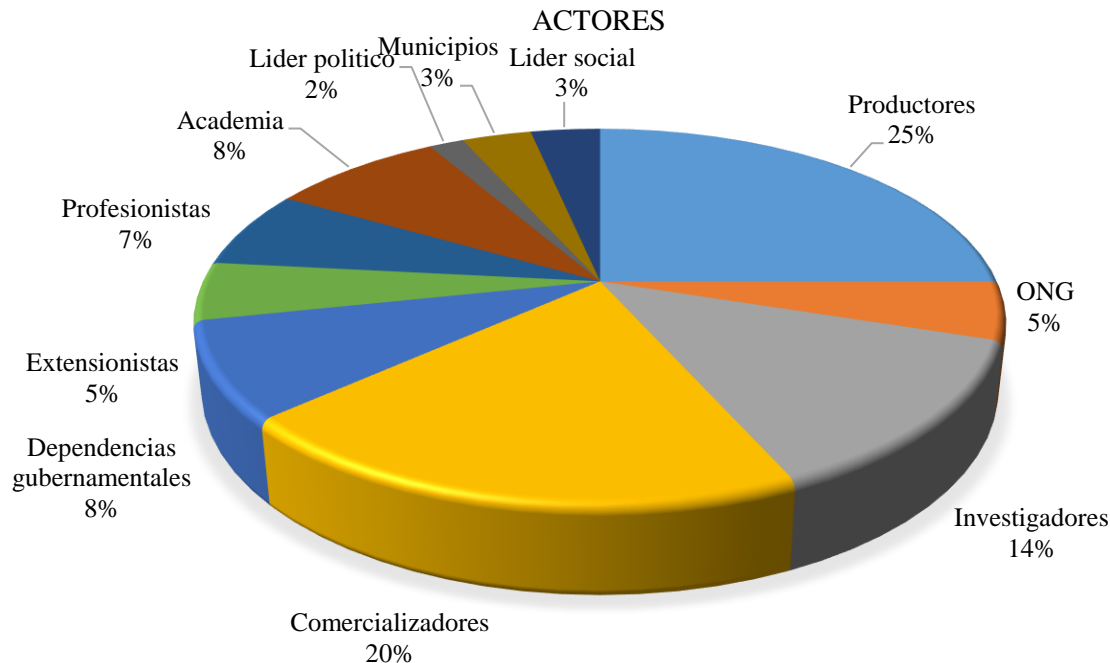


De manera individual, se esquematizó la información aportada por cada uno de ellos, priorizando de acuerdo a temas, respuestas y observaciones en común. El "*principio de la palanca*" sugiere, cómo pequeños cambios bien localizados pueden producir mejoras significativas y duraderas si se realizan en el sitio apropiado. Ello implica descubrir el punto de apalancamiento (León, *et al.*, 2019).

Una vez identificando las áreas, temas, factores y actores se generó el mapa para la primera etapa en atención a un problema, complejo. Ariza y Morante (2019) lo articularon con un plan metodológico conocido como la escalera del progreso. La escalera marcó las fases de implementación de tecnologías y representó un camino guía para la superación de la pobreza en las comunidades. Las etapas de la escalera están conformadas por *a*) capacitación básica y réplicas, *b*) instalación de tecnologías de costo cero, *c*) adecuación de infraestructura productiva, *d*) mejoramiento del ganado y las semillas, *e*) implementación de tecnologías apropiadas con uso de energías renovables, *f*) implementación de módulos de transformación familiar, *g*) transformación asociada de productos, *h*) desarrollo integral de la microcuenca, *i*) planes de producción y comercialización.

## Resultados y discusión

A partir del problema planteado y de la aplicación de la metodología de pensamiento sistémico (Henaó y Valentín, 2015; Gay, 2009), se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 1. Haciendo partícipes a los investigadores, miembros del equipo, como ejercicio para conocer su apreciación del problema y la participación de ellos en la investigación.



**Figura 1. Porcentaje de actores que emitieron su perspectiva para la creación del mapa.**

León *et al.*, (2003), mencionan que, para integrar un grupo de organización inteligente, se requiere lo siguiente, como disciplina individual de cada integrante del equipo, tiene la capacidad de aclarar y profundizar su visión personal; modelos mentales, poder externar la apreciación individual del mundo y estar abierto a examinarlas y ser influidas por los demás integrantes. Disciplinas grupales, crear una visión compartida, dominio de la práctica del dialogo y el debate como escucha atenta y comunicación efectiva y comunicación no violenta, y finalmente pensamiento sistémico. Conformado el grupo bajo esta premisa, para el desarrollar un tema de investigación, se partió del problema de comercialización de pequeños productores. Del ejercicio resulto lo siguiente: los entrevistados que participaron con sus opiniones en el análisis de factores que influyen positiva y negativamente en la comercialización de productos del campo de pequeños agricultores.

Los mapas fueron validados por el grupo de investigadores. El mapa generado para la etapa uno de intervención se muestra en la Figura 2. Denominado área productiva, este mapa esta compuesto de tal manera que el punto de





apalancamiento inicial requiere conocer de una población o sujeto de estudio, un diagnóstico productivo que incluya costos de producción y productividad y los sistemas de producción utilizados, para así plantear otras opciones que puedan amortiguar el impacto del cambio climático en las parcelas.



**Figura 2. Puntos de intervención en campo etapa 1. Fuente: elaboración propia.**

Sin lugar a dudas el esquema de trabajo con pequeños productores deberá incluir la diversificación productiva; así como innovar en maquinaria de pequeña escala, aplicar los componentes tecnológicos existentes y generar los que hagan falta.

Algunos de los factores son mencionados en el plan de nación; Ken *et al.*, (2018) señalaron que el atraso que los productores tienen para poder lograr un desarrollo sostenido, son las deficiencias que ellos presentan en sus procesos productivos y en su proceso de comercialización.

Para el ejercicio de validación del problema planteado y las áreas de intervención, se definió área productiva a la parcela de un pequeño productor, que incluye su ubicación geográfica y los principales cultivos que oferta, costos de producción con la necesidad de llevar los registros de la unidad productiva, proporcionar herramientas que faciliten la obtención de esta y que el productor pueda



continuarlo de manera fácil, incremento en la producción, cuando se piensa en comercialización se deben tener excedentes de producción.

Fletes *et al.*, 2018 mencionan que el proceso de cambio de lógica de intensificación es orientado a maximizar la productividad y rentabilidad, hacia una serie de sistemas alimentarios alternativos, dentro de los cuales los alimentos adquieran otros valores, sistemas de producción al sistema de producción actual, así como las posibilidades de transición y realizando diseños de parcelas, amortización al cambio climático como factor que debe ser considerado, maquinaria a pequeña escala por tipo de productores, ausencia de mano de obra, envejecimiento de la población y eficientar el tiempo productivo con otras actividades; en todos los anteriores participan los componentes tecnológicos existentes y lo que haga falta generar.

Ken *et al.*, (2018), sugieren que el desarrollo rural se vuelve un reto difícil de alcanzar a pesar de los numerosos proyectos que se reinventan en cada período presidencial o de gobiernos estatales y municipales; el problema básico es la falta de un diagnóstico detallado de la situación económica productiva de la zona rural de cada región.

En la Figura 3 se observa lo referente a la parte social y cultural de una población objetivo. Para promover un mayor impacto se considera una condición geográfica regional en el área de influencia del campo experimental. Así mismo la diversidad de instituciones que representan la posibilidad de conformar alianzas estratégicas de intervención a través de la explicación de estos mapas, de los antecedentes y de la construcción de cada uno de los apartados.

Este tipo de proyectos no son a corto plazo, pues buscan encontrar soluciones profundas y cimentar perfectamente la definición de etapas, y dentro de cada una de ellas los puntos de intervención, así como las contribuciones interinstitucionales para un bien común. González (2019) señaló que la lógica del cambio hacia el alcance de un destino inteligente debería considerar el eje siguiente: sustentabilidad- actores locales- identidad- formación del destino como un sujeto colectivo- inteligencia colectiva- empoderamiento- desarrollo humano- uso de las tecnologías. Los factores señalados están considerados en los dos mapas presentados.



En la Figura 3, el mapa muestra que se detonaron los factores que hacen referencia a la sociedad y cultura de los sujetos de estudio o apoyo, con quienes se promoverán esquemas de comercialización de productos. La comprensión del turismo como una actividad humana compleja, poseedora de una estructura y una dinámica propia, protagonizada por actores individuales y colectivos, es decir, personas y grupos que entran en una interacción humana motivada hacia la satisfacción de las necesidades y valores más diversos, que desempeñan roles sociales diferentes, en escenarios naturales y culturales variados (González, 2019).



**Figura 3. Puntos de intervención en comunidad etapa 1. Fuente: elaboración propia.**

Lo anterior indica el considerar la revalorización del campo, ya que es conocido que socialmente el campo ha sido objeto de políticas públicas que destrozaron el valor de la actividad agrícola, de la vida rural, y de los recursos naturales, por lo que un factor de intervención es la atención para regenerar esta identidad, por comunicación y confianza se relacionan a los procesos sociales e integrativos de una comunidad que han disociado el trabajo en equipo. Resultaría indispensable la formación de redes de comunicación solidaria, empática y asertiva que conecte



realmente a todos los actores y permita una relación cooperativa y desarrolladora, y que los capacite para brindar respuestas sistémicas e integradoras.

Como punto central la familia representa la integración de todos los miembros que así lo deseen en la actividad productiva, con una visión y misión a largo plazo, es decir, determinar procesos de planificación como pequeñas empresas familiares, pues “los factores que determinan el nivel del trabajo son tres; la estructura interna familiar, la satisfacción de las necesidades de consumo de la familia y las condiciones de producción que determinan la productividad de la fuerza de trabajo” (Chayanov 1974).

El liderazgo. Entendido en su forma amplia, un líder es un miembro más del equipo de trabajo que funciona como un interlocutor entre el equipo de investigación y la comunidad o la familia (Perea, 2006).

Seguridad. En la actualidad, la delincuencia ha permeado en áreas rurales y urbanas, en cualquier actividad productiva, lo que hace que este factor sea considerado y apoyado en el desarrollo de un proyecto de intervención social.

La organización. Aunque hay una diversidad de figuras asociativas todas han seguido el patrón de ser simplemente formas jurídicas que permitan con gestión de recursos económicos (Mayenberger, 2013), la organización debe entonces ser gestada a partir de los factores señalados con anterioridad.

Capacitación. Como factor integral y para fortalecer la educación en todos sentidos la educación formal y la creación del capital humano necesario en el campo. Sourisseau (2016) señaló la necesidad del fortalecimiento de capacidades de este sector, para mejorar productividad y competitividad.

Al plantear el problema de comercialización de pequeños productores nunca se concibió la profundidad y complejidad del mismo, y fue a través de las metodologías realizadas que se llegó al nivel de validación de las causas que intervienen y que se muestran en los resultados; el equipo entonces no solo debe incluir el conocimiento del área social, sino la integración de todas las áreas agronómicas en esta primera etapa, al hablar de proyectos a largo plazo que busquen generar un impacto social se definen también las etapas los años y las actividades para atender a cada uno de ellos. Por ello el trabajo en redes interinstitucionales de investigación en una región





deberá partir de mapas sistémicos que definan los puntos de apalancamiento, y la contribución de cada una de ellas construye una memoria asociativa de esfuerzos entrelazados no repetitivos (Rue, *et al.*, 2019).

## Conclusiones

1. El uso del pensamiento sistémico en la investigación, es un buen comienzo para generar un mayor impacto de los procesos de investigación de los proyectos y de las tecnologías generadas, partiendo desde las capacidades, habilidades y pasiones del grupo de trabajo. La intervención oportuna de los temas de un problema y el impacto de este en un área geográfica definida, y en personas seleccionadas a través de un ejercicio en el que se consideran los puntos de apalancamiento de sociedad y cultura. Se definen temas de investigación y formas de trabajo y atención grupal.
2. Los mapas deben ser validados también por los actores involucrados en la generación de la información.
3. La continuidad de las etapas es definida por los resultados de cada una de ellas, es decir la investigación realizada cumple la característica de ser eslabonada y ligada a trabajos realizados que justifican la continuidad de atención al tema resolviendo los obstáculos en los factores, uno a la vez.

## Literatura citada

- Álvarez, O. C. (2004). Educación ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario. *Revista iberoamericana de educación* 35(1):1-7.
- Ariza, A. J. A., y F. B. Morante B. 2019. Soberanía alimentaria y tecnologías sociales una experiencia de desarrollo autónomo desde los Andes, Perú. *Ciencia ergo-sum*. 26(2). E48 1-12.



- De Miguel, D. M. (1997). La evaluación de los centros educativos. Una aproximación a un enfoque sistémico. *Revista de investigación educativa* 15(2):145-178.
- Fletes O. H. B., G. Ocampo G. y G. Valdiviezo O. 2018. Actores y estrategias prácticas en los sistemas alimentarios regionales hacia la seguridad y soberanía alimentaria. *Que hacer científico en Chiapas*. 13 (1):
- Gay, A. (1999). Los sistemas y el enfoque sistémico. P. 63-76. In: A. Gay, M. A. Ferreras y G. Durán (Edits.). *Temas para la educación tecnológica: Modelos, materiales, energía, sistemas, lectura del objeto*. [http://www.manuelugarte.org/modulos/biblioteca/g/texto\\_2\\_aquiles\\_gay.pdf](http://www.manuelugarte.org/modulos/biblioteca/g/texto_2_aquiles_gay.pdf) [Consultado el 27 de octubre de 2019].
- González, M. J. C. 2019. Destinos turísticos inteligentes. Una alerta a las comunidades anfitrionas. *Controversias y concurrencias latinoamericanas*. 11(18):239-251
- González, V. J. M. 2019. El aula mente social como potencial creativo en la educación: enfoque desde el pensamiento complejo. *Educación superior* 6(1):34-38.
- Henao, N. B. y Y. Valentín C. (2015). Desarrollo del programa familias con bienestar bajo el enfoque sistémico, constructorista. *Diversitas: Perspectivas en Psicología* 11(1): 91-98.
- Hernández C. N. 2019. El enfoque sistémico en el institucionalismo histórico. *Reflexión política* 21(41): 134-145. DOI: <https://doi.org/10.29375/01240781.3233>
- Ken R. C. A., C. M. Hernández M., S. G. Olmedo M. y R. E. Chable I. 2018. Región y fomento a la empresa rural: estudio de caso en un municipio de México. *Economía coyuntural* 3(1):37-84
- León, M. R., E. Tejeda G., M. Yataco T. 2003. Las organizaciones inteligentes. *Industrial Data* 6(2):82-87.
- Martínez, M. M, La investigación cualitativa síntesis conceptual. 2006. *Revista IIPSI* (9):1 123-146.
- Rué D. J. 2019. Re-aprender a pensar. La urgencia de formarse en el pensamiento crítico como profesionales y como ciudadanos. *Folia Humanística, Revista de salud, Ciencias Sociales y Humanidades*. 11:2462-2753. Doi: <http://dox.doi.org/10.30860/0047>.
- Mayenberger, C. S. (2013). El enfoque sistémico de la innovación: ventaja competitiva de las regiones. *Estudios Gerenciales* 28(EE): 27-39.



- Perea, J. L. (2006). Gestión de recursos humanos: enfoque sistémico en una perspectiva global. *Revista de investigación en psicología* 9(1):109-122.
- Senge, P.M., C. Roberts, R. B. Ross, B. J. Smith B. J. y A. Kleiner. (2005). *La quinta disciplina en la práctica. Estrategias y herramientas para construir la organización abierta al aprendizaje*. Argentina, Buenos Aires: Granica S. A.
- Sourisseau, J. M. 2016. Las agriculturas familiares y los mundos del futuro. (ed.) IICA: AFD. San José C.R. 425 p. <http://www.conacyt.mx/index.php/fo ndos-y-apoyos>
- Lista de convocatorias: <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt>.
- <http://www.conacyt.mx/index.php/>



## PLANTAS AROMÁTICAS, MEDICINALES Y DE CONDIMENTO EN CONTENEDORES DE PVC PARA ZONAS URBANAS

Ana Lid del Ángel Pérez<sup>267\*</sup>, Jeremías Nataren Velázquez<sup>267</sup>, Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>267</sup> y Carlos Nahin Castro José<sup>267</sup>

### Resumen

El uso de las plantas aromáticas, medicinales y de condimento, ha estado presente a lo largo de la historia en México, tanto en forma de recolección como cultivadas. Funcionan y son conocidas como medicina alternativa y como complemento de la alimentación, en éste último caso dando un toque de aroma y sabor característico de los diferentes platillos de nuestro país. Solas o combinadas con otras especies, forman parte de un conocimiento etnobotánico único. La migración del campo a la ciudad, la urbanización y los cambios de patrones alimentarios, permitieron que la utilización de estas especies decreciera, y con ello los saberes locales; actualmente el consumo de estas especies en la ciudad es a través de la compra en supermercados o mercados. Por lo anterior, se desarrolló un modelo de agricultura urbana con tubos de PVC de 4" de diámetro para cultivar seis especies de plantas aromáticas y medicinales, de uso común en la costa central veracruzana. Se usaron dos fuentes de nutrición, lombricomposta y solución nutritiva comercial, así como el testigo en suelo. El análisis de varianza señaló diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento con lombricomposta (T2), respecto al de solución nutritiva (T1) y testigo (T3), con mayor producción de materia fresca para cuatro especies (orégano, zacate limón, hierbabuena y ruda), no así para albahaca y el testigo ( $P > 0.05$ ). Los resultados mostraron que la producción de plantas aromáticas, medicinales y de condimento con lombricomposta, en un modelo elaborado con tubos de PVC, es una alternativa viable para el autoabastecimiento familiar urbano sin demandar espacios grandes para el cultivo.

---

<sup>267</sup>Campo Exp. Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP.  
[delangel.analid@inifap.gob.mx](mailto:delangel.analid@inifap.gob.mx); [nataren.jeremias@inifap.gob.mx](mailto:nataren.jeremias@inifap.gob.mx); [hernandez.carmen@inifap.gob.mx](mailto:hernandez.carmen@inifap.gob.mx).





**Palabras clave:** agricultura urbana, solución nutritiva, huertos, lombricomposta

## Introducción

En los albores de la agricultura, el contacto del hombre con las plantas a través de la recolección, permitió que los habitantes del neolítico observaran que cuando dejaban los restos de alimentos incluidas las semillas, al poco tiempo emergían pequeñas plántulas que posteriormente se convertirían en individuos capaces de producir frutos. Si bien, inicialmente los productos obtenidos de estas plantas no eran de buena calidad o con las características ideales para cubrir los requerimientos alimenticios de los individuos, fueron el esbozo de lo que posteriormente se convertiría en la agricultura, e hizo de estos grupos humanos una modificación a un nuevo estilo de vida sedentario (Cedeño, 2015). Con el paso del tiempo, diferentes especies vegetales en su estado natural fueron progresivamente domesticadas de tal forma que pudieron ser utilizadas de forma cíclica para abastecer de frutos, granos y materias primas a los agricultores (Chocarro *et al.*, 2015). De la misma forma, en determinado momento se identificaron las especies con potencial para formar parte de la dieta diaria, pues durante este proceso de domesticación se tuvo contacto con especies que mostraban ciertas características, aromas y sabores, que ayudaban a mejorar la palatabilidad de otros alimentos. En este mismo proceso se identificaron, en ocasiones de forma un tanto trágica, especies que resultaban ser altamente tóxicas y cuyos efectos podían poner en riesgo la vida de aquel que las consumía. Dentro de este contexto de exploración de la vegetación útil para el hombre, se identificaron especies que podían aliviar malestares físicos, aplicados y utilizados de múltiples maneras, ya sea en forma de cataplasmas, maceración de tallos y hojas, infusiones, o consumidas directamente, solas o en combinación con otras, los principios activos, inicialmente desconocidos, podían mejorar el estado de salud de las personas que las utilizaban. Si bien, este proceso de domesticación de especies vegetales y posterior identificación de plantas útiles para aliviar algunos padecimientos, se dio alrededor del mundo en



diferentes periodos de tiempo y por diferentes culturas, tuvieron en común la difusión del conocimiento a través de la *tradición oral*, al no tener aun algún método para registrar la información relativa a los usos y aplicaciones de los principios activos provenientes de las plantas, posteriormente, con el surgimiento de diversas formas de escritura, se pudo registrar la evidencia de las bondades de la diversidad vegetal en determinadas regiones, estos registros no incluían solo información botánica, si no que se plasmaban gráficamente escenas comunes de la vida diaria (Luna-Morales, 2015).

Para el caso particular de México, este conocimiento era plasmado principalmente en estelas, códices y por supuesto a través de las enseñanzas verbales (Gómez-Pompa, 1993), documentos muy famosos como el *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* también conocido como Códice de la Cruz- Badiano, hacen referencia a una gran variedad de plantas y combinaciones de estas con ingredientes de origen animal e incluso minerales, que podían ayudar a aliviar una gran variedad de malestares. Dicho conocimiento ha perdurado a través del tiempo, siendo el resultado de una larga historia en la que se vincula la medicina étnica, la naturaleza local así como el cultivo y recolección de plantas del bosque, y lo que actualmente podemos emplear para aliviar algunos malestares a partir de las plantas, es derivado de una disciplina taxonómica sistematizada sobre el carácter y las propiedades de cada una de estas especies así como de la herencia cultural etnobotánica transmitida de generación en generación (Del Angel *et al.*, 2015), actualmente, es muy común, sobre todo en las comunidades rurales que las plantas sean usadas por curanderos, yerberos, parteras, médicos tradicionales y amas de casa (Magaña *et al.*, 2010) quienes continúan utilizando diferentes especies vegetales locales para el tratamiento de distintos padecimientos.

### **Importancia de las plantas Aromáticas, medicinales y de condimento**

Las plantas aromáticas son aquellas especies vegetales cuya importancia radica en poseer un aroma y/o sabor que la hace útil. Esta propiedad está dada por componentes o fracciones volátiles que químicamente se denominan esencias o aceites esenciales. Los principios activos especificados anteriormente se pueden



encontrar en hojas, tallos, bulbos, rizomas, raíces, flores, semillas y frutos (Forlin, 2012). El aroma de las especies y de las hierbas aromáticas deriva de las esencias y de sustancias vegetales particularmente aromáticas. Tienen el efecto de estimular el apetito, la producción de saliva y mejora del sistema digestivo. Tanto las especies y las hierbas aromáticas tienen uso desde la antigüedad como condimento en la confección de la alimentación, siendo esta la principal aplicación de importancia (Lima, 2011). Según Dossiartecnic (2012), el consumo de las plantas aromáticas, de condimento y sus productos, han aumentado mucho los últimos años. En la actualidad tienen múltiples aplicaciones y se utilizan en sectores muy diferentes: Sector medicinal: abarca el 30% del consumo mundial de plantas aromáticas, medicinales y de condimento. Está representado por el sector farmacéutico (que utiliza principalmente principios activos aislados) y la herboristería (fitoterapia, aromaterapia, homeopatía, flores de Bach, etc.). Consume principalmente planta seca, esencia y extractos. Sector alimentario: Constituyen los saborizantes y colorantes naturales con una aplicación cada vez mayor en la industria alimentaria. Esta industria consume actualmente el 40 % de la producción mundial de plantas aromáticas. Las industrias cárnicas (salazones, charcutería y conservación) son los mayores consumidores de especies y aromas, así como la producción de sopas, salsas, vinagres, cereales, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, importantes consumidoras de especias. Sector perfumería: Absorbe el 30 % de la producción mundial de plantas esenciales. Incluye perfumería, cosmética, higiene personal y productos de perfumería industrial (detergentes y ambientadores). Consume principalmente aceites esenciales y extractos. Es uno de los sectores con más expectativas de crecimiento dentro del mercado de productos ecológicos.

A diferencia de las zonas rurales, en las ciudades la adquisición de alimentos está condicionada a la disponibilidad y al ingreso de los consumidores, así como a la continua variación de su precio, lo que provoca que en ocasiones no sea posible cubrir los requerimientos nutricionales mínimos. Ante este panorama de situaciones que acelera el acercamiento a un estado de inseguridad alimentaria entre la población Shamah *et al.* (2014) sugieren que se requiere de acciones inmediatas y grandes esfuerzos intersectoriales y de participación de la sociedad



civil para el establecimiento de políticas públicas en función del bienestar de los hogares y familias mexicanas.

Algunos autores como Del Angel *et al.* (2011) sugieren que para las actividades agrícolas de tipo urbano en la zona tropical de Veracruz, es posible cosechar hasta siete especies hortícolas en contenedores de 1x1 m<sup>2</sup> y una profundidad de 15 a 20 cm, las especies aromáticas, medicinales y de condimento se pueden cultivar en espacios aún más pequeños, debido a sus características, tales como tolerancia al desarrollo radicular compacto y a las podas constantes, mínimos requerimientos nutricionales, principalmente de nitrógeno, así como facilidad en la propagación vegetativa a través de esquejes e hijuelos. A continuación se presenta el desarrollo de un trabajo que busco identificar el mejor método para cultivar especies aromáticas, medicinales y de condimento a partir de diferentes mezclas de sustratos, en tubos de PVC, con ello se pretende que habitantes de zonas urbanas y periurbanas puedan establecerlas en sus hogares y con ello, promover el uso y consumo al interior de la familia y entre los miembros de la comunidad, así como fomentar el conocimiento etnobotánico referente a la múltiples aplicaciones que tienen, a fin de darle continuidad y evitar su pérdida. Por su importancia y con el objetivo de obtener el sustrato adecuado, accesible y manejable por los habitantes de los núcleos urbanos de la zona costera Central de Veracruz, se evaluó el rendimiento de materia fresca de seis especies de uso común, en un modelo de agricultura urbana con tubos de PVC de 4", utilizando mezclas de sustratos con diferentes fuentes de nutrición.

## **Materiales y métodos**

La investigación se llevó acabo en el área de servicios ambientales y socioeconomía que está ubicado a 18°56' latitud norte y 96° 11' longitud oeste con una altura aproximada de 16 msnm, perteneciente al campo experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el kilómetro 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Medellín de





bravo, Veracruz, predomina el clima tropical sub-húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 25.0 °C y una precipitación media anual de 1,500 mm. Se estableció un modelo de agricultura urbana con tubos de PVC de 4" de diámetro, en el que se plantaron seis especies de plantas aromáticas, medicinales y de condimento, estas fueron albahaca (*Ocinum basiliscum*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*), hierbabuena (*Mentha sativa L.*), orégano orejón (*Plectranthus amboinicus*), ruda (*Ruta graveolens*) y zacate limón (*Cymbopogon citratus*). Las plántulas se obtuvieron a partir de esquejes e hijuelos enraizados previamente. La longitud de los tubos fue de 1.33 m, a los cuales se les realizaron seis perforaciones de 5.5 cm de diámetro, para establecer una planta en cada orificio (Figura 1).



**Figura 1. Establecimiento de las plantas en el contenedor de PVC.**

El Cuadro 1 muestra los tratamientos, donde se comparan dos mezclas de sustrato con diferente fuente de nutrición y el testigo local. T2 es la mejor mezcla de sustrato recomendada por INIFAP para cultivar hortalizas en agricultura urbana, obtenida por trabajos de tipo experimental previos y T1 solo incluye peat moss para dar porosidad a la tierra local y una solución nutritiva comercial recomendada para nutrir hortalizas en huertos familiares. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. T3 se estableció en suelo, considerado el testigo, ya que esta es la forma más común de cultivar este tipo de especies en la región.



**Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el cultivo de especies aromáticas, medicinales y de condimento en tubos de PVC.**

	Tierra local	Peat moss	Lombricomposta	Solución Nutritiva comercial
T1	75 %	25 %	0	25 ml
T2	60 %	10 %	30 %	0
T3	100 %	0	0	0

Cabe señalar que los porcentajes de cada uno de los diferentes sustratos que integran la mezcla están basados en el volumen total que ocupan en los tubos llenos al 100%. La fuente de nutrición para T1 fue con 25 mL de solución nutritiva de forma semanal, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. La nutrición en T2 se basó en la lombricomposta, y se incorporó a la mezcla de sustratos al momento de establecer el modelo PVC en campo. El tratamiento T3 o testigo, consistió en una cama de siembra a nivel de suelo, en esta se establecieron las mismas especies que en los tubos de PVC, con la misma separación. Las variables medidas fueron desarrollo de la planta y peso de follaje fresco al corte mensual.

La primera cosecha de follaje, parte útil de estas plantas, se realizó al mes de haber establecido el experimento, obteniéndose cuatro cosechas, una por mes; tomando en cuenta que las características de desarrollo son diferentes para cada especie, se considero un valor de altura mínimo para el momento de realizar la cosecha del follaje (Cuadro 2). La materia fresca cosechada en cada corte se colocó en bolsas plásticas y fueron pesadas con una balanza digital. Los datos de cosecha se capturaron en una hoja de Microsoft Excel y fueron analizados con el Xlstat v.2015, con el que se realizó un test kruskal Wallis, 0.05.

**Cuadro 2. Altura mínima a considerar al momento de realizar la cosecha de follaje en especies aromáticas, medicinales y de condimento.**

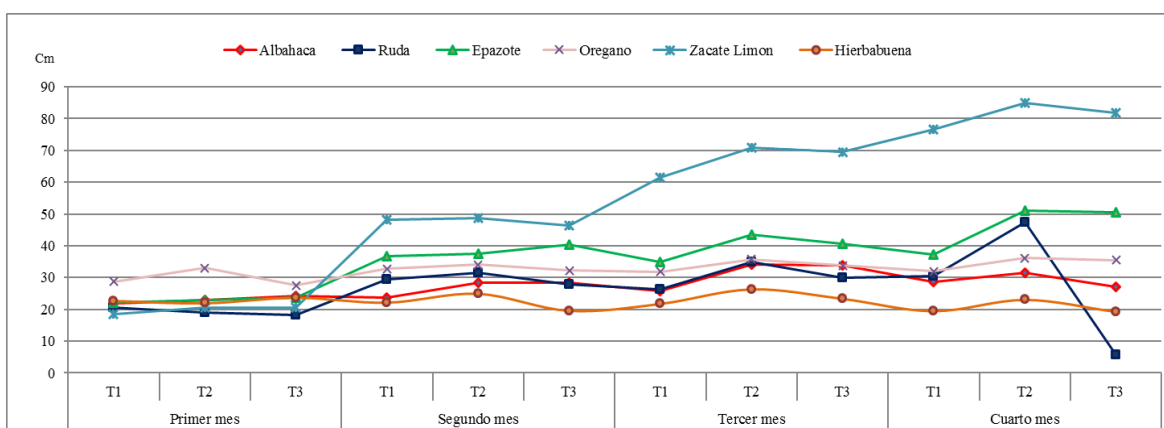
Especie	Altura de cosecha (cm)
Albahaca	20
Epazote	30
Hierbabuena	15
Orégano	30
Ruda	25
Zacate limón	30



## Resultados y discusión

### Desarrollo de las plantas

En áreas urbanas el consumo de especies de condimento, aromáticas y medicinales depende del mercado, y la obtención de ellos en fresco es por manojo y la mayor parte se pierde pues no se consumen de forma total, de ahí la importancia de cultivarlos en los hogares y tenerlos a la mano.



**Figura 2. Desarrollo de especies en cuatro meses por tratamiento.**

El desarrollo de las plantas comienza a diferenciarse a partir del segundo mes, destacando el zacate limón y el epazote, de acuerdo a lo que se observa en la Figura 2. En los meses tercero y cuarto, la gráfica muestra un desarrollo favorable de las especies donde el T2 (nutrición con lombricomposta) es mayor que los otros dos tratamientos.

### Producción de materia fresca

Se observa que T2, el tratamiento que utiliza lombricomposta como fuente de nutrientes mostro los mayores rendimientos en cuanto a producción total de biomasa en fresco (Cuadro 3), con excepción del epazote y la albahaca, donde se destaca el testigo.


**Cuadro 3. Producción total de biomasa fresca (g) de plantas aromáticas, medicinales y de condimento a los cinco meses de cultivo, en cuatro cosechas.**

	T1 Sol Nutritiva	T2 Lombricomposta	T3 Testigo	p
Albahaca	123.70	552.00	624.40	<b>0.0030</b>
Ruda	19.30	257.60	89.20	<b>0.0050</b>
Epazote	57.30	229.40	484.90	<b>&lt; 0.0001</b>
Oregano	48.30	1426.00	237.50	<b>&lt; 0.0001</b>
Zacate limón	227.10	433.20	385.80	0.1129
Hierbabuena	77.10	282.70	132.90	0.1922

**Albahaca.** La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una especie de uso común en las zonas tropicales y subtropicales de México y Veracruz, su uso se enfoca principalmente mediante la utilización de ramas frescas en rituales conocidos como “limpias” o para curar “malas energías”, y en menor medida como condimento, donde básicamente se usan solo las hojas que pueden ser frescas o secas. Aunque es ampliamente demandada, es poco cultivada en ambientes urbanos y se le encuentra frecuentemente dentro de huertos familiares en las periferias de las ciudades, creciendo de forma esporádica sin un manejo agronómico específico, llegando a encontrarse plantas senectas y leñosas, de más de un metro de altura, ampliamente ramificadas y con escaso follaje. La producción de biomasa fresca de albahaca presentó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, T2 y T3 son estadísticamente iguales, aunque T3 observó el valor más alto en g de follaje fresco. Moncayo *et al.* (2015) evaluaron el rendimiento en fresco de plantas de albahaca cultivadas con diferentes tipos de nutrición, encontrando que las fuentes orgánicas de nutrientes generaron los mejores rendimientos, lo que indica que el uso de este tipo de productos favorece una mayor producción de follaje fresco, que es la parte más utilizada de la planta. Utilizando soluciones nutritivas químicas los mismos autores obtuvieron un rendimiento promedio de hasta 100.7 g por corte, inferiores a lo que se obtuvo en el presente trabajo. Otros estudios como el de El Sayed *et al.* (2015) indican que la aplicación de fertilizantes orgánicos como gallinaza combinada con ácidos húmicos, componentes presentes en la lombricomposta, promueven una mayor producción de follaje.





**Ruda.** *Ruta graveolens*, presenta algunos inconvenientes en cuanto a la multiplicación vegetativa debido al bajo porcentaje de enraizamiento, situación que fue mencionada por Rodríguez y Lemes (2005); los autores sugieren que ramas apicales a las que se les retira una sección de corteza por encima del corte y plantadas durante la temporada invernal pueden alcanzar un 100 % de enraizamiento debido a que la generación de raíces se da entre la zona de corte situada entre el xilema y el floema, lo que favorece una mayor cantidad de esquejes con posibilidad de ser trasplantados a campo. La producción de biomasa fresca fue superior en las plantas cuyo sustrato fue enriquecido con lombricomposta (T2), debido al lento crecimiento que se da en esta especie, durante la duración del experimento solo se realizaron tres cortes. Se obtuvo diferencia estadística significativa respecto a solución nutritiva (T1) y testigo (T3). La producción fue baja para todos los tratamientos, pero se observan valores superiores en los obtenidos con T2. Trabajos como los de Cruz *et al.* (2008) y Ortega *et al.* (2010) en la producción de plantas ornamentales y plántulas de tomate respectivamente indican que los valores más altos de las variables de desarrollo registradas se obtuvieron cuando utilizaron lombricomposta como fuente de nutrición. Es probable que, de haber tenido un desarrollo radicular más extenso, las plantas de ruda pudieran haber generado una mayor cantidad de biomasa en fresco, siguiendo el patrón de producción superior que han tenido todas las especies manejadas de forma orgánica.

**Epazote.** La descripción botánica del epazote (*Chenopodium ambrosioides*) señala plantas de hasta 40 cm de altura con hojas de 4 cm de longitud y 1cm de ancho (Gómez *et al.*, 2008), características que difieren de las plantas cultivadas debido al manejo agronómico dado. Se encontró diferencia estadística significativa en los tratamientos, sin embargo, la mayor producción obtenida fue con T3, el tratamiento testigo. García y Magaña (2014), señalan que en condiciones de huertos urbanos y plantas situadas en camas de siembra se pueden obtener hasta 60 g/planta. El epazote no es susceptible a presentar plagas y enfermedades ya que sus elevados contenidos de aceites esenciales, cuyo principio activo es el ascaridol le



proporcionan una eficaz protección (Gómez *et al.*, 2008), sin embargo, condiciones como elevados niveles de humedad pueden favorecer la aparición de enfermedades de origen fúngico cuyo principal síntoma es la coloración amarilla del follaje, que antecede a la caída de un gran número de hojas, lo que puede mermar la producción, situación que se presentó en el presente trabajo. El epazote tuvo un buen desarrollo en sus primeras etapas, sin embargo, las condiciones ambientales propiciadas por la temporada de lluvias que se dieron a partir de junio, generaron las condiciones ideales para la aparición de este tipo de patologías. Aunque los rendimientos fueron más altos en el tratamiento testigo, al igual que en la producción de albahaca, se recomienda la producción en contenedores de PVC en hogares que carecen de patio o solar amplio, ya que permite tener acceso a la producción de epazote, sobre todo porque 50 g de epazote cuestan \$15.00 en el supermercado y \$10.00 en verdulerías.

**Orégano.** Considerando los valores de producción se tiene que el orégano (*Plectranthus amboinicus*) fue la especie que registro mayor producción de biomasa en fresco, con producción total de 1,426.00 g de materia fresca en el T2 durante los 5 meses que duro el experimento, observándose diferencia altamente significativa respecto los tratamientos de solución nutritiva y testigo. Jesikha (2013) señala que la producción de orégano con una proporción de 75% de lombricomposta incorporada en la mezcla de sustratos mostro los mayores valores para la producción de follaje fresco (25.5 g), valores inferiores a lo reportado en este documento, indicando que la utilización de proporciones del 75 y 100% de lombricomposta retardan el crecimiento y reducen la producción debido a la alta cantidad de minerales disponibles en el medio. Los valores de producción de orégano obtenidos a partir de un sustrato con 30 % de lombricomposta en un tubo de PVC fueron ligeramente superiores a los reportados por Del Angel *et al.* (2011) quienes en modelos de agricultura urbana denominados “Maceta Vertical y Mangas Colgantes” obtuvieron 0.250 y 0.310 g por planta respectivamente, sin embargo, la producción total en los modelos antes mencionados puede triplicarse ya que en estos se pueden establecer hasta tres plantas de orégano en cada modelo. La



proporción de lombricomposta utilizada en este trabajo fue de 30% con lo cual es posible sugerir que con dicha cantidad de biofertilizante se obtiene mayor producción de materia fresca, por otra parte, las características botánicas de orégano, hierba perenne, suculenta, de hojas anchamente aovadas y bordes dentados con peciolo gruesos, retienen una gran cantidad de agua, lo que explica la mayor producción de follaje fresco (Menéndez y Pavón, 1999). Aunque la utilización del orégano en la zona de estudio se ha señalado como condimento en la cocina y como remedio para el dolor de oído, en la medicina tradicional cubana se emplea la decocción de las hojas frescas como broncodilatador, expectorante en ronqueras y catarros en general (Menéndez y Pavón, 1999), beneficio que puede ser recomendado a las personas que cultivan y utilizan esta especie.

**Zacate limón.** La producción de biomasa fresca para el zacate limón (*Cymbopogon citratus*) no presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) sin embargo el valor más alto se presentó en las plantas cultivadas con el T2 con lombricomposta. Aunque la producción de follaje fue similar en todos los tratamientos Serrato y Moreno en 2003 sugirieron que la producción de zacate limón alcanza mayores rendimientos de materia fresca, así como de concentración de aceites esenciales, principalmente citral (Soto *et al.*, 2002), utilizando fertilización orgánica. Bajo las condiciones de cultivo manejadas podría optarse por la utilización de cualquiera de los tratamientos, con tendencia a utilizar el que requiera menos insumos, en este caso el cultivo directo en el suelo, sin embargo, considerando que la parte de consumo de la planta es el follaje, se sugiere emplear el tratamiento T2 con lombricomposta, el cual es capaz de producir follaje en mayor cantidad. Linares *et al.* (2005) mencionan que la aplicación de fertilizantes de origen químico u orgánico permiten una buena producción de follaje, así como de una buena cantidad de aceite esencial, lo anterior apoya la utilización de fuentes orgánicas de nutrición, que en el caso de sistemas de producción urbanos permitirán la obtención de productos más saludables y libres de agroquímicos. El cultivo de esta especie es viable de establecerse a nivel de suelo, pero se debe considerar que uno de los objetivos de la agricultura urbana es realizar la producción de especies de uso



común en áreas en las que no se cuenta con espacios disponibles o con suelo de calidad.

**Hierbabuena.** La hierbabuena (*Mentha sativa L.*) planta herbácea de porte bajo muy ramificada, hojas opuestas, ovaladas de bordes aserrados y muy aromática, aunque en aspectos botánicos es más pequeña que la ruda (*Ruta graveolens*) y el epazote (*Chenopodium ambrosioides*), presento valores más altos de producción de materia fresca que las últimas dos. La hierbabuena no presentó diferencia estadística significativa pero destaca la cantidad producida en g en T2 con lombricomposta, al compararla con solución nutritiva y el testigo. La hierbabuena requiere de suficientes cantidades de nitrógeno para producir follaje y aceite esencial, a niveles comerciales se recomienda aplicar de 225 a 280 kg de N/ ha de lenta liberación que permitirán un crecimiento óptimo que se verá reflejado en un activo crecimiento vegetativo y desarrollo de hojas nuevas (Brown *et al.*, 2003), los fertilizantes orgánicos pueden ser una alternativa viable para este proceso, ya que mejoran la capacidad de retención de agua del suelo así como la conductividad eléctrica, por lo que los nutrientes son liberados lentamente al mismo tiempo que se mejoran las características físicas del suelo y se incrementa la humedad (Prabakaran *et al.*, 2014), a diferencia de lo que sucede durante la aplicación de fertilizantes químicos, en donde la liberación de los nutrientes se da de forma rápida, provocando que las plantas no lo asimilan en su totalidad, existiendo un déficit nutricional así como un ingreso de compuestos nitrogenados al subsuelo que generan diversos efectos nocivos en el ecosistema, Brown *et al.*, 2003 señala que, el uso de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de hierbabuena, como las bacterias mejoradoras de suelo, entre ellas *Azospillirium*, la lombricomposta, el abono proveniente de granjas, así como combinaciones de estos muestran valores más altos en cuanto a rendimiento y variables de crecimiento que la sola aplicación de fertilizantes químicos, esto se debe a que el proceso de mineralización permite que los micronutrientes permanezcan en el suelo por un periodo de tiempo más largo. La eficiente absorción de nutrientes, así como el crecimiento mostrado en las plantas de hierbabuena se hizo notar en su aspecto general debido a que las plantas





del tratamiento con lombricomposta mostraron además de una mayor producción de biomasa fresca, una mayor ramificación y una coloración verde brillante, a diferencia de los individuos en los otros tratamientos, cuyo crecimiento fue menor y en los cuales la clorosis del follaje fue más evidente.

## Conclusiones

Los valores de producción de biomasa fresca fueron superiores para cultivar ruda, orégano, zacate limón y hierbabuena al utilizar la mezcla de sustratos con lombricomposta (T2), con excepción del epazote. Si bien, en el cultivo de la albahaca y epazote, el tratamiento testigo (T3) mostró mayor rendimiento en biomasa fresca, y aunque la producción fue superior cuando se cultivo directo en el suelo, se sugiere adoptar un método de cultivo en tubos de PVC utilizando lombricomposta como fuente de nutrición cuando se carece de patio o espacios para establecer huertos urbanos. El cultivo en tubos de PVC puede ser una alternativa que puede favorecer la reducción del gasto por la adquisición de este tipo de plantas, acerca los conocimientos técnicos y de manejo de las especies cultivadas a habitantes de zonas urbanas y periurbanas que carecen de suelo para siembra, fomentando la utilización de especies que han sido empleadas a lo largo de la historia y así dar continuidad a los conocimientos etnobotánicos locales. Aunque los datos de producción de follaje fresco en el presente trabajo se obtuvieron durante cinco meses de cultivo, sin embargo, es posible mantener una producción constante hasta por un año.

## Literatura citada

Brown, B; J. Hart, P. Wescot, N. Christensen. 2003. The critical role of nutriente management in mint production. *Better Crops*. Vol. 87 (4) 9-11.



- Chocarro, L. P., Jordà, G. P., Mateos, J. M., Alonso, M. R., Vallejo, M. D. S., & Sánchez, M. C. (2015). Orígenes de la agricultura en la provincia de Málaga: datos arqueobotánicos. In *5º Congresso do Neolítico Peninsular: Actas: Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 7-9 abril 2011* (pp. 36-43).
- Cedeño, M. S. D. M. R. (2015). De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4(2), 137-145.
- Cruz, J., P. Torres, M. Alfaro, M. Albores, J. Murguía. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz "Green Goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol.14 (2) 207-212.
- Del Angel, A., J. Nataren, L. Rebolledo, A. Rebolledo. 2011. Agricultura urbana y periurbana. Alternativa para la autonomía alimentaria familiar. Centro de Investigación Regional Golfo- Centro. Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, Libro Técnico núm. 26, Veracruz, Ver. 102 pp.
- Del Angel, A., M. Ventura, J. Nataren, C. Hernández, J. Adame, M. Villarruel, J. Salazar, M. Toral. 2015 Paisajes de Veracruz Central: Biodiversidad, educación y búsqueda de la sostenibilidad. Centro de Investigación Regional Golfo-Centro. Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, Libro Técnico núm. 37, Veracruz, Ver. 289 pp.
- Dossiartecnic. 2012. Las plantas aromáticas y medicinales. Cataluña. [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_DT%2FDT\\_2006\\_13\\_3\\_7.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_DT%2FDT_2006_13_3_7.pdf) [Consultado 12 de Mayo de 2015].
- El- Sayed, A; S. El Hanafy, R. El-Ziat. 2015. Effect of chicken manure and humic acid on herb essential oil production of *Ocimum sp.* *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* Vol 15 (3): 367-379.
- Forlin, A. M., 2012. Plantas Aromáticas. Diferentes Formas de Multiplicación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. El Colorado República Argentina. 14p.



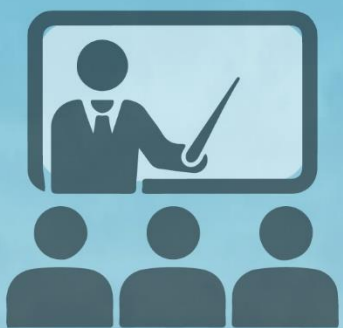
- García, A., N. Magaña. 2014. Programa Integral de Desarrollo Rural. Componente de Agricultura Familiar, Periurbana y de Traspatio. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/AgriculturaF/EPAZOTE.pdf> [consultado el 11 de diciembre de 2016]
- Gómez, A., 1993. Las raíces de la etnobotánica Mexicana. *Acta Biológica Panamensis*. Vol. 1. 87-100.
- Gómez, J., 2008. Epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Revisión de sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. Vol. 7 (1): 3-9.
- Jesikha, M. 2013. Growth of medicinal and economical plants in vermicompost for sustainable development. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*. Vol 1 (3) 1-6.
- Linares, S; N. González, E. Gómez, A. Usubillaga, E. Darghan. 2005. Efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* Stapf. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. Volumen 22 (3): 250-263.
- Lima, J, S. 2011. Producción de Plantas Aromáticas y Medicinales en Modo Ecológico. Descripción y Análisis de la Viabilidad de un Plan de Explotación Agrícola. Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. España. 18 p.
- Luna-Morales, C. D. C. (2015). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología*, 2(1), 120-136.
- Magaña, M., L. Gama, R. Mariaca. 2010. El uso de plantas medicinales en las comunidades Maya- Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica*. (29): 213-262.
- Menéndez, R; V. Pavón. 1999. *Plecthranthus amboinicus* (LOUR) SPRENG. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Vol. 3 (3): 110-115.
- Moncayo, M; V. Álvarez, G. González, L. Salas, J. Chávez. 2015. Producción orgánica de albahaca en invernadero en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*. Vol 33(1): 69-77.



- Ortega, L., J. Sánchez, R. Díaz, J. Ocampo. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Revista Ra Ximbai*. Vol. 6 (3): 365-372.
- Prabakaran, G., D. Anadakumar. 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on growth of *Mentha spicata* on roof top garden method. *International Journal of Advances in Interdisciplinary Research*. Vol. 1 (7): 27-30.
- Rodríguez, C., C. Lemes. 2005. Estudio de la propagación vegetativa de la ruda *ruta graveolens*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Vol. 5 (2) 56-58.
- Serrato, A; A. Moreno. 2003. Efecto del abono orgánico y de la edad en el iniiio del corte en la producción de biomasa y de aceite esencial de limoncillo *CENICAFE*. 54 (4): 273-277
- Shamah, T., V. Mundo, J. Rivera. 2014. La magnitud de la inseguridad alimentaria en México: su relación con el estado de nutrición y con factores socioeconómicos. *Salud Pública de México*. Vol. 56. Supl. 1. S79-S85.
- Soto, R; G. Vega, A. Tamajon. 2002. Instructivo tecnico para el cultivo de *Cymbopogin citratus* (D.C.) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Volumen 7 (2): 89-95.
- XLSTAT. XLSTAT Software. Versión 2015.4.1, copyright Addinsoft 2008-2015. <https://www.xlstat.com/es/>. 2015. [Programa de computo].



# Transferencias de Tecnologías





## ESTRATEGIA DE APLICACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA DE LIXIVIADO ORGÁNICO, AL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.)

Mónica Del Ángel Ocampo<sup>268</sup>, Juan Pablo Martínez Dávila<sup>268\*</sup>, Javier Cruz Hernández<sup>268</sup> y  
Gustavo López Romero<sup>268</sup>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una estrategia para impulsar la aceptación de la tecnología del lixiviado, a través de una demostración teórico-práctica en campo, la cual fue evaluada con el test de McNemar, antes y después de la demostración. La estrategia constó de cinco pasos: 1) Estudio exploratorio (principales problemas), 2) Nivel de aceptación de la tecnología (uso de encuesta), 3) Validación de la fertilización. La validación de la fertilización se inició el día 25-09-2018 con 50 plantas de higo de una edad promedio de 6 meses. Se llevaron a cabo cinco tratamientos: F<sub>1</sub>: lixiviado + lombricomposta, F<sub>2</sub>: lixiviado, F<sub>3</sub>: lixiviado + químico, F<sub>4</sub>: químico y F<sub>5</sub>: testigo. Se realizó un total de 27 aplicaciones de lixiviado con periodos de 8 días, no durante caída de hojas del frutal; tres aplicaciones de fertilización química (urea 26.1 g, star 13.05 g, nitrato chileno 26.1 g en cada aplicación), y se aplicó 3 kg de lombricomposta al momento de la siembra. Se llevaron a cabo 6 mediciones con periodos de 45 días [altura, número y diámetro de tallos; peso y número de brotes (sicono) y hojas]. 4. Comparación de paquetes tecnológicos (se comparó las labores del controlador del agroecosistema con un paquete tecnológico). 5. Demostración: En primera instancia se aplicó un cuestionario para identificar si el productor conoce sobre la tecnología. Posteriormente se realizó una explicación teórico-práctica con el fin de mostrar a los productores sobre los beneficios del lixiviado-vermibuap. Después se aplicó el mismo cuestionario inicial para determinar si el controlador del agroecosistema logró cambios en el conocimiento. Se realizó un análisis de varianza con el Programa

<sup>268</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*jpmartin@colpos.mx



Statística 8. Se concluyó que la forma de fertilización que mostró diferencia significativa fue la fertilización 1, 2 y 3 en diámetro, altura del tallo principal y número de tallos. Se mostraron cambios estadísticamente significativos en la prueba de antes y después de la demostración (McNemar,  $\chi^2=0.0044$ ), lo cual describe que los productores mostraron actitud positiva sobre el conocimiento de la tecnología.

**Palabras clave:** demostración, fertilización, innovación

## Introducción

La fertilización es uno de los principales factores que limitan la producción agrícola, pero el uso de fertilizantes (N-P-K) se ha incrementado, sin embargo, este no ha sido el más adecuado debido a que se han presentado problemas de contaminación ambiental (Peña-Cabriales *et al.*, 2001). Por otro lado, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos en la agricultura puede potenciar el rendimiento en los cultivos como es el caso del higo (*Ficus carica* L.), aunque ha contribuido al empobrecimiento de las características biológicas del suelo y al medio ambiente. Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes orgánicos nutre el suelo y mejoran sus propiedades químicas, físicas y biológicas creando menor impacto al medio ambiente. Además, en la mayoría de las ocasiones los costos de los fertilizantes orgánicos son considerablemente menores que los químicos (Raí *et al.*, 2014), debido a esto se busca implementar alternativas, como pueden ser los lixiviados (Chiappe, 2001). Bajo este contexto se analiza la aceptación de innovaciones en este caso el uso de lixiviados, como un cambio positivo en el conocimiento del productor. El objetivo de esta investigación, fue diseñar una estrategia para impulsar la aceptación de la tecnología del lixiviado mediante una demostración teórico-práctica en campo, para lograr cambios en el conocimiento de los productores, finalmente esta demostración es evaluada, considerándose que una demostración de este tipo logra un efecto positivo en la transferencia de tecnología agrícola.



## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo a través del diseño y operación de una estrategia que consta de cinco pasos, los cuales se enuncian y se describen a continuación:

1. Estudio exploratorio. Se realizó un recorrido exploratorio para determinar demandas no atendidas, potencialidades no aprovechadas y problemas.
2. Nivel de aceptación. El nivel de aceptación se obtuvo mediante el uso de una encuesta a los productores, sobre las variables incluidas y fue analizada con el Programa Statistica 8.
3. Validación de la fertilización. Se estableció una parcela de validación, para demostrar y comparar el papel del lixiviado respecto la nutrición mineral. Se contrastaron cinco formas de nutrición en higo ( $F_1$ : lixiviado + lombricomposta,  $F_2$ : lixiviado,  $F_3$ : lixiviado + químico,  $F_4$ : químico,  $F_5$ : testigo). La parcela de validación se llevó a cabo el día 25-09-2018 en la comunidad de Ixehuaco, perteneciente al municipio de Xochiapulco, Puebla. Antes de establecer el higo, se realizó un análisis de suelo y del lixiviado y la lombricomposta. El muestreo se realizó con base en la Norma: Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides y manejo de la muestra (cancela a la nmx-aa-132-scfi-2006). Posteriormente, con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo, estudios, muestreos y análisis, se realizaron los análisis en laboratorio (suelo, lixiviado y lombricomposta); que consistió en la determinación de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na) y micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B) pH, CE, CIC), densidad aparente, relación C/N. Los métodos utilizados para la determinación de macro y micronutrientes se fundamentaron en pH y C. E con potenciómetro, relación C/N por el método de Jackson, % de carbono y materia orgánica método Black and Walkley, N por el método Kjeldahl, P extraíble por el método de Bray; Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn por absorción atómica; B determinado con Azometina-H, capacidad de intercambio catiónico con acetato de amonio, densidad aparente por el método de la probeta. Se establecieron 50 plantas de higo, variedad *black misión*, adquiridos de una edad aproximada de 6 meses y altura promedio de 35 cm. Se





utilizó el sistema de tres bolillo, con cepas de 30 x 30 cm y distancias de 3 x 3 m entre plantas (Nieto *et al.*, 2007). Las variables medidas fueron altura, diámetro de tallo, peso de sicono, número de tallos, hojas y brotes. Se registraron 6 mediciones con periodos de 45 días. Para la F<sub>1</sub> se aplicó 3 kg de lombricomposta al momento de la siembra y 27 aplicaciones de lixiviado. La F<sub>2</sub> consistió en aplicación de lixiviado, para la F<sub>3</sub> se aplicó lixiviado y tres aplicaciones de fertilizante químico. Para la F<sub>4</sub> se aplicó fertilizante químico, y la F<sub>5</sub> fue el testigo sin fertilización. La fertilización química se aplicó a los 27 días de la siembra es decir hasta la presencia de lluvias, el 22 de octubre de 2018. La segunda aplicación se realizó antes de la caída de hojas el 12 de enero de 2019, y la tercera después de la caída de hojas, antes de la presencia de brotes el 9 de marzo de 2019, con urea 26.1 g, star 13.05 g, nitrato chileno 26.1 g por aplicación (Nieto *et al.*, 2007). El lixiviado se aplicó con diluciones 1:9, es decir, 1 L de lixiviado y 9 L de agua.

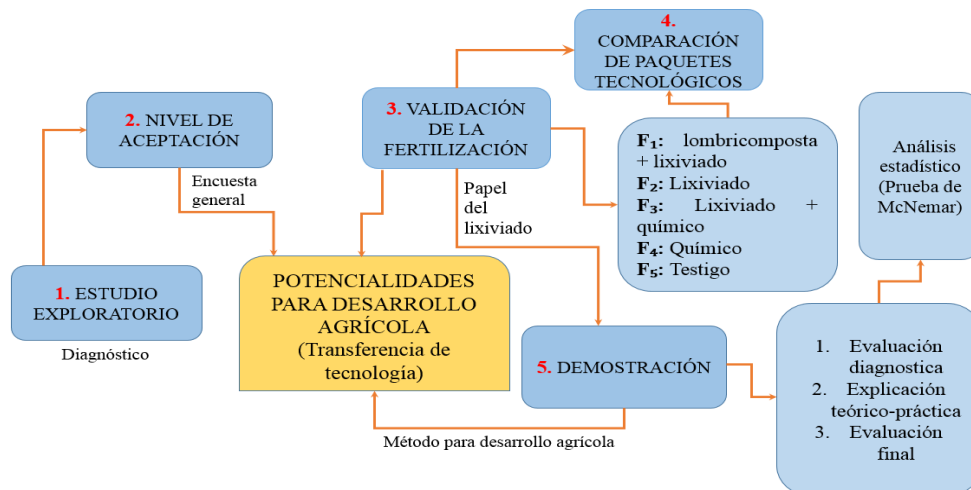
4. Comparación de paquetes tecnológicos. Se realizó una comparación estadística con el programa Statistica 8, respecto la tecnología del agroecosistema, con lo realizado en la parcela experimental y con aportaciones de Nieto *et al.*, 2007.

5. Demostración. Al presentarse diferencia significativa entre las formas de nutrición se realizó la demostración. Se dividió en tres fases: diagnóstica, explicación teórico-práctica y evaluación final llevada a cabo el 27 de abril de 2019, entre la quinta y sexta toma de datos. La evaluación diagnóstica identificó los conocimientos del productor respecto la tecnología de lixiviado; posteriormente se realizó la demostración teórica y práctica sobre la elaboración del lixiviado, y beneficios para los cultivos, con gráficos sobre los efectos de las formas de fertilización en el cultivo de higo. Finalmente se aplicó una encuesta posterior, para identificar si la demostración causó efectos positivos en el conocimiento de la tecnología de lixiviado. Se preguntó ¿Conoce el lixiviado? ¿Cuál fue el medio de conocimiento? ¿Dónde conoció la tecnología? ¿Conoce el procedimiento de elaboración y aplicación de lixiviado? ¿Beneficios de la aplicación? Una vez obtenidos los resultados se realizó el análisis estadístico no paramétrico con el test McNemar y t de Student, para obtener los cambios en el conocimiento de los

productores. Al concluir la fase experimental del 21 de mayo de 2019, se analizaron los datos a través de prueba de medias, utilizando el programa Statistica 8.

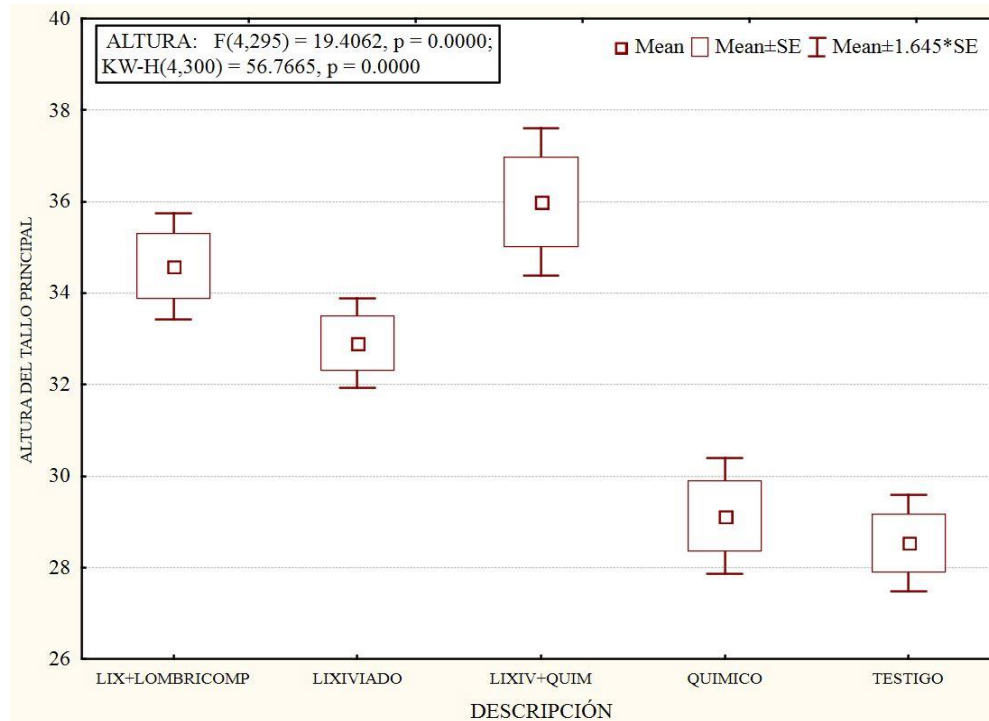
## Resultados y discusión

En la primera fase de la estrategia implementada que fue el recorrido exploratorio, se identificó un uso excesivo de fertilizante químico y la disposición inadecuada y escasa gestión de estiércoles animales (Figura 1). El nivel de aceptación de la tecnología, por parte de los productores resulto positiva, debido a que se mostraron cambios estadísticamente significativos después de la demostración de acuerdo al estadístico McNemar,  $\chi^2=0.0044$ . Los resultados de las diferentes formas de fertilización se muestran a continuación.



**Figura 1. Estrategia implementada para la aceptación de la tecnología de lixiviado. Fuente: Elaboración propia.**

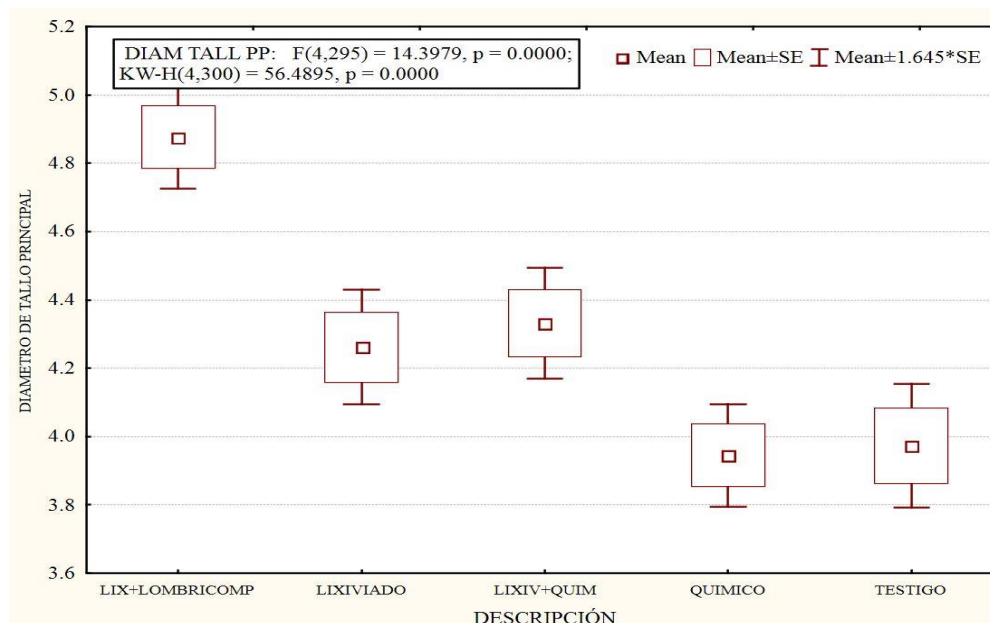
En la Figura 2 se observan diferencias estadísticas significativas en la variable altura del tallo principal.  $F_3$  mostró mayor valor de significancia, después la  $F_2$  y  $F_1$ .



**Figura 2. Altura del tallo principal durante la etapa fenológica del cultivo higo.**

En el caso de rendimientos y postcosecha, Cervantes *et al.*, (2018) encontraron en sandía al comparar la fertilización química y orgánica, que el rendimiento y los sólidos solubles del fruto fueron superiores en el tratamiento de vermicomposta asociado con el tratamiento químico. Otro estudio fue el realizado por (Burgo *et al.*, 2017) en el cultivo de banano donde compararon fertilización química contra orgánica y analizaron el comportamiento del desarrollo fisiológico y el rendimiento productivo del banano, donde el tratamiento orgánico obtuvo mejores rendimientos respecto del químico.

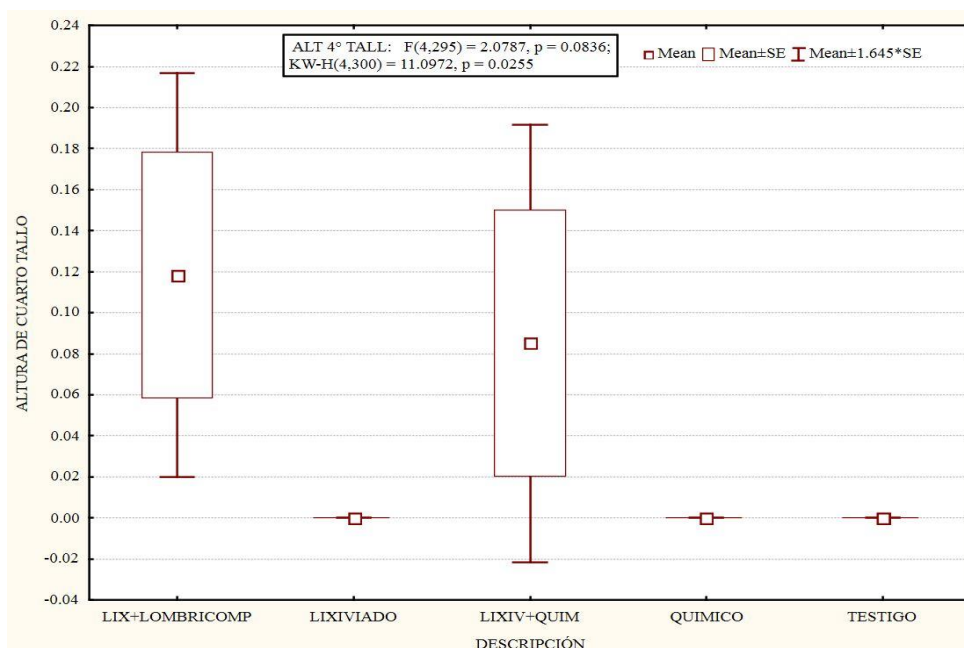
La Figura 3, se muestra que  $F_1$ , mostró mayor valor de significancia, después la  $F_3$ , seguido de la  $F_2$ , respecto al tallo principal tal como comentan, Cruz- Hernández *et al.*, (2014) indicó que los lixiviados, téis de composta y otros abonos orgánicos pueden sustituir o complementar la fertilización química.



**Figura 3. Diámetro del tallo principal durante la etapa fenológica del cultivo higo.**

En la Figura 4 se observa que en  $F_2$ ,  $F_4$  y  $F_5$ , no hubo presencia de un cuarto tallo comparado con la  $F_3$  y la  $F_1$ , donde el lixiviado + lombricomposta presentó el tallo de mayor tamaño. Es importante mencionar que el lixiviado (vermibuap) presentó pH de 7.86 ligeramente alcalino y según lo reportado por Joslin (*et al.*, 1992) el lixiviado puede coadyuvar a hacer disponible, elementos endémicamente deficitarios como el: Zn, Ca, K, B, lo cual no ocurre cuando el pH presenta tendencia ácida. El lixiviado también puede ayudar al control de enfermedades, tal como lo describe Zamora *et al.*, (2017) al evaluar el efecto de tés y lixiviados de vermicomposta obtenidos a través de materiales de origen animal y vegetal sobre la supresión del hongo *M. citricolor* en hojas de cafeto, y concluyeron que los tratamientos con lixiviados de vermicomposta no presentaron lesiones con formación de hongos.





**Figura 4. Altura del cuarto tallo durante la etapa fenológica del cultivo de higo.**

Los resultados que se obtuvieron de la demostración teórico-práctica con 13 productores se muestran en el Cuadro 1; los datos en negritas son los más importantes.

**Cuadro 1. Datos obtenidos de la prueba de McNemar de antes y después de conocer la tecnología.**

		Después	
		SI	NO
Antes	SI	1	0
	NO	<b>10</b>	2

El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos y observa diferencias significativas, mostrando un porcentaje mayor de los que antes NO sabían de la tecnología y después SI sabían de 76.92% y un valor de  $p=0.0044$ . Debido a esto se puede mencionar que el trabajo teórico-práctico de la demostración de la tecnología de lixiviado, mostró efectos positivos, generando cambios en el conocimiento de productores de higo. Es cierto que la demostración teórico-práctica es una fase importante en la transferencia de tecnología, la cual se puede comparar con un estudio realizado por (Hernández-Castro *et al.*, 2008) quienes establecieron parcelas



demostrativas para el manejo integrado del cultivo de papayo, donde los agricultores además de adoptar actitud positiva y conocer la tecnología, la pusieron a prueba en sus propias parcelas; con ello podemos mencionar que la implementación de parcelas demostrativas se puede lograr la incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas de producción.

**Cuadro 2. Análisis de la demostración prueba de McNemar.**

	Column 1	Column 2	Row - Totals
Frequencies, row 1	1	0	1
Percent of total	7.692%	0.000%	7.692%
Frequencies, row 2	<b>10</b>	2	12
Percent of total	<b>76.923%</b>	15.385%	92.308%
Column totals	11	2	13
Percent of total	84.615%	15.385%	
Chi-square (df=1)	.20	p= .6572	
V-square (df=1)	.18	p= .6698	
Yates corrected Chi-square	1.00	p= .3180	
Phi-square	.01515		
Fisher exact p, one-tailed		p= .8462	
two-tailed		p=1.0000	
McNemar Chi-square (A/D)	<b>0.00</b>	p=1.0000	
Chi-square (B/C)	<b>8.10</b>	<b>p= .0044</b>	

## Conclusiones

1. El diseño y operación de la estrategia implementada, logro cambios positivos en los productores sobre la tecnología del lixiviado.
2. Los productores que asistieron a la demostración de la tecnología, lograron cambios favorables en el conocimiento de la innovación. Del total de productores que asistieron a la demostración el 76.92% logró cambios positivos en el conocimiento de la tecnología de lixiviado.
3. El test McNemar obtuvo un valor de  $p=0.0044$  de lo cual se concluye que las formas de fertilización orgánica e inorgánica logró cambios en el conocimiento de la tecnología de lixiviado.



4. La forma de fertilización que mostró mejores resultados respecto al valor de medias fue la  $F_1$  la cual corresponde a la aplicación de lombricomposta al momento de la plantación y aplicación de lixiviados seguido de la  $F_2$ : lixiviado y la  $F_3$ : lixiviado + químico.

## Agradecimientos

Al CONACYT por la beca otorgada a la primera autora, al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz por el apoyo económico, a la comunidad de Ixehuaco, perteneciente al municipio de Xochiapulco, Puebla por su apoyo.

## Literatura citada

- Burgo, B. O. B., R. López F., R. Izquierdo V., F. Juca M., M. B. García S. y L. Capa B. 2017. Estudio experimental en el uso de fertilizante orgánico y químico. *Espacios* 39(9):1-6.
- Cervantes-Vázquez, T. J. A., M. Fortis H., H. I. Trejo E., C. Vázquez V., M. A. Gallegos R. y J. L. García H. 2018. Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México. *REMEXCA* 9 (Spe 20):4263-4275.
- Chiappe, B. M. 2001. Dimensiones sociales de la agricultura sustentable, p. 61-76. *In*: El camino para una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas. [http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/965\\_academicas\\_academicaarchivo.pdf](http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/965_academicas_academicaarchivo.pdf)
- [Consultado el 21 de octubre de 2019].
- Cruz-Hernández, J., Acevedo-Alcalá P., Cruz López V. y C. G. Báez-Cruz. 2014. Pre-selección de fertilizantes orgánicos líquidos para agricultura ecológica por baja fitotoxicidad. XI Congreso de SEA: Agricultura ecológica familiar, 10 p.



- Hernández-Castro, E., Martínez-Dávila J. P., Gallardo-López F. y J. A. Villanueva-Jiménez. 2008. Aceptación de nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo de papayo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8(3):279-288.
- Joslin, J. D., M. Kelly J. and V. Miegroet H. 1992. Soil chemistry and nutrition of North-American spruce fir stands: evidence for recent change. *J. Am. Environ. Qual* 21(1):12-30.
- Martínez-Dávila, J.P y L. Casanova-Pérez. 2018. Agricultural Extension in Latin America: Limiting Factors Mini Review. *Agricultural Research & Technology Open Access Journal* 14(2):1-3.
- Nieto, C. C., P. Jarrín A. y N. Pinto E. 2007. El higo (*Ficus carica* L.). Manual de producción uso y aprovechamiento. SURCO. Fundación de Investigación Capacitación y Difusión Agropecuaria, Editores. Quito, Ecuador. 34 p.
- Peña-Cabriales, J. J., A. Grageda-Cabrera O. y J. A. Vera-Núñez. 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas. *Terra* 20(1):51-56.
- Raí, N., Ashiya P. and D. S. Rathore. 2014. Comparative Study of the Effect of Chemical Fertilizers and Organic Fertilizers on *Eisenia foetida*. *International Journal of innovative Research in Science, Engineering and Technology* 3(5):12991-12998.
- Zamora, K., L. Castro, A. Wang, F. Arauz L. y L. Uribe. 2017. Uso potencial de lixiviados y téis de vermicompost en el control del ojo de gallo del cafeto *Mycena citricolor*. *Agronomía Costarricense* 41 (1):33-51.





## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN HUERTOS FAMILIARES, BAJO ESCUELAS DE CAMPO

Romualdo Vásquez Ortiz<sup>269\*</sup>, David H. Noriega Cantú<sup>270</sup>, Mariano Morales Guerra<sup>270</sup>, Jesús Martínez Sánchez<sup>271</sup>, Eileen Salinas Cruz<sup>271</sup> y José R. Contreras Hinojosa<sup>270</sup>

### Resumen

La transferencia de tecnología es un proceso de difusión de conocimientos que permite realizar acciones de extensión. El presente trabajo tuvo como objetivo transferir tecnologías en los huertos familiares bajo un enfoque de producción agroecológica y documentar el grado de adopción por los productores de la localidad de Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero. El estudio se realizó con 30 familias representadas por un integrante, y pertenecen a la organización “El Copalito”. Se utilizó la metodología de Investigación-Acción-Participativa (IAP), que incluye el acercamiento y conocimiento del área de estudio, el diseño y establecimiento de la parcela-escuela de hortalizas con un manejo agroecológico, y el desarrollo de capacidades a través de Escuelas de Campo (ECAs). Los resultados obtenidos indican que los productores siembran las hortalizas de acuerdo a su experiencia y enseñanza de sus antecesores, los recursos con que cuentan, el precio del producto, la experiencia en la venta y las condiciones agroclimáticas de la zona. Asocian cultivos con un manejo tradicional y de subsistencia, en una superficie promedio de 2, 500 m<sup>2</sup> por huerto familiar. Se obtuvo el porcentaje de adopción de diez innovaciones tecnológicas. Se encontró diferencia estadística significativa en el conocimiento y adopción de tecnológicas por los productores-promotores, antes y después de haber recibido los cursos de capacitación. El mayor porcentaje de adopción fue de 28%, y corresponde a la elaboración y aplicación de abonos orgánicos, y el 27% en incremento de la cantidad de especies en los huertos.

<sup>269</sup> Campo Experimental Iguala, Gro. INIFAP. \*vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

<sup>270</sup> Campo Experimental Valles Centrales, Oaxaca, Oax., INIFAP.

<sup>271</sup> Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis. INIFAP



**Palabras clave:** traspatio, capacitación, producción agroecológica

## Introducción

Los huertos familiares (HF) son sistemas de producción de hortalizas, basado en el uso de insumos locales de bajo impacto en el ambiente, los ecosistemas y en la salud humana (SEMARNAT, 2013). Se utilizan compostas con estiércoles y residuos de plantas, y se aprovechan las cualidades de ciertas plantas para repeler algunas plagas de los cultivos. Los HF son una opción para disminuir la inseguridad alimentaria, y se consideran como alternativa de bienestar local, regional y nacional (Schejtman y Berdegué, 2004). Contribuyen a mejorar la nutrición y la economía de las familias, y son un espacio para aplicar programas para reducir el hambre y la desnutrición de la población en situación de pobreza. Sin embargo, en algunos casos se ha abandonado esta actividad por falta de herramientas, asistencia técnica, o interés institucional.

Es necesario fomentar el desarrollo de capacidades humanas sin crear la codependencia con las instituciones que brindan apoyos (López, 2017). Esto se puede lograr mediante un modelo de capacitación basado en “*aprender-haciendo*” de las Escuelas de Campo, que consiste en el desarrollo de capacidades por medio de sesiones de capacitación y la formación de productores-promotores de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo (Morales *et al.*, 2015). El objetivo del trabajo fue transferir tecnologías en los huertos de familiares bajo un enfoque de producción agroecológica y documentar el grado de adopción por los productores.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en la localidad de Tlalcozotitlán y comunidades aledañas que pertenecen al municipio de Copalillo, Guerrero, y sus habitantes son hablantes de náhuatl. Datos de la CONEVAL (2015), indican que, en México, uno de los



problemas nacionales más relevantes es la pobreza. En Copalillo, el 91% de la población se encuentra en situación de pobreza, el 58.8% de sus habitantes carece de acceso a la alimentación y 67.4% tiene un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo. Este municipio es uno de los más pobres y marginados del país; y de acuerdo con sus características geográficas y agroecológicas tiene un promedio de 600 mm de precipitación anual y una temperatura de 26 °C. Se ubica entre los 17° 52' 47.13" LN y 99° 9' 6.79" LO, a 580 m de altitud y tiene un clima semiárido semicálido (BS1hw) (García, 1988).

La población objetivo fue de 30 familias que cuentan con huertos de hortalizas; cada familia fue encuestada por un integrante de la unidad y en su conjunto pertenecen a la organización "El Copalito S. P. R. de R. L. de C. V.". El trabajo se realizó mediante la Investigación-Acción-Participativa (IAP), que correspondió al acercamiento y conocimiento de la realidad estudiada con una evaluación *ex ante* por medio de una encuesta (línea base), técnicas participativas como lluvia de ideas y observación en campo (Guzmán *et al.*, 1996). La segunda fase fue el diseño y establecimiento de la parcela-escuela de hortalizas con enfoque de producción agroecológico durante 2017 y 2018, para capacitar a productores bajo el modelo de escuelas de campo (ECAs) propuesto por Morales *et al.* (2015). Se formaron productores-promotores en sesiones de capacitación con tecnologías de cultivo biointensivo, propuesto por Jeavons y Cox (2007); se incrementó la cantidad de especies en el huerto, se establecieron semilleros en casa sombra con tela agribón, se elaboraron y aplicaron abonos orgánicos, fertilizantes químicos solubles al suelo, fertilizantes foliares orgánicos y comerciales, se elaboró y aplicó caldo bordelés, ceniza y sulfocalcio, se instaló un sistema de riego por goteo, y se usó tela agribón para la producción de jitomate, con trampas amarillas y aceite adherido para monitoreo y control de plagas (FAO, 2018; Mier y Terán *et al.*, 2018). Estas prácticas de manejo son compatibles con la conservación del ambiente, aprovechamiento integral y sustentable de los recursos locales (UACH, 2002).

El análisis de la información sobre la transferencia de tecnología agroecológica establecidas en la parcela-escuela, se contrastó con el manejo del huerto familiar agroecológico propuestos por Gómez-Tovar y Gómez-Cruz (2016); y para conocer el



grado de adopción de las tecnológicas se utilizó la metodología propuesta por Merino (2018). Finalmente se realizó análisis estadístico utilizando la prueba no paramétrica de Wilcoxon con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v. 19.0 en español.

## Resultados y discusión

### Primera fase: Diagnóstico del manejo de los huertos familiares

Los resultados obtenidos en la evaluación inicial indican que los productores siembran las hortalizas de acuerdo con su experiencia y la enseñanza de sus antecesores, los recursos con que cuentan, el precio del producto, la experiencia en la venta y las condiciones agroclimáticas de la zona. Realizan una asociación de cultivos, con manejo tradicional y de subsistencia en una superficie aproximada de 2, 500 m<sup>2</sup> por familia, similar a Olvera-Hernández *et al.*, (2017) quienes encontraron huertos de traspatio con dimensiones promedio de 2, 195 m<sup>2</sup>. Los productores siembran en promedio dos especies de hortalizas por familia, pero algunas que siembran hasta siete especies como chile criollo, tomate, pápalo, miltomate, chipile, quelites y huanzontle, obteniendo un rendimiento total de 1 kg m<sup>2</sup>. Colín *et al.*, (2012) encontraron que las familias con mayor porcentaje de especies en el huerto familiar son Asteraceae y Rosaceae con 20 y 17% del total. El 80% de los encuestados indican que consumen diariamente tomate cuándo su familia lo produce, y el 20% solo consumen chile cuando lo obtienen por compra. Utilizan tierra de la parcela para establecer el semillero, el riego es rodado por medio de canales que son construidos con mortero y arena, controlan las plagas con imidacloprid, y para prevenir virosis utilizan permetrina para el control de pulgón (*Myzus persicae*), minadores (*Liriomyza spp.*) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), utilizan el agry-micin (sulfato tribásico de cobre) para prevenir cenicilla (*Leveillula taurica*). Fertilizan el suelo con guano de murciélago, y aplican foliares como el bayfolan o poliquel multi, proporcionado por el gobierno del estado a través de la organización. El 96% de los productores venden una parte de su producto, solo el 4% cultiva para el autoconsumo. El 26% de cultiva





en la comunidad con sus vecinos, familiares y conocidos, y el 70% vende sus productos en el mercado de Copalillo, o mercados cercanos, para obtener liquidez y adquirir otros alimentos para el consumo diario, en forma semanal o quincenal dependiendo de su capacidad de compra. Estos resultados concuerdan con Colín *et al.*, (2012) quienes encontraron que la producción del huerto está orientada a la venta y el auto abasto es de segundo término. Dorrego (2015) encontró que las hortalizas se destinan al autoconsumo y a la venta pues suele haber excedentes. Debido a la inseguridad alimentaria, el 31.3% de los encuestados realizan otras actividades como las de construcción, y el 48.4%, actividades artesanales.

### **Segunda fase: Producción agroecológica en el huerto de hortalizas**

Con la implementación del proyecto se capacitaron 45 productores (as), y un productor-promotor en diez tecnológicas agroecológicas implementadas en la parcela-escuela de hortalizas. Se desarrollaron bajo la premisa de “Aprender-haciendo” con la coordinación de la empresa agropecuaria INNOVAMEX. Las actividades realizadas fueron la preparación del terreno con caballos, para la formación de camas, con distancia de 50 cm entre camas y 25 cm de altura. Posteriormente, se instaló un sistema de riego por goteo en superficie de 2600 m<sup>2</sup>. Se clasificaron los cultivos por tipo de siembra: a) siembra directa: zanahoria (*Daucus carota*), rábano (*Raphanus sativus*), cilandro (*Coriandrum sativus*), pápalo (*Porophyllum ruderale*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). b) de trasplante: lechuga (*Lactuca sativa* L.), cebolla (*Allium cepa*), huanzontle (*Chenopodium nuttalliae*), tomate (*Solanum lycopersicum*), miltomate (*Physalis* sp.), chile criollo (*Capsicum* sp.) y cempasuchilt (*Tagetes erecta*), los que se produjeron en almácigos, y en charolas de unicel de 200 cavidades, bajo casa sombra cubierta de tela Agribón. Gómez-Tovar y Gómez-Cruz (2016) consideran que la biodiversidad establecida en el huerto a través de asociaciones de cultivo es una estrategia para disminuir los problemas de plagas y enfermedades, así mismo se establecen especies que funcionan como cultivos trampa y repelentes, etc.

En las especies de siembra directa, la fertilización del suelo fue con composta tipo bocashi y guano de murciélago; se realizaron aplicaciones de fertilizantes orgánicos



foliares con 70 mL de Super Maximus (aminoácidos 11.96%; N 3.59%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.19%; K<sub>2</sub>O 3.04%; B 0.0084%; Zn 0.0598%; Fe 0.0717%; Mn 0.0430%; Mo 0.0050%; Cu 0.0395%) diluido en 20 L de agua y se asperjo sobre las hortalizas, las aplicaciones se intercalaron con el producto Q-Algy (materia orgánica 1.39%; N 0.05%; K<sub>2</sub>O 0.40%; Ca 0.13%; Mg 0.18%; Na 0.91%; Fe 4.2 mg/L; Mn 1.15%) en dosis de 200 mL en 20 L de agua cada 15 días, Gómez-Tovar y Gómez-Cruz (2016). En el huerto agroecológico realizan aplicaciones alternadas de abonos foliares orgánicos, entre los que destacan té de composta, té de lombricomposta, diluciones de lixiviados de lombricomposta, entre otros, en dosis entre 5 y 10%. En los cultivos de trasplante principalmente tomate y chile, la nutrición se realizó con una mezcla de fertilizantes químicos solubles en cantidades de 16.6 g de fosfato monoamónico, 177 g de Ultrasol (potasio) y 16.6 g de fosfonitrato, disuelto en un bote de 20 L de agua y posteriormente, se vació sobre el rotoplas de 1200 L de capacidad para ser aplicado a las hortalizas, esta actividad se realizó tres veces por semana, cada 20 días se incrementó la dosis de fertilizantes al 50 % y se dejó de fertilizar a los 20 días antes de terminar la cosecha. Después del trasplante se aplicó por única vez el insecticida sistémico imidacloprid en dosis de 20 mL en 1, 200 L de agua para prevenir virosis. Se colocaron trampas amarillas con aceite adherido para realizar muestreo de mosquita (*Bemisia tabaci*), trips (*Thysanoptera*), etc., y para su control se aplicó el caldo sulfocálcico y ceniza en dosis de 0.5 L en 15 L de agua y asperjar al cultivo, intercalado con el producto Sultrón (azufre elemental) en dosis de 200 mL en 20 L de agua. Gómez y Rodríguez (2013) para el control de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*), colocan trampas amarillas con aceite vegetal alrededor y al interior del huerto y utilizan plaguicidas a base de higuierilla, epazote, chicalote, y ajo en dosis entre 3 y 10%. Para el control de enfermedades como cenicilla, se utilizó el caldo bordelés al 1%, que consistió mezclar un kg de cal más un kg de sulfato de cobre en 100 L de agua y posteriormente, se aplicó 10 L del caldo bordelés más 10 L de agua en una bomba de mochila de 20 L. Gómez-Tovar y Gómez-Cruz (2016), utilizan el caldo bordelés al 1% y el caldo bordelés combinado con permanganato (12g de permanganato por cada 10 L de caldo bordelés) para la prevención y control de enfermedades en los huertos.



## Adopción de tecnologías por los productores en los huertos familiares

La difusión de tecnologías desarrolladas en los huertos familiares, comprendió desde el establecimiento de la parcela-escuela de hortalizas con acciones de manejo agroecológico. De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó diferencia estadística significativa ( $P < 0.01$ ) en el conocimiento y adopción de innovaciones tecnológicas por los productores-promotores, antes y después de haber recibido los cursos de capacitación y acompañamiento bajo el modelo de escuelas de campo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon, en el conocimiento y uso de componentes tecnológicos para productores que participaron en las capacitaciones en Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, 2017-2018.**

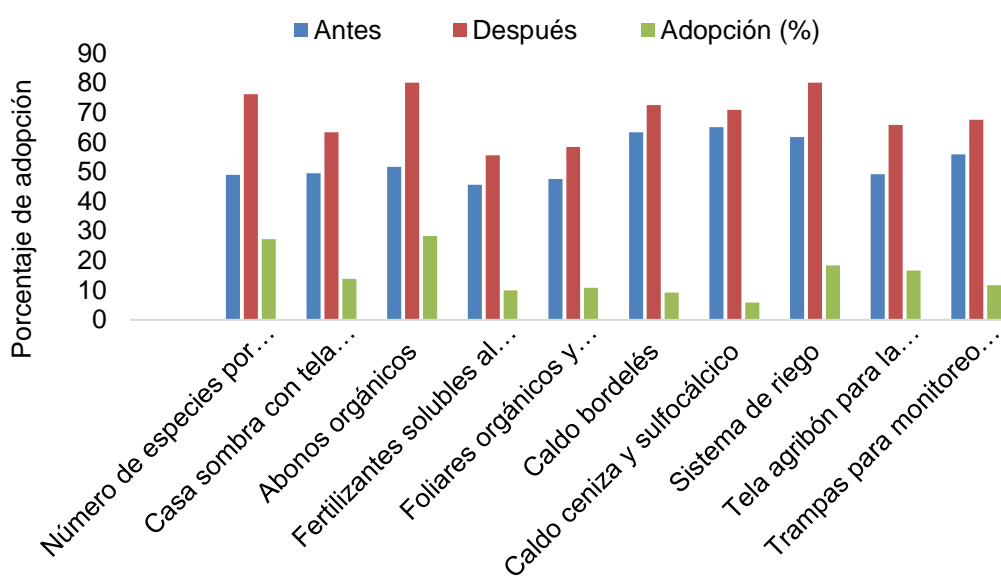
Número	Componentes tecnológicos	Estadístico Zc	Sig. bilateral
1	Incremento del número de especies por huerto	-3.125**a	0.002
2	Establecimiento de semillero en casa sombra con tela agribón	-3.035**a	0.002
3	Elaboración y aplicación de abonos orgánicos	-3.357**a	0.001
4	Aplicación de fertilizantes químicos solubles al suelo	-2.558**a	0.011
5	Aplicación de fertilizantes foliares orgánicos y comerciales	-2.588**a	0.010
6	Elaboración y aplicación de caldo bordelés	-2.636**a	0.008
7	Elaboración y aplicación de caldo ceniza y sulfocálcico	-2.646**a	0.008
8	Instalación de sistema de riego por goteo	-2.994**a	0.003
9	Uso de tela agribón para la producción de jitomate	-3.176**a	0.001
10	Uso de trampas para monitoreo y control de plagas	-3.357**a	0.001

Valor crítico con aproximación normal ( $Z_{\alpha}$ ) con  $0.01 = 0.002$ ; <sup>a</sup>Se basa en rangos negativos, con base en capacitación a productores de hortalizas. Fuente: elaboración propia.

La Figura 1 muestra incremento del conocimiento y uso de los componentes tecnológicos antes y después del proceso de capacitación. El componente elaboración y aplicación de abonos orgánicos tuvo un 28% de adopción, esto se debe a que se utilizan materiales e insumos locales, fáciles de aplicar. Posteriormente el incremento del número de especies en los huertos, 27%, favorecido por el apoyo que el proyecto dio en semillas de especies que consumen y no tienen, que también venden para generar ingreso económico. Vivar *et al.*, (2008) encontraron que la producción diversificada, limpia y sostenible, aumenta la productividad, la disponibilidad de alimentos y el ingreso económico. El 17 y 18% de



adopción del agribón para cubrir las plantas de tomate desde la siembra en almácigo, hasta un mes de desarrollo en campo, y contra insectos plaga, riego por goteo para hacer uso eficiente del agua y proporcionarla de acuerdo a requerimiento de las plantas. La adopción de fertilizantes al suelo y foliares y el uso de caldos minerales para el control de plagas y enfermedades, fue menor debido a que los productores reciben insumos y fertilizantes de programas productivos por gestión de la organización y la empresa agropecuaria INNOVAMEX. Altieri *et al.*, (2014), señalan que la investigación agroecológica ha demostrado que la agrobiodiversidad es clave para regule la incidencia de plagas, almacenamiento de agua, desintoxicación de químicos nocivos en el agroecosistema.



**Figura 1. Adopción de componentes tecnológicos con la capacitación de Escuela de Campo.**

## Conclusiones

1. Los huertos familiares con enfoque agroecológico son una opción viable para incrementar la seguridad alimentaria en las familias, pues proporcionan alimentos sanos, variados y ricos en nutrimentos, además genera un espacio de retroalimentación y trabajo para toda la familia.





2. La capacitación mediante el modelo de Escuelas de Campo, ha incidido para que las innovaciones tecnológicas desarrolladas con el proyecto hayan sido aceptadas y adoptado por los productores en sus huertos de hortalizas.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del proyecto.

## Literatura citada

- Altieri, M. A., C. I. Nicholls y R. Montalba. 2014. El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. *Revista LEISA de Agroecología* 30(1):5-8.
- Colín, H., A. Hernández C. y R. Monroy. 2012. El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, como ejemplo de sostenibilidad. *Revista Etnobiología* 10(2):12-28.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). 2015. Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas 2014. <https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/Documents/Informe-pobreza-Mexico-2014.pdf>
- Dorrego, C. A. 2015. Construcción de la sostenibilidad en Bolivia. Propuesta agroecológica de las mujeres. *Revista LEISA de Agroecología* 31(4):13-15.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. Working for zero hunger. FAO's work on Agroecology, a pathway to achieving the SDGs. Rome, Italy. 28 p. <http://www.fao.org/3/i9021en/i9021en.pdf>
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Offset Larios, 217 p.



- Gómez T. L. y C. Rodríguez H. 2013. Biopreparados vegetales y minerales para el manejo de plagas y enfermedades en la agricultura ecológica. Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México, 19 p.
- Gómez-Tovar, L. y A. Gómez-Cruz M. 2016. El huerto familiar orgánico, diversificado y agroecológico: la experiencia del módulo jurásico en Chapingo, estado de México. Departamento de Agroecología. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI). Universidad Autónoma Chapingo.
- Guzmán, G., A. Alonso, Y. Pouliquen y E. Sevilla. 1996. Las metodologías participativas de investigación: un aporte al desarrollo local endógeno. Agricultura ecológica y desarrollo rural. *In*: II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Pamplona-Iruña. Septiembre p. 301-316.
- Jeavons, J. y C. Cox. 2007. El huerto sustentable. Como obtener suelos saludables, productos sanos y abundantes. Ten Speed Press. Trad. Martínez Valdez J., O. Martínez y A. Guzmán S. Willits, California, USA. 103 p.
- López, P. F. 2017. Contribución de los huertos familiares biointensivos al desarrollo sostenible de las familias rurales y periurbanas. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México.
- Merino, G. F. 2018. Adopción de tecnología florícola promovida bajo el modelo de Escuelas de Campo en San Lorenzo Jilotepequillo, Santa María Ecatepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande. Tlaxiaco, Oax.
- Mier y Terán, G. C. M., F. Giraldo O., M. Aldasoro, H. Morales, G. Ferguson B., P. Rosset A. *et al.* 2018. Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Journal of Agroecology and Sustainable Food Systems* 42(6):637-666.
- Morales, G. M., C. A. Hernández G. y R. Vásquez O. 2015. Escuelas de campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Folleto técnico No. 48. INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Etlá, Oax., México. 35 p.



- Olvera-Hernández, J.I., N. M. Álvarez-Calderón, J. D. Guerrero-Rodríguez y E. Aceves-Ruiz. 2017. Importancia de especies vegetales en el traspatio de familias campesinas del Noreste de Puebla, México. *Revista de Agroproductividad* 20(7):21-26.
- Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2013. El huerto familiar biointensivo. Introducción al método de cultivo biointensivo, alternativa para cultivar más alimentos en poco espacio y mejorar el suelo. México, D.F. 47 p.
- Vivar, H., V. Barrera, J. Coronel e I. De los Ríos. 2008. Investigación y desarrollo tecnológico promueven la reducción de la extrema pobreza en las comunidades de Saraguro-Ecuador. INIAP. Editorial Ingráfica. Cuenca, Ecuador. 36 p.



## FACTORES QUE DETERMINAN LA ADOPCIÓN DE INNOVACIONES NUEVAS EN UNA EMPRESA FORESTAL

Juan Quintanar Olguin<sup>272</sup>

### Resumen

Se define como innovación toda práctica u objeto percibido como nuevo por un grupo o a nivel individual para sus condiciones actuales, y su adopción se da bajo una situación de aprendizaje que depende de múltiples factores, como la percepción de utilidad, facilidad de uso, capacidad de demostración de los resultados, visibilidad y capacidad de control. El estudio se realizó en una empresa forestal comunal localizada en la Sierra Juárez en el estado de Oaxaca. La metodología consistió en la realización de una capacitación *in situ* para presentar nueve innovaciones en la categoría de apilado de la madera; la evaluación de adopción se realizó mediante la aplicación de una encuesta estructurada en un día normal de trabajo. Los resultados mostraron que únicamente la innovación “Distancia entre separadores” fue adoptada, y los factores principales para la adopción de la innovación, por la empresa estudiada fueron por: percepción de ventaja respecto al cómo se realiza de forma común, compatibilidad con el proceso y alta visibilidad de impacto en los resultados del proceso.

**Palabras clave:** aprendizaje, percepción de utilidad, compatibilidad, visibilidad

### Introducción

En la economía mundial la innovación es reconocida como uno de los factores clave de crecimiento económico y competitividad. Sin embargo, en México

---

<sup>272</sup> Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. \* quintanar.juan@inifap.gob.mx





históricamente ha tenido una importancia secundaria en las prioridades de los tomadores de decisiones. Se define como innovación toda práctica u objeto percibido como nuevo por un grupo o a nivel individual para sus condiciones (OCDE, 2005). Por lo que su adopción se da en una situación de aprendizaje, pero esto no implica una simple incorporación de conocimiento, es un proceso interactivo entre individuos y organizaciones que procesan diversos tipos de conocimiento, y que se desarrollan en un ambiente político, económico y social específico (Espejel *et al.*, 2017).

Independientemente de las “bondades” de cualquier innovación, su adopción depende de múltiples factores. En el mundo rural depende no solo del tipo de tecnología y las características de los usuarios potenciales de esta, sino también de la estructura del mercado, así como de la naturaleza y duración de la intervención. La adopción de una nueva tecnología se justifica, con el objetivo de "cambiar el status quo de la organización en busca de mejoras", traducido en ofrecer un producto o servicio satisfactorio al cliente (Queiroz *et al.*, 2016).

El reconocimiento de las necesidades y la aceptación de los individuos, es la etapa inicial de cualquier empresa para adoptar alguna innovación, y es útil para encontrar el camino para el desarrollo futuro, por lo que es importante determinar los factores que impulsan la aceptación o el rechazo de las tecnologías por parte de los usuarios (Taherdoost, 2018). El sentido común indica que las empresas toman decisiones sobre la adopción de nuevas tecnologías, a través de un exhaustivo análisis de los costos asociados a la introducción en la organización de una determinada tecnología, y de los beneficios que esperan obtener de su utilización. Si estos últimos superan a los primeros, se toma una decisión positiva (Sieber y Valor, 2008). Así, la actitud respecto a la adopción se basa en las percepciones de utilidad, facilidad de uso, capacidad de demostración de los resultados, visibilidad y capacidad de control; la actitud posterior a la adopción se fundamenta en las creencias instrumentales de utilidad y las percepciones de las mejoras de la imagen (Hernández *et al.*, 2006).

La lógica del proceso de adopción indica que a medida que una innovación dada es mejor conocida y valorada por los sujetos, mejor será su decisión de adoptarla, de



modo que a su vez, al aumentar el número de adoptantes, aumenta también la influencia y la presión social sobre los no adoptantes que, poco a poco, se ven “envueltos / atrapados” por la innovación (Vejlgaard, 2018).

Toda innovación posee cinco atributos que explican por qué ciertas innovaciones se adoptan más rápidamente que otras. Estos son la *ventaja*, o grado en que una innovación es percibida como buena idea; la *complejidad*, o percepción de la dificultad de entendimiento de uso; la *compatibilidad*, o la capacidad de pervivir con los valores existentes y el sistema social; la *experimentación*, o la capacidad de formar parte de un plan y ser probada, y *la visibilidad*, o grado en que los resultados son visibles a otros (Rogers, 1995).

Así, para comprender los procesos de adopción de las innovaciones que se presentan en el mercado, es necesario el análisis de cada uno de los aspectos que directa o indirectamente influyen sobre el aprendizaje, y sobre la capacidad de una empresa para adoptar innovaciones nuevas. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es determinar los factores que influyen en la adopción de innovaciones en secado convencional por parte de una empresa forestal.

## **Materiales y métodos**

El proceso metodológico para determinar los factores que facilitan la adopción de innovaciones, se aplicó en el área de secado convencional de madera en una empresa forestal comunal, localizada en la Sierra Juárez del estado de Oaxaca. Primero se realizó una capacitación *in situ* como parte de la introducción de innovaciones en la categoría de apilado de la madera (Cuadro 1). Después de dos meses, en un día normal de trabajo se aplicó una encuesta estructurada, para determinar los factores que influyeron en la adopción y medir el grado de adopción de las innovaciones propuestas, asignando un valor de 1 si el trabajador afirmó realizar la innovación y 0 en caso contrario.



### Cuadro 1. Categoría e innovaciones propuestas para adopción en una empresa forestal.

Categoría	Innovación
Apilado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniformidad en la medida del separador</li> <li>• Separadores derechos y uniformes</li> <li>• Alineación de separadores</li> <li>• Distancia entre separadores</li> <li>• Ubicación final de separadores</li> <li>• Uniformidad de travesaños</li> <li>• Alineación de travesaños inferiores</li> <li>• Apilado diferentes grosores</li> <li>• Apilado madera diferentes largos de tablas a secar</li> </ul>

### Resultados y discusión

Los resultados mostraron que, de las nueve innovaciones evaluadas durante un periodo dos meses, solo la “Distancia entre separadores” fue adoptada completamente en su especificación técnica.

La adopción de esta innovación por parte de la empresa se debió a la percepción del gerente de patio de la ventaja para minimizar los defectos de secado por distorsión de la madera, minimizando así las pérdidas económicas por desclasificación del producto, congruente con lo planteado a nivel de productores agrícolas por Luna *et al.*, (2016) respecto a la adopción de tecnología, siempre que ésta coadyuva a alcanzar sus metas ya sean económicas, sociales o ambientales, o bien que permita crear un potencial productivo y mejora de la competitividad (Pérez *et al.*, 2016).

Otro factor, fue la alta compatibilidad de ésta innovación con el proceso, dado que es una actividad que comúnmente se realiza, esto es, la percepción hacia la nueva innovación fue una condición previa clave para que ocurra la adopción (Mwangi and Kariuki, 2015).

A pesar de que se propuso un paquete de nueve innovaciones en la empresa solo se adoptó una, lo cual difiere con lo mencionado por Tura *et al.*, (2010) que indican que la adopción de un componente del paquete tecnológico aumenta la



probabilidad de que los productores utilicen otros componentes esenciales del mismo paquete por más tiempo.

La adopción de esta innovación se vio favorecida por la alta visibilidad de impacto en la disminución de la desclasificación de la madera seca por distorsión como defecto principal de secado. Sin embargo, fue necesaria la participación del gerente de planta (para que autorizará la utilización de madera en buenas condiciones para elaborar los separadores, ya que tradicionalmente sólo se utilizan desperdicio o recortes). La dirección debe estar convencida de la importancia de optimizar los recursos, ya que la gestión de innovación en Pymes como es el caso de las españolas, donde se consideró como criterio importante en la decisión de adopción de innovaciones, el evitar cambios radicales en las rutinas de trabajo (Sieber y Valor, 2008).

Con relación a los niveles de adopción, a diferencia de lo planteado para el sector agrícola donde se evalúa la adopción individual de la tecnología por parte del productor, en una empresa se debe evaluar la adopción de innovaciones a dos niveles: primero a nivel de organización con la compra o adquisición, y segundo a nivel de usuario final quien debe aceptarla, esto es implementarla (Chong y Bauer, 2000). En éste estudio a nivel de dirección de la empresa, se determinó que es una innovación pertinente, sin embargo, a nivel individual de los trabajadores operativos, esto generó inconformidad laboral, ya que el trabajo debe ser más cuidadoso y lento, y como se paga por destajo, se reduce el margen económico individual.

## Conclusiones

1. Los principales factores que permitieron la adopción de una innovación por parte de la empresa fueron: percepción de ventaja respecto al cómo se realiza de forma común, compatibilidad con el proceso de apilado y alta visibilidad, dada la facilidad de comparar resultados respecto del cómo se realiza de manera tradicional.





2. En general, los atributos de innovación considerados como los más importantes para la adopción, son aquellas que pueden afectar los ingresos esperados, la productividad, la carga de trabajo, el uso de insumos y los costos de producción.

### Literatura citada

- Chong, S. and C. Bauer. 2000. A Model of factor influences on electronic commerce adoption and diffusion in small and medium-sized enterprises, p. 23. *In*: Actas PACIS 2000. Fourth Pacific Asia Conference On Information Systems. Hong Kong.
- Espejel G. A., A. Barrera R., V. Cuevas R., Ma. C. Ybarra M. y J. A. Venegas V. 2017. Sistemas de innovación y patrones de interacción local en el sector rural en México. *Nova Scientia* 9(19):595-614.
- Hernández O. B., J. Jiménez M. y M. J. Martín H. 2006. Análisis del comportamiento empresarial en la adopción de tecnología. *Universia Business Review* 10(2):54-65.
- Luna M. B. M., J. R. Altamirano C., V. H. Santoyo C. y R. Rendón M. 2016. Factores e innovaciones para la adopción de semillas mejoradas de maíz en Oaxaca. *REMEXCA* 7(SPE15):2995-3007.
- Mwangi, M. and S. Kariuki. 2015. Factors determining adoption of new agricultural technology by smallholder farmers in developing countries. *Journal of Economics and Sustainable Development* 6(5):208-216.
- OCDE-EUROSTAT. 2005. Manual de Oslo Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. 3a Edición. OCDE-EUROSTAT. Paris-Bruselas. 56 p. [www.tragsa.es/filedctos/Manual\\_de\\_Oslo.pdf](http://www.tragsa.es/filedctos/Manual_de_Oslo.pdf) [Consultado el 10 de Julio de 2019].
- Pérez G. R. O., H. Martínez B., B. J. López T. y R. Rendón M. 2016. Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *REMEXCA*, 7(SPE15), 2909-2923.
- Rogers, E. M. 1995. *Diffusion of Innovations*. 4th Ed. The Free Press, New York.



- Queiroz M. M., J. Silva F., C. de Araújo S. and J. P. Lemos de A. 2016. Technology adoption in diffusion of innovations perspective: introduction of an ERP system in a non-profit organization. *RAI Revista de Administração e Inovação* 13:48–57.
- Sieber S. y J. Valor. 2008. Criterios de adopción de las tecnologías de información y comunicación. Cuadernos del e-business Center Pricewaterhouse Coopers & IESE. Barcelona, España. 52 p.
- Taherdoost H. 2018. A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia Manufacturing* 22:960-967.
- Tura, M., D. Aredo, W. Tsegaye, R. La Rovere, G. Tesfahun, W. Mwangi and Mwabu G. 2010. Adoption and continued use of improved maize seeds: case study of Central Ethiopia. *Afr. J. Agric. Res.* 5(17):2350-2358.
- Vejlgaard, H. 2018. Process knowledge in the innovation-decision, p. 7-22. *In*: Beatriz Peña Acuña Ed. *Digital Communication Management*. IntechOpen, British Library Cataloguing-in Publication date. London, United Kingdom <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73307> [Consultado el 10 de Julio de 2019].



## CADERNETAS DE MUJERES: CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO FEMENINO, EN LA PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA DEL NORTE DE BRASIL

Luciane Cristina Costa Soares<sup>273\*</sup>, Beatriz Luz Cruz<sup>274</sup>, Laetícia Jalil<sup>275</sup>, y María del Carmen Álvarez Ávila<sup>276</sup>

### Resumen

El presente artículo muestra los resultados de la aplicación de una metodología “innovadora”, que evalúa el aporte económico del trabajo agroecológico de las mujeres de la región norte de Brasil. La metodología se llamada de Cadernetas Agroecológicas (CA) (bitácoras de producción diaria), la cual es una forma simple de administración de la producción. Su objetivo es visibilizar el valor económico de este trabajo y estimular que otras mujeres y organizaciones adopten metodologías con perspectiva de género. El artículo está estructurado en cuatro partes: la introducción presenta la investigación y cuestiones en torno a la invisibilidad del trabajo de las mujeres en la agricultura, algunas reflexiones sobre el concepto de trabajo doméstico y uso del tiempo, y el objetivo. En materiales y métodos, se presentan los procedimientos metodológicos, la aplicación de las metodologías cualitativas y participativas utilizadas, como talleres, días de campo, observaciones participativas, entre otras, además de una contextualización de la región norte del país. En los resultados y discusión, se muestra la importante contribución de las mujeres en el sustento y reproducción de la familia y de los agroecosistemas que ellas manejan. Para valorar monetariamente su trabajo, se utilizaron categorías como el consumo, la venta, los intercambios y las donaciones de producción. De acuerdo con los resultados se puede concluir que ellas utilizan más del 50% de todo lo que producen para el consumo de la familia, un aporte importante que garantiza

<sup>273</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, \*crisluani@gmail.com

<sup>274</sup> Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional - FASE Amazônia, beatrizluzlpj@gmail.com

<sup>275</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, laeticiajalil@gmail.com

<sup>276</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, malvareza@colpos.mx



la reproducción familiar, y en los espacios que manejan existen una importante biodiversidad que aporta cualidad de vida y salud a todos, además la CA les facilitó el intercambio de prácticas productivas y la organización.

**Palabras clave:** agroecosistemas, género, invisibilidad del trabajo, feminismo

## Introducción

El presente artículo fue elaborado a partir de los primeros resultados del uso de la Caderneta Agroecológica (CA), (Neto, 2015), una metodología innovadora que tiene como objetivo entender y valorar la contribución del trabajo de la mujer en experiencias agroecológicas protagonizadas por ellas, identificando su contribución para la seguridad alimentaria y su aporte económico familiar.

La CA presenta una evaluación económica de la producción, en sus espacios agroecológicos. Para entender esta evaluación se revisaron los conceptos de trabajo productivo y reproductivo (tal como lo plantea el marxismo), y se buscó comprender como el trabajo de ellas es invisible. Un reto importante en este proceso fue y sigue siendo, entender desde una perspectiva descolonizadora, como el trabajo de ellas tiene un aporte equivalente al del varón, dentro del sustento familiar.

El análisis está apoyado en la economía feminista (Mies, 2019; Federici *et al.*, 2013; Moreno, 2014; Faria y Nobre, 2002), donde se consideran otros elementos al calcular la economía familiar, que no están delimitados solamente por la lógica estrictamente monetaria, como es el caso de las actividades domésticas desarrolladas. Este es un ejercicio para conocer las prácticas productivas y asignarles valor, observando los espacios en las mujeres trabaja sus experimentos como espacios de decisión. Faria y Nobre (2002) presenta un cuestionamiento sobre quien es el 'hombre economicus', sobre el cual la economía dominante hace su modelo matemático y proyecta su comportamiento. Para las economistas feministas uno de los problemas está en la primacía del lenguaje matemático y la dificultad en incluir otros elementos en sus matrices de cálculos. Por ello, proponen





combinar, en estos modelos matemáticos, otros elementos interdisciplinarios, que incorporen todas las actividades necesarias para la sustentabilidad de la vida humana.

Las mujeres cuestionamos la división capitalista entre el trabajo doméstico privado (en terminología marxista, trabajo reproductivo) y el trabajo público y productivo (trabajo asalariado), también conocido como trabajo y no trabajo (Mies, 2019). Cuestionamos ¿por qué en esta división del trabajo, por ejemplo, el trabajo doméstico de las mujeres no aparece? (ni en la literatura o en los modelos matemáticos de la economía), si se considera que su contribución para la supervivencia de la familia es decisiva.

El trabajo femenino va mucho más allá de los trabajos domésticos, pues se cuida a la familia, a los hijos, entre otras actividades comunitarias y organizativas. Es en este sentido que la mayor parte de las mujeres que protagonizan experiencias agroecológicas, realizan en la esfera privada una cantidad múltiple de trabajo que contribuye de forma decisiva para que el hombre pueda acceder al ‘trabajo público y productivo. Es necesario reflexionar sobre la diferenciación entre el trabajo productivo del hombre urbano, y el trabajo productivo del hombre agricultor, ya que los tiempos y uso de los tiempos son distintos para cada uno de ellos. Para los hombres rurales la esfera pública no está tan apartada de la vida privada, como lo es en la ciudad.

Históricamente estos cuestionamientos comenzaron en varios países de Europa, en especial en los trabajos de Mariarosa Dalla Costa, 1972 en Italia “El poder de las mujeres y la subvención de la comunidad” y el de Selma James “El lugar de la mujer” (Mies, 2019). Según estas teóricas, las mujeres han quedado encerradas en la familia nuclear atomizada, y su trabajo ha quedado en la invisibilidad social y definido, en consecuencia, como “no productivo”. El trabajo de las mujeres acabó por quedarse bajo conceptos de amor, cuidado, afectividad, maternidad y conyugalidad (Mies, 2019).

En la agricultura el trabajo de las mujeres es fundamental, porque sin ello no es posible la reproducción familiar, ya que para que el hombre pueda salir a los campos, antes, son necesarios varios procesos como la organización de alimentos y



cuidados a los demás miembros de la familia. Como dice Mies (2019), las mujeres se apropiaron de sus propias fuerzas productivas y generativas, analizaron y reflexionaron sobre sus propias experiencias y las de sus antepasados y las heredaron a sus hijas.

En este sentido es que la CA a través de la economía feminista apoya la investigación, contabilizando el trabajo doméstico y de reproducción ejecutado por las mujeres, como categorías de valor iguales a las de los hombres. Se buscó pensar otras formas de practicar la economía, más centrados en la sustentabilidad de la vida del planeta, de los agroecosistemas y de la vida de las mujeres.

Otro cuestionamiento trabajado con ellas fue la invisibilidad de su trabajo y las diferenciaciones sobre las formas y usos del tiempo. Según Moreno (2014), en el proceso de desarrollo del sistema capitalista de producción, hubo una alteración en la medición y percepción del uso del tiempo, se juntó la idea de tiempo con la de producción de riquezas, cristalizada en el argumento: “tiempo es dinero”. Con la creación del reloj se institucionalizó el tiempo, supuestamente igual para todos, y por consiguiente mayor producción de riqueza, ya que los capitalistas pueden a partir de allí para reglamentar las horas trabajadas.

Por un lado, los espacios urbanos pasaron a ser organizados a partir del uso del reloj y las jornadas de trabajo medidas proporcionalmente a la producción de riqueza (Moreno, 2014). “O desenvolvimento capitalista demandava maior precisão na medição e no controle do tempo, assim como seria beneficiado se todas as atividades humanas passassem a se orientar a partir dessa medição. Dessa forma, nas sociedades industriais, o tempo do relógio se torna a principal referência no dia a dia: um tempo linear, preciso, abstrato, independente de outros eventos, fracionado, mensurável e universal” (Moreno, 2014).

En la agricultura este proceso es distinto y muy complejo, ya que el tiempo de producción de la naturaleza no está determinado por el tiempo del reloj, ni del mercado capitalista, y las tentativas de dominación del tiempo de la naturaleza, es como el uso de diferentes técnicas como fertilizantes químicos, agrotóxicos, biotecnologías y transgénicos, han generado distintas consecuencias e impactos ambientales.



Por eso, en la agricultura agroecológica los usos de los tiempos son la matriz de su relación con la naturaleza, la agroecología reivindica el respeto a los tiempos naturales, porque comprende que la vida es regida a partir de los ciclos lunares, de mareas, de las aguas, de las estaciones del año, de las lluvias. Y las mujeres agroecológicas, aprendieron a observar el tiempo natural y usarlo en su favor, porque saben que las interacciones entre especies son fundamentales para un equilibrio en el ecosistema, y es en este sentido que ellas buscan mantener sus espacios productivos agrobiodiversos.

Se puede decir que en función de eso es que Mies (2019), afirma que la productividad femenina fue y sigue siendo la precondition para la productividad masculina, su tesis está anclada en dos aspectos: en la capacidad femenina de producir otros seres vivos, que sin la cual todo lo demás no podría existir y el hecho de que las diferentes formas de productividad que los hombres han desarrollado a lo largo de la historia, no podrían haber surgido si no hubiesen utilizado y subordinado las diferentes formas históricas de producción femenina (Mies, 2019).

Es en estos sentidos que el presente artículo tiene como objetivo visibilizar, mediante el uso de la metodología de la CA, la contribución que el trabajo de las mujeres agroecológicas aportan, para la economía familiar y a la seguridad alimentaria, además de estimular que otras mujeres y organizaciones adopten metodologías con perspectiva de género.

## **Materiales y métodos**

La investigación está organizada a partir del acompañamiento y sistematización de la producción de mujeres que protagonizan experiencias agroecológicas en Brasil. Se basa en la metodología cualitativa, intitulada Cadernetas Agroecológicas (CA), creada por el centro de Tecnologías Alternativas de la Zona da Mata (CTA-ZM). La CA es un instrumento de medida que apoya a las mujeres en la administración y visibilidad de su trabajo, en sus espacios de experimentación productiva (Figura 1).



**Figura 1. Modelo de la Caderneta Agroecológica (CA). Fuente: <http://www.sdr.ba.gov.br/noticias/2018-11-27/caderneta-agroecologica-fortalece-o-trabalho-das-mulheres-produtivas>.**

Esta metodología también busca incentivar las organizaciones a su adopción, en enfoques de trabajo que sean sensibles a la desigualdad de género y que consideren en sus prácticas la importancia del trabajo femenino.

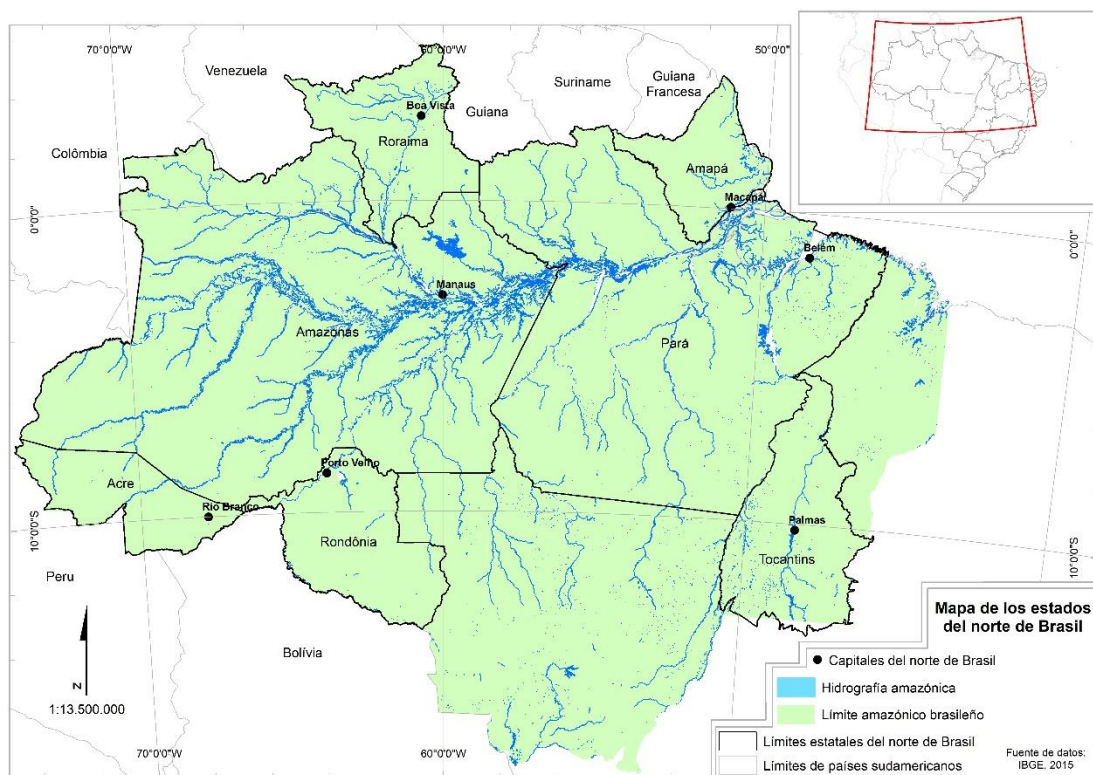
La investigación fue desarrollada en todas las regiones del país y los datos presentados corresponden a los primeros resultados de los estados de la región norte de Brasil. En el norte, la investigación fue coordinada por la Rede de Mujeres Emprendedoras Rurales de la Amazonía - RMERA, en la cual la Federación de Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE, 2018), y el Movimento de Mujeres del Nordeste Paraense. Estas organizaciones participaron del Proyecto Mujeres y Agroecología en la Red de la Universidad Federal de Viçosa, y el extinto Ministerio del Desarrollo Agrario (MDA).

La región norte brasileña está conformada por siete estados del país, en ella se encuentra el bioma amazónico. La Amazonía brasileña corresponde al 60% en área del país y cerca de 6 millones de km<sup>2</sup> (Da Silva, 2017). La Amazonía brasileña es parte del territorio Pan-amazónico que es compartido por ocho países, pero el 68% de la



cuenca amazónica y de las selvas tropicales están en territorio brasileño (Castro, 2008).

Brasil igual que México, es parte del grupo de países megadiversos, denominados así por la gran diversidad de especies y ecosistemas que poseen (Figura 2).



**Figura 2. Mapa de localización de los estados del norte y de la Amazonía en Brasil. Fuente: Elaboración de las autoras.**

En el norte, el proyecto inició con ochenta y ocho mujeres, y en su desarrollo durante el primer año, concluyeron las anotaciones un total de setenta mujeres, cuyos datos son presentados en este artículo. La CA fue monitoreada de marzo/abril de 2017 hasta marzo de 2018.

Se llevó a cabo un proceso de acompañamiento de las mujeres durante un año, y además de las anotaciones en las cadernetas (hechas por ellas diariamente), se realizaron talleres, días de campo, observaciones participativas del trabajo que ellas realizan en sus parcelas. También se llevaron a cabo encuentros e intercambios de saberes y reflexión, mapas mentales de la parcela, visitas técnicas y una encuesta



socioeconómica. Estas metodologías participativas, apoyaron la identificación de los espacios en que las mujeres ejercen su poder de decisión, y elijen que producir, donde producir y el destino de la producción. En general ellas producen una diversidad de plantas, hierbas, raíces como la yuca (*Manihot esculenta*) y la crianza de pequeños animales (FASE, 2018), en un territorio agroecológico biodiverso, muy rico y muy característico de la Amazonía.

Las metodologías participativas también proporcionaron un importante proceso de intercambio de tecnologías agroecológicas entre las mujeres, y el criterio para participar en las anotaciones de la CA, fue libre y cada agricultora eligió si quería escribir diariamente sobre su trabajo. Eso fue fundamental para el éxito de la investigación, porque las mujeres se volvieron investigadoras de su propio trabajo. La CA apoya la valorización del trabajo de las mujeres, tanto el productivo como el reproductivo, los espacios ocupados por ellas, los usos y administración de su tiempo, sus experimentaciones productivas, reportando el amplio número de actividades desarrolladas. La CA también es un instrumento de movilización política, porque desarrolla trabajos colectivos, reuniones, planeamientos entre otras formas de participación colectiva.

Las anotaciones sobre la producción de las mujeres en la CA fueron categorizadas en cuatro columnas: el consumo, la venta, el intercambio y las donaciones. Estas categorías tienen el objetivo de mostrar que hay muchas otras actividades desarrolladas por ellas, que tiene valor monetario, aunque no son contabilizadas en la economía tradicional.

## Resultados y discusión

Los resultados presentados son referentes a la región norte del país. En el Cuadro 1, se reportan el estado, la institución y el número de mujeres.



### Cuadro 1. Cantidad total de Mujeres que adoptaran la CA en los estados.

Estado/ Institución	Nº de Mujeres
Acre/Cooperativa Agrícola Agroforestals	03
Amapá/IMENA	02
Amazonas/Casa da Mulher do Rio	20
Maranhão/TIJUPA	10
Pará/FASE	30
Pará/MMNEPA	10
Rondônia/Federação-STTR-EMATER	03
Roraima	10
<b>Total</b>	<b>88</b>

**Fuente: Relatório Parcial FASE (2018).**

De las 88 mujeres que iniciaron, 70 (79.54%) finalizaron el primer año. El 34.48% de ellas son casadas o están en unión estable, y el 23.33% están solteras, las demás se encuentran en otras condiciones como, viuda, o divorciada, el 46.27% de ellas tiene entre uno y cinco hijos.

Con relación al nivel de escolaridad, el 4.6% nunca estudiaron; el 33.47% estudiaron primaria; el 28.40% secundaria y el 5.7% bachillerato o carrera técnica.

Con respecto a la tenencia de la tierra, el 24% viven en tierras de uso comunal (como los quilombos o tierras tradicionales), el 46% accedieron a la tierra a través de herencia. Las dos principales formas de acceso al agua son a través de pozo (91%) y el río.

Las principales políticas públicas a las que tuvieron acceso, están relacionadas con compras institucionales del gobierno como el Programa de Adquisición de Alimentos (PAA) y el Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE). Sólo el 23% de ellas tienen acceso a la asistencia técnica y extensión rural (ATER), y el 63% reciben recursos mínimos mensuales del Programa Beca Familia. La principal fuente de financiamientos de la producción es el Programa Nacional para la Agricultura Familiar (PRONAF), pero apenas el 16% de ellas tienen financiamiento.

Las principales organizaciones sociales y políticas en las que participan son: sindicatos, movimiento de mujeres rurales, asociaciones, cooperativas e iglesias. Apenas el 7% participan en partidos políticos, y el 24% están organizadas en redes de mujeres y producción.



Los principales mercados y circuitos cortos de comercialización son ferias agroecológicas y o convencionales, y la venta en la comunidad. El 47%, comercializan su producción en la casa, y el 32% venden para programas institucionales como el PAA y el PNAE.

Los principales resultados encontrados en la CA sobre el destino de la producción, muestran que el 50% de lo que producen es para autoconsumo, el 29% fue destinado a la venta, el 18% para donaciones, y el 3% fue destinado para los intercambios. Un factor importante, fue sobre la categoría intercambio, para ellas los procesos sociales son difíciles de medir monetariamente, como es el caso de los trabajos colectivos en las parcelas (contabilizados como intercambios), porque son relaciones basadas en amistades y o parentesco, no es solamente un cálculo numérico, reportado por el número de horas destinadas a la tarea.

En valores monetarios la categoría autoconsumo representa el 60%, el 28% son recursos de la venta de la producción, el 9% son las donaciones y apenas 3% son recursos de intercambios. Con estos resultados se evidencia que la producción de las mujeres es esencialmente una producción destinada al consumo familiar, y muestra que gran parte de la alimentación familiar es garantizado por ellas, aunque su valor monetario no esté presente en la economía familiar.

En el estado de Pará, por ejemplo, los dos productos más consumidos por las familias fueron el açai (*Euterpe oleracea*) y la harina de yuca (*Manihot esculenta*), productos que son la base de la alimentación de la mayoría de los campesinos en el estado. El "beiju" (tortilla hecha con la harina de yuca) aparece como uno de los productos que la mayoría de ellas venden.

El piquiá (*Cariocar villosum*), el bacuri (*Platonia insignis*) y la castanha do pará (*Bertholletia excelsa*), son especies que aparecen con mucha frecuencia en la columna de consumo de la familia y muestran que gran parte de ellas mantienen en sus espacios productivos, especies perennes que se tardan en media 10 años para dar frutos.

La media mensual del valor de la producción por cada mujer, fue cerca de 168 dólares mensuales, este valor representa el 68% de un sueldo mínimo en Brasil. Es importante considerar que, en gran parte, la economía campesina no pasa





necesariamente por los valores monetarios, y por eso el valor medio mensual puede parecer muy poco, pero es significativo para garantizar acceso a otros alimentos que no son producidos por ellas.

Algunos retos encontrados muestran las dificultades de evaluar monetariamente las relaciones sociales y de reciprocidad en el contexto social de ellas. La primera tiene que ver con algunas dificultades en el proceso de llenar la CA, los valores en números de las columnas de consumo, donación y intercambio.

En especial existe un problema para reportar el valor monetario de las donaciones e intercambios, porque muchos de estos procesos son realizados con familiares, vecinos y amigos, el 'valor' del producto se confronta con una relación afectiva.

## Conclusiones

1. Las primeras conclusiones muestran que es notable la enorme diversidad biológica en los espacios en que ellas trabajan, tuvimos relatos de que hay mujeres que manejan más de 150 especies. Esto se debe a un refinado trabajo de manejo realizado por ellas. Son especies de hortalizas, plantas medicinales, flores, árboles frutales y la crianza de pequeños animales, además de la producción de alimentos para venta y artesanías.
2. Ellas trabajan un conjunto de prácticas agroecológicas que enriquece las áreas alrededor de la casa y de la parcela donde trabajan. La CA posibilitó visibilizar la importancia que la producción de ellas aporta a la familia, principalmente para el consumo en la alimentación familiar ya que más de 50% de lo que producen son destinados al consumo de la familia, pero también el uso de especies de herbolaria que apoya la salud familiar, además de los recursos económicos proporcionados con la venta.
3. Las metodologías participativas trabajadas durante el acompañamiento de las mujeres, fueron fundamentales pues apoyaron el intercambio de conocimientos y practicas entre ellas. Un importante logro fue el reconocimiento que las mujeres



hicieron de su propio trabajo, eso generó un fortalecimiento de su estima, además un reconocimiento de la propia familia.

4. Los espacios manejados por ellas también tomaron otro valor, porque aportan protección para el suelo, son fuente de seguridad alimentaria para la familia por su diversidad, proporcionan microclimas con la sombra de los árboles, y son también, fuente de calidad de vida por su belleza y fuente de salud, por proporcionar medicina natural para la familia.

### Literatura citada

- Castro, E. 2008. A Amazônia e seu Lugar Central na Integração Sul-Americana p. 21-46. *In*: Nascimento, D. (ed.), *Relações Internacionais e Defesa na Amazônia*. Belém: NAEA/UFGA. Belém, Brasil.
- Faria, N. y M. Nobre. 2002. *Economía feminista*. Cadernos Sempre viva. Sempre viva Organização Feminista. São Paulo, Brasil. 50 p.
- Federación de Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE). 2018. *Amazônia. Relatório Parcial: Proyecto Mujeres y Agroecología en Rede*. <https://projetocolabora.com.br/ods8/as-cadernetas-que-dao-poder-as-mulheres/>. [Consultado el 9 de agosto de 2019].
- Federici, S., R. Durán R., P. A. Pizaña, L. Linsalata, F. Guervós C. y M. Ponz P. 2013. *La revolución feminista inacabada: mujeres, reproducción social y lucha por la común*. Escuale Calpulli Eds. México, D.F. 124 p.
- Da Silva G. 2017. *Intervencionismo y medio ambiente: el caso de la Amazonía Brasileña*. *Revista de Relaciones Internacionales. Estrategia y Seguridad* 12(1):207-236.
- Mies, M. 2019. *Patriarcado y Acumulación a Escala Mundial*. Trad Paula Martiz Ponz y Carlos Fernández Guevos. Edit. Traficante de Sueños. Madrid, España. 434 p.
- Moreno, R. 2014. *Feminismo, Economia e Política: debates para a Construção da igualdade e autonomia das mulheres*. São Paulo: SOF Sempre Viva Organização Feminista. São Paulo, Brasil. 160 p.



Neto. A. A. L. 2015. Caderneta Agroecológica Empoderando Mulheres, Fortaleciendo a Agroecologia. Revista Agriculturas 12 (4):1.

Sitio Web

<http://www.onumulheres.org.br/noticias/agricultoras-familiares-inovam-visibilizam-trabalho-e-producao-mulheres-experiencia-citada-em-relatorio-internacional-da-onu-mulheres/>. [Consultado el 9 de agosto de 2019].

<http://www.sdr.ba.gov.br/noticias/2018-11-27/caderneta-agroecologica-fortalece-o-trabalho-das-mulheres-produtivas>. [Consultado el 9 de agosto de 2019].

**Ambiente, Recursos Naturales  
y Cambio Climático**







## PRESENCIA DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE JÍCAMA (*Pachyrhizus erosus* [L.] Urb.) CON DISTINTOS TIPOS DE ACOLCHADO EN CAMPO

Guadalupe Contreras Martínez<sup>277</sup>, Erick D. Homobono Bartolo<sup>277</sup>, Liliana Lara Capistrán<sup>278</sup>, Miguel Ángel Chazáro Basáñez<sup>279</sup>, María del Carmen Núñez Camargo<sup>278</sup>, Fernando Hernández Baz<sup>279</sup> y Ramón Zulueta Rodríguez<sup>278\*</sup>

### Resumen

Actualmente la contaminación por el uso de acolchados plásticos en la agricultura es uno de los problemas mundiales más apremiantes con imperativa demanda de alternativas naturales y amigables con el entorno ambiental, social y económico, cuya implementación en diferentes zonas agroproductivas sea permisible. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue identificar taxonómicamente y evaluar el porcentaje de arvenses presentes en el cultivo de jícama (*Pachyrhizus erosus* [L.] Urb.) con diferentes tipos de acolchado en campo. Se utilizó un diseño experimental con bloques completamente al azar con catorce tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Composta, C), T3: (Acolchado plástico, AP), T4: (Acolchado plástico más Composta, AP+C), T5: (Cascarilla de café, CC), T6: (Cascarilla de café más composta, CC+C), T7: (Hoja de haya, HH), T8: (Hoja de haya más composta, HH+C), T9: (Rastrojo de maíz, RM), T10: (Rastrojo de maíz más composta, RM+C), T11: (Aserrín, A), T12: (Aserrín más composta, A+C), T13: (Rastrojo de avena, RA) y T14: (Rastrojo de avena más composta, RA+C), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas una de la otra 20 cm. Se utilizó un análisis de varianza y la prueba LSD de Fisher con un nivel de significación del 5%. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) para la variable porcentaje de arvenses

<sup>277</sup> Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>278</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México. \*rzulueta36@hotmail.com

<sup>279</sup> Docente de la Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.



revelando como mejores tratamientos a CC y CC+C; y en la identificación taxonómica se determinó que *Oxalis latifolia* fue la especie más abundante en todos los tratamientos. De esta manera, los tratamientos denotados (CC y CC+C) se perfilan como una alternativa de acolchado natural efectiva para el control de arvenses en el cultivo de esta Fabaceae en campo, similar a la que se obtiene con un acolchado plástico plata-negro calibre 400 pero sin riesgo de contaminar y ejercer un impacto negativo en el ambiente.

**Palabras clave:** acolchado plástico, cascarilla de café, rastrojo de maíz y avena, aserrín, composta

## Introducción

En la actualidad los problemas de contaminación del suelo y del ambiente no solo son ocasionados por la inmoderada aplicación de agroquímicos (del Puerto *et al.*, 2014; Montoya *et al.*, 2014), sino que el uso e inadecuado deshecho de elementos plásticos en la agricultura son tan alarmantes que se han planteado investigaciones, acciones y estrategias de manejo para minimizar su impacto negativo sobre los ecosistemas y la calidad de vida humana (Zenner de Polanía y Peña, 2013).

En dicho tenor, y tomando en consideración la factible sustitución de las cubiertas protectoras sintéticas por materiales potencialmente utilizables y biodegradables, surge la búsqueda de alternativas para reemplazarles a la brevedad posible. Entre ellas sobresalen los acolchados orgánicos derivados de restos de cultivos, vegetales o tejidos naturales que tienen un ritmo de descomposición discordante dependiente del tipo de material y condiciones del medio prevalecientes (Zribi, 2013), no incrementan los costos de producción y son empleados para reducir la pérdida de suelo (erosión), agua y competencia de los cultivos con arvenses (Hernández, 2014). Además, al combinarles con la composta y valorarles no solo favorecen el crecimiento y rendimiento de la producción en cultivos de importancia económica, sino también mejoran la actividad biológica del suelo, sus propiedades físico-



químicas y su fertilidad (Villarreal-Romero *et al.*, 2010; Gracia, 2012). El presente estudio tuvo como objetivo realizar la identificación taxonómica y cuantificación de la población arvense presente en un cultivo de jícama (*Pachyrhizus erosus*) en campo arropado con cubiertas de film plástico y materiales naturales en acolchado.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación del experimento**

El presente estudio se efectuó durante los meses de agosto-diciembre de 2018 dentro del Seminario Mayor de Xalapa, ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la cercanía del Bulevar Diamante (a un costado del Parque Molinos de San Roque), en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, cuyas coordenadas geográficas son 19°33´05.37´´ LN, 96°56´40.64´´ LO y altitud de 1,428 m.

### **Diseño experimental y descripción de los tratamientos**

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con catorce tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Composta, C), T3: (Acolchado plástico, AP), T4: (Acolchado plástico más Composta, AP+C), T5: (Cascarilla de café, CC), T6: (Cascarilla de café más composta, CC+C), T7: (Hoja de haya, HH), T8: (Hoja de haya más composta, HH+C), T9: (Rastrojo de maíz, RM), T10: (Rastrojo de maíz más composta, RM+C), T11: (Aserrín, A), T12: (Aserrín más composta, A+C), T13: (Rastrojo de avena, RA) y T14: (Rastrojo de avena más composta, RA+C), cada uno distribuido en tres bloques, con cuarenta y dos plantas distanciadas una de la otra 20 cm.

### **Semilla agronómica y sustrato utilizado en el presente bioensayo**

Las semillas agronómicas de jícama utilizadas en este bioensayo fueron obtenidas de la compañía King Seeds®, y para su germinación se realizó una siembra indirecta en semillero para tener mayor control sanitario y homogeneidad en las plántulas. Asimismo, cabe resaltar que como sustrato de alta calidad para el cultivo de esta hortaliza se utilizó Peat moss.



### **Trazo y preparación de las camas de siembra**

El espacio elegido para establecer este bioensayo ocupó 152 m<sup>2</sup> a cielo abierto, los cuales se limpiaron y despejaron de arvenses mediante chapeo y labranza a base de azada. La alineación de las camas de siembra (90 cm de ancho x 6 m de largo) se trazó con hilo, se les marcó con cal y el suelo se aflojó entre 25 y 30 cm de profundidad.

### **Aplicación de composta, colocación y perforación del acolchado plástico**

La composta se incorporó manualmente a la mitad de la cama y en los tratamientos correspondientes. A continuación, el acolchado plástico plata-negro calibre 400 se instaló de la siguiente manera: La película plástica se midió y cortó de 7 m de largo por 0.90 m de ancho, el cual se estiró y colocó sobre las camas de acuerdo con el diseño experimental especificado. En seguida, y durante su fijación, se abrieron pequeñas zanjas en los extremos de las camas las cuales sirvieron para enterrar el plástico.

Tras finalizar el acolchado de las camas, el film se perforó con un recipiente metálico filoso a tres hileras espaciadas a 25 cm y con orificios de plantación separados 20 cm entre planta y planta.

### **Trasplante a campo**

A los 16 días después de haber realizado la siembra en semillero, las plántulas de jícama emergidas se trasladaron a campo en trazado al tresbolillo, en polígono regular, distanciando 20 cm entre planta y planta.

### **Colocación de acolchados naturales**

Los acolchados naturales fueron debidamente triturados, desmenuzados (sobre todo los provenientes de las hayas [hojas de *Platanus mexicana*], maíz y avena [rastros de *Zea mays* y *Avena sativa*]) y colocado manual y cuidadosamente sobre las camas para no dañar a las plántulas colocadas en su respectivo bloque y tratamiento.





### **Fertilización**

La fertilización foliar se realizó a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 y 84 días después del trasplante con Nitrofol® (Urea foliar en biuret con ácidos fúlvicos 46 N-00 P-00 K, 5 g.L<sup>-1</sup>) y ULTRA K® tridente (0 N-32 P-53 K, 5 g.L<sup>-1</sup>).

### **Porcentaje de arvenses**

Para la estimación porcentual de arvenses en el cultivo se utilizó un marco de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m), el cual se lanzó en el centro de cada tratamiento e hilera para registrar a todas aquellas especies presentes distintas a las plántulas de jícama.

### **Muestreo de arvenses**

Para conocer la identidad taxonómica de las plantas arvenses encontradas en cada uno de los tratamientos se realizó una colecta de todas las especies, las cuales fueron colocadas en prensas botánicas debidamente etiquetadas para su identificación directa en campo (*in situ*) o posterior (*ex situ*) tras su secado y herborización en el Laboratorio de Vida Silvestre de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, *Campus Xalapa*.

### **Identificación taxonómica de arvenses**

La identificación de las especies se realizó por parte del especialista en botánica, el Dr. Miguel Ángel Cházaro Basañez, personal investigador de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, *Campus Xalapa*, en cuyo herbario (XALU) se depositaron los ejemplares herborizados.

### **Variables evaluadas**

Porcentaje de arvenses presentes en cada uno de los tratamientos evaluados y su correspondiente identificación taxonómica.

### **Análisis estadístico**

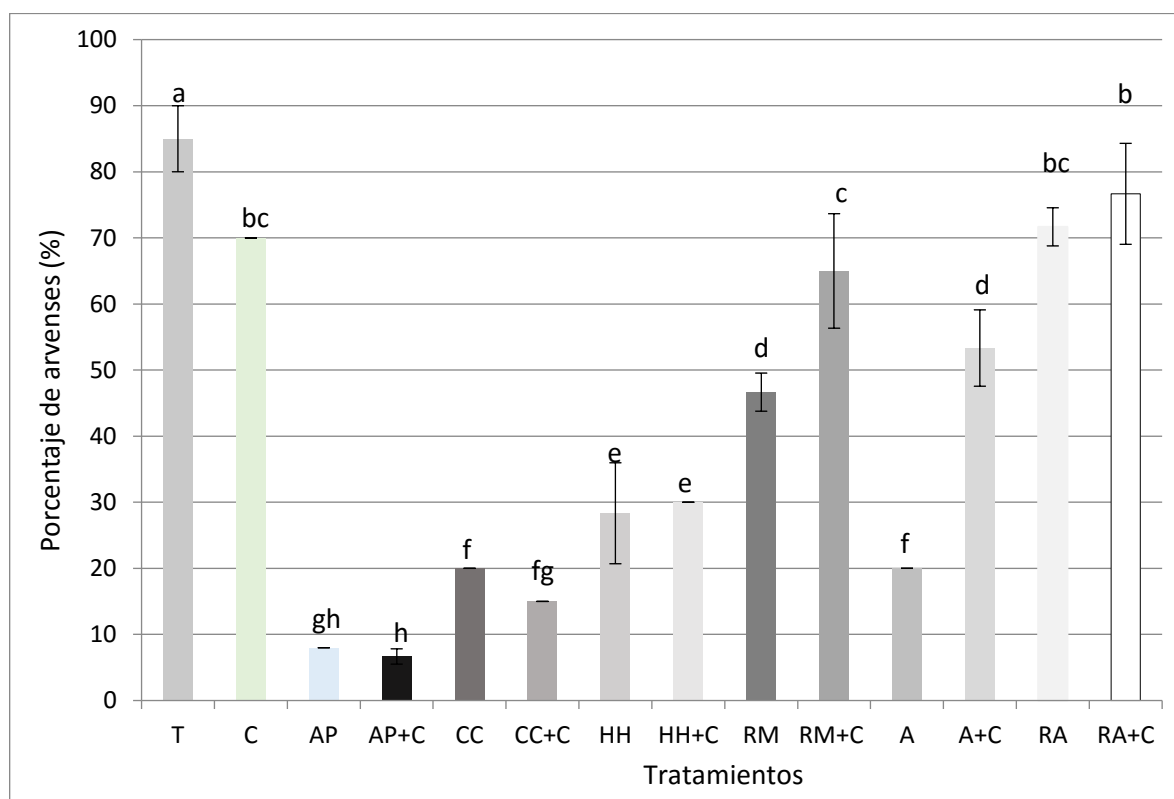
En primera instancia se utilizaron gráficos y pruebas de contraste de la normalidad y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este



experimento, las variables evaluadas se analizaron mediante un ANOVA y la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) del software STATISTICA (versión 9.1 StatSoft Inc., Tulsa, USA) para Windows.

## Resultados y discusión

El análisis estadístico presentó diferencias significativas para la variable porcentaje de arvenses en cada uno de los tratamientos (DMS de Fisher,  $P \leq 0.05$ ) demostrando que los mejores tratamientos fueron AP, AP+C, CC, CC+C y A, donde se observó que la presencia de arvenses fue mínima en comparación con el tratamiento T (Fig. 1).



**Figura 1. Porcentaje de arvenses de cada uno de los tratamientos. Letras iguales en la misma columna representan igualdad estadística (DMS de Fisher,  $P \leq 0.05$ ), y las líneas verticales en las barras son el error estándar ( $\pm$ ).**



Debido a los cambios climáticos, desechos plásticos e insumos en la figura 1 se puede observar que los tratamientos CC y CC+C son una alternativa elegible no solo para promover mejores resultados y proteger a este cultivo de agentes atmosféricos y agronómicos *contraproducentes*, sino que también funcionan en similitud a los acolchados plásticos AP y AP+C.

De acuerdo con la DMS de Fisher ( $P \leq 0.05$ ), estos últimos también mostraron el más bajo porcentaje de arvenses, lo cual coincide con lo reportado por Gil-Marín *et al.* (2012), Kasirajan y Ngouajio (2012) y Moura *et al.* (2016) en cuanto a que el uso de acolchado plástico no solo proporciona protección al suelo contra eventos ambientales o biológicos adversos, sino que enfatizan el control y reducción considerable de arvenses e incremento en la calidad y rendimiento de las cosechas; aunque otros autores consideran el uso de materiales plásticos en la agricultura como un generador de basura con su consecuente e innegable costo ambiental (Zenner de Polanía y Peña, 2013; He *et al.*, 2015; Steinmetz *et al.*, 2016).

No obstante, como CC, CC+C y A controlaron la proliferación de arvenses y mejoraron la retención de humedad en el cultivo convenientemente, se les puede considerar como opciones elegibles para minimizar el impacto ambiental que de los films plásticos se derivan. Al mismo tiempo, los acolchados naturales tienden a favorecer la actividad y funcionalidad de las poblaciones microbianas benéficas para las plantas (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2009; Zribi *et al.*, 2011) sin dejar de tomar en cuenta que la incorporación de composta mejora las variables de crecimiento, desarrollo y productividad al proporcionar los macros y micronutrientes presentes en el medio de cultivo (García-Albarado *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2011).

### **Identificación de la flora de arvenses**

Se identificaron un total de 18 especies de arvenses presentes en las parcelas evaluadas. Del total de la flora arvense inventariada, *Oxalis latifolia*, *Galinsoga parviflora*, *Youngia japonica* y *Veronica persica* fueron las más predominantes, mientras que *Datura stramonium*, *Drymaria villosa*, *Tinantia erecta* y *Argemone mexicana* las menos abundantes (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Identificación taxonómica de arvenses en cada uno de los tratamientos**

Familia <sup>¥</sup>	Nombre científico	Tratamientos													
		T	C	AP	AP+C	CC	CC+C	HH	HH+C	RM	RM+C	A	A+C	RA	RA+C
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	-	*	*	*	-	*	*	-	*	-	*	*	*	*
Apiaceae	<i>Apium leptophyllum</i>	*	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	*	*	
	<i>Bidens pilosa</i>	*	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*	-	*	
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	<i>Youngia japonica</i>	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Brassicaceae =Cruciferae	<i>Cardamine flaccida</i>	-	-	-	-	*	-	-	-	*	-	*	-	-	
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	
Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	*	
Hypoxidaceae	<i>Hypoxis decumbens</i>	-	*	*	-	-	*	-	*	-	*	*	-	*	
Lythraceae	<i>Cuphea sp.</i>	*	-	*	*	-	-	*	*	-	*	*	*	*	
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i>	-	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i>	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*	-	*	
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Polygonaceae	<i>Polygonum mexicanum</i>	-	*	-	-	*	-	*	-	-	-	-	-	-	
	<i>Rumex obtusifolius</i>	*	*	-	-	*	-	*	*	*	*	*	*	*	
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	

¥ Unidades sistemáticas y categorías taxonómicas registradas y reconocidas por el Missouri Botanical Garden (2019) <<http://www.tropicos.org>>

La identificación taxonómica de estas plantas se ha convertido en una actividad relevante, a tal grado que se considera un paso importante para atacar con firmeza el problema ya que las desventajas competitivas (por luz y nutrientes), son de gran trascendencia para el planteamiento de programas y medidas de manejo de acciones que minimicen los niveles de daño que afectan el potencial productivo en los cultivos (Sosa, 2011; INTAGRI, 2017). En los resultados obtenidos (Cuadro 1), la especie predominante y persistente en cada uno de los tratamientos evaluados fue *Oxalis latifolia* debido a que su ciclo de crecimiento anual consta de tres fases: establecimiento, multiplicación y senescencia (Marshall y Gitari, 1988), mas sus estrategias de adaptación<sup>280</sup> y rejuvenecimiento anual ininterrumpido de toda la planta, en el que los bulbos producidos actúan como si fuesen semillas (Royo-Esnal y López-Fernández, 2008), de modo tal que su ciclo de vida e índice de supervivencia

<sup>280</sup> Dormancia, capacidad de rebrote, productividad y dispersión (Royo-Esnal y López-Fernández, 2008).





tiende a ser más certero y prolongado, en comparación a las demás especies presentes de manera local y/o intermitente en el cultivo de esta Fabaceae.

Grime (2002) detalla la existencia de arvenses en los cultivos que se caracterizan por presentar una alta tasa potencial de crecimiento y capacidad para producir un elevado número de semillas, muchas de las cuales permanecen en el suelo, enterradas y en estado latente, hasta que las condiciones del medio sean favorables. Y precisamente a *O. latifolia* se le ha catalogado como una planta arvense con distribución tropical, templada y mediterránea que invade huertos, viveros, huertas y cultivos cuyo control suele ser difícil y costoso (Royo-Esnal y López, 2008). Por otro lado, con las coberturas naturales CC y CC+C se redujo considerablemente la presencia de arvenses en cada uno de los bloques tratados, a pesar de la retención de humedad y propiedades orgánicas que les caracterizan (Manals *et al.*, 2018). Finalmente, cabe mencionar que el uso de aserrín (A) es otro tratamiento que también demostró su funcionalidad para disminuir la proliferación de plantas ruderales.

Clave de los tratamientos: T (Testigo), C (Composta), AP (Acolchado plástico), AP+C (Acolchado plástico+Composta), CC (Cascarilla de café), CC+C (Cascarilla de Café+Composta), HH (Hoja de haya), HH+C (Cascarilla de café+Composta), RM (Rastrojo de maíz), RM+C (Rastrojo de maíz+Composta), A (Aserrín), A+C (Aserrín+Composta), RA (Rastrojo de avena), RA+C (Rastrojo de avena+Composta). Aunque los principales y tipos básicos de control actualmente utilizados son el cultural, manual, biológico o químico (Grupo SACSA, 2015), en nuestro país los métodos habituales preponderantes son el chapeo mecánico-manual (deshierbe) y la aplicación de agroquímicos (herbicidas selectivos) (Enríquez y Quero, 2006; Esqueda-Esquivel *et al.*, 2010), sin tomar en cuenta técnicas renovadas tales como el uso de acolchados naturales y plásticos que ayudan a proteger el suelo en sistemas productivos más intensivos (Hernández, 2014).



## Conclusiones

Los acolchados naturales provenientes de materiales orgánicos como la cascarilla de café y el aserrín pueden ser una alternativa de uso para el control de arvenses en el cultivo de jícama (*P. erosus*) a cielo abierto, en zonas donde se dificulte la adquisición de acolchados plásticos.

## Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrícolas por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa IV: Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación. Del mismo modo, al Padre Alejandro Pérez, ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

## Literatura citada

- del Puerto R., A.M, S. Suárez T. y D. E. Palacio E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev. Cub. Hig. Epidemiol. 52(3):372-387.
- Enríquez Q., J. F. y A. D. Quero C. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. (Libro Técnico Núm. 11.). 109 p.
- Esqueda-Esquivel, V. A., M. Montero-Lagunes y F. I. Juárez-Lagunes. 2010. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto llanero. Agron. Mesoam. 21(1):145-157.
- García-Albarado, J. C., L. I. Trejo-Téllez, M. A. Velásquez-Hernández, A. Ruiz-Bello y F. C. Gómez-Merino. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 16(2):107-113.



- Gil-Marín, J. A., N. J. Montañó-Mata y R. Plaza. 2012. Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. *Bioagro* 24(2):143-148.
- Gómez-Merino, F. C., L. I. Trejo-Téllez, M. Á. Velásquez-Hernández, J. C. García-Albarado y A. Ruiz-Bello. 2011. Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Rev. Mex. Cien. Agric. (Pub. Esp.)* 3:399-413.
- Gracia F., J. J. 2012. Efectos de los composts sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cartagena, España. 103 p.
- Grime, J. P. 2002. *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. 2nd. ed. John Wiley & Sons Ltd, England. 417 p.
- Grupo SACSA. 2015. Métodos de control de maleza. <http://www.gruposacsa.com.mx/metodos-de-control-de-maleza/> [consultado el 9 de julio de 2019].
- He, L., G. Gielen, N. S. Bolan, X. Zhang, H. Qin, H. Huang and H. Wang. 2015. Contamination and remediation of phthalic acid esters in agricultural soils in China: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35:519-534.
- Hernández S., E. 2014. Manual: Acolchados vegetales y películas plásticas. Universidad tecnológica de Tula-Tepeji, Subdirección de Difusión y Divulgación Universitaria, Región Tula-Chapulhuacán, Hidalgo, México. 26 p.
- INTAGRI. 2017. Control de malezas en cultivos hortícolas. Artículos Técnicos de INTAGRI, México. 5 p. (Serie Fitosanidad Núm. 84).
- Kasirajan, S. and M. Ngouajio. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32(2):501-529.
- Manals-Cutiño, E. M., D. Salas-Tort y M. Penedo-Medina. 2018. Caracterización de la biomasa vegetal "cascarilla de café". Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Química, Santiago de Cuba, Cuba. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n1/rtq13118.pdf> [consultado el 8 de julio de 2019].
- Marshall, G. and J. N. Gitari. 1988. Studies on the growth and development of *Oxalis latifolia*. *Ann. Appl. Biol.* 112(1):143-150.



- Montoya R., M. L., F. M. Restrepo M., N. Moreno T. y P. A. Mejía. G. 2014. Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla 2011. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 32(2):26-35.
- Moura, P. H. A., R. Pio, P. N. Curi, L. C. A. Rodrigues, F. G. Bianchini y R. B. Bisi. 2016. Cobertura plástica e densidade de plantio na qualidade das frutas de *Physalis peruviana* L. Rev. Ceres 63(3):334-339.
- Ramírez-Legarreta, M. R., J. L. Jacobo-Cuéllar, M. R. Ávila-Marioni, R. Á. Parra-Quezada y M. G. Zacatenco-González. 2009. Tipo de riego, la aplicación de acolchado orgánico y fungicidas sobre las pérdidas de cosecha ocasionadas por el corazón mohoso [*Alternaria alternata* (Fries) Keissler] en manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh) Mansf.] cv. Red Delicious. Rev. Mex. Fitopatol. 27(2):113-122.
- Royo-Esnal, A. y M. L. López-Fernández. 2008. Biología de *Oxalis latifolia*: Revisión acerca de su origen, ciclo anual, características biológicas más notables y formas taxonómicas. Agron. Mesoam. 19(2):291-301.
- Royo-Esnal, A. and M. L. López. 2008. Control of *Oxalis latifolia*: A review and proposal for its improvement. Cien. Inv. Agr. 35(2):91-104.
- Sosa M., M. O. 2011. Identificación de malezas invasoras en los cultivos en los municipios Lajas, Cruces y Palmira. Tesis de maestría. Universidad de Cienfuegos, Cuba. 67 p.
- Steinmetz, Z., C. Wollmann, M. Schaefer, C. Buchmann, J. David, J. Tröger, K. Muñoz, O. Frör and G. E. Schaumann. 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? Sci. Total Environ. 550:690-705.
- Villarreal-Romero, M., S. Parra-Terraza, P. Sánchez-Peña, S. Hernández-Verdugo, T. Osuna-Enciso y J. Basilio H. 2010. Cubierta vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. Rev. Mex. Cien. Agric. 1(2):217-231.
- Zenner de Polanía, I. y F. Peña B. 2013. Plásticos en la agricultura: Beneficio y costo ambiental: Una revisión. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(1):139-150.
- Zribi, W. 2013. Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. Tesis de doctorado. Universitat de Lleida. Zaragoza, España. 335 p.





Zribi, W., J. M. Faci y R. Aragüés. 2011. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. ITEA 107(2):148-162.



## MORFOMETRÍA DE VAINA Y SEMILLA EN UN RODAL ARTIFICIAL DE *Bauhinia monandra* Kurz

Manuel Villarruel Fuentes<sup>281</sup>, Erick Daniel Rodríguez Peralta<sup>281</sup>, Eber David Azamar Morales<sup>281</sup> y Valentín López Hernández<sup>281</sup>

### Resumen

La necesidad de generar nuevas alternativas productivas dentro de los sistemas agroforestales pecuarios, plantea el reto de evaluar los recursos biológicos promisorios, nativos e introducidos, presentes en los trópicos. Con base en ello, se realizó un estudio exploratorio, con el objetivo de caracterizar las principales variables morfométricas de las vainas de *Bauhinia monandra*. Las variables medidas incluyeron: Longitud Promedio de Vaina (cm), Diámetro Promedio de Vaina (parte plana) (cm), Diámetro Promedio de Vaina (parte Ancha) (cm), Peso Promedio de Vaina con Semilla (g), Peso Promedio de Vaina sin Semilla (g), Número Promedio de Semillas por Vaina y Peso Promedio de la Semilla (g), analizadas bajo una estadística descriptiva, correlaciones lineales y análisis de componentes principales. Los resultados mostraron que la longitud de la vaina explica el 55.802% de la varianza presente en ellas, con una correlación importante entre peso de la vaina con semilla y número de semillas por vaina (66.2%\*\*). Se concluye que la *Bauhinia monandra* es una especie adaptable a las condiciones edafoclimáticas de la región, con potencial para su establecimiento en rodales artificiales con fines agroecológicos.

**Palabras clave:** pata de cabra, falsa orquídea, leguminosa, sustentabilidad

---

<sup>281</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. [dr.villarruel.fuentes@gmail.com](mailto:dr.villarruel.fuentes@gmail.com)



## Introducción

Bajo los referentes de una notoria crisis planetaria derivada de las actividades humanas, particularmente en el sector productivo y de servicios, la necesidad de un cambio en los modos y las formas de producción dentro del sector agropecuario y forestal se hace evidente. La búsqueda de nuevos paradigmas que orienten el pensamiento hacia renovados esquemas de manejo productivo han condicionado un apego a los modelos centrados en la sustentabilidad y la visión holística. Sin embargo, después de varias décadas de esfuerzos e innovaciones no se ha podido impactar de manera contundente en los sistemas de producción, observándose un claro predominio de los enfoques extractivos, condición que reclama una continua indagación y validación de los sistemas y sus procesos.

Como parte de esta dinámica de transformación, la visión agroecológica ha permitido la implantación de una serie de propuestas, identificadas con el ideario de las tecnologías de producción limpias (Pinto-Contreras. 2016) y la sustentabilidad (FAO, 2015), concretadas en la agricultura familiar, rural, urbana y periurbana, con enfoque ecológico y orgánico, en contraposición a las formas tradicionales de hacer agricultura, responsables del deterioro ambiental –empobrecimiento de suelos, contaminación de mantos freáticos y cuerpos de agua, erosión del material genético, entre otras-, cuyo costo ha sido alto, “ya que la ampliación de las superficies de cultivo ha resultado en grandes extensiones de bosque deforestado, erosión y disminución de la fertilidad de los suelos, drenaje y relleno de humedales y pérdida de biodiversidad” (Brown y Reyes, 2003).

Sobre este último aspecto, es necesario reconocer que la biodiversidad es un sustrato esencial para promover la productividad y la adaptación de las especies, pero también para la sostenibilidad de la agricultura. Sin embargo, la diversidad genética del mundo se ha perdido hasta un 75%, y entre el 15 y el 37% restante, está destinado a la extinción. Por todo ello la base genética de la mayor parte de los principales cultivos y especies animales es muy reducida (FAO, 2015).

Surge así la oportunidad de incorporar nuevos recursos genéticos a los ya empleados en los sistemas de producción agroecológica, sobre todo en las regiones



tropicales, donde la diversidad presente abre la posibilidad de evaluar distintas especies de flora nativa e introducida, bajo diseños que atiendan la expresión biológica de los recursos, su adaptabilidad y respuesta al manejo, constituyéndose en un campo promisorio para la investigación.

Lo anterior ha motivado la evaluación de recursos alternativos eficientes y viables económicamente. Al respecto, en algunos países de Latinoamérica se han explorado plantas arbóreas y arbustivas, en su mayoría leguminosas, por sus elevados contenidos de proteína en hojas, vainas y semillas [...], alto valor nutritivo, de carácter multipropósito (fijación biológica de nitrógeno, aporte de materia orgánica al suelo, disponibilidad de follaje y vainas para consumo animal, sombra al ganado, etc.) y gran capacidad de adaptación a climas y suelos (Velasco, *et al.*, 2010). De las especies con mayor potencial para su integración a los sistemas agroforestales pecuarios destacan las 600 especies de *Bauhinia* que crecen en las regiones tropicales del mundo (Connor, 2004), ampliamente presentes en México y Centroamérica, con aproximadamente 50 especies del género *bauhinia*, perteneciente a la tribu Cercideae (Torres *et al.*, 2009), destacándose entre ellas la *Bauhinia monandra* Kurz, perteneciente a la subfamilia Caesalpinioideae (FAO-AGRIS, 2019), familia leguminosaceae (Yepéz y Arboleda. 2009), Fabaceae en algunas clasificaciones (Inventaire Natonal du Patrimoine Naturel, 2019) la cual es una planta endémica introducida en México, de uso ornamental y medicinal, presente en parques y jardines (Chan, *et al.*, 2018), o bien en forma ruderal, con alto potencial para el mejoramiento de suelos y como forraje (Gomez, *et al.*, 2014) para la alimentación de herbívoros rumiantes y no rumiantes (Agbugui, *et al.*, 2010).

La *Bauhinia monandra* Kurz (Orquídea de Palo, Pata de Vaca, Falsa Orquídea) es un arbusto o árbol perennifolio, originaria de Madagascar y naturalizada en zonas tropicales. Posee hojas alternas, pecioladas, limbo orbicular y profundamente bífido. Inflorescencia en racimos cortos. Flores solitarias, zigomorfas, pentámeras. Cáliz espatáceo. Corola con pétalos unguiculados, rosado blanquecinos y maculados de tonos naranja sobre todo el superior. Androceo con un estambre fértil y el resto estaminodios (Herbarium, 2019). Los frutos son vainas oscuras dehiscentes, de 2.5 cm de ancho, 15.2 a 30.5 cm de largo y puntiagudas en el ápice. Mientras





permanecen en el árbol, se dividen abriéndose con fuerza, esparciendo las semillas. Las semillas negras son elípticas y planas. Las semillas de *B. monandra* alcanzan en promedio 5,680 por Kg (Connor, 2004) (Figura 1).



**Figura 1. Rodal artificial de Bauhinia monandra localizado en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Ver., México. (fotografías cortesía del autor principal).**

En conceptos de Connor (2004) “no hay informes publicados disponibles sobre el manejo de vainas y semillas de *B. monandra*” por lo que se planteó el objetivo de evaluar la morfometría de las vainas en un rodal artificial establecido en la Llanura Costera del Golfo Sur, en Veracruz, México, como parte de una serie de estudios encaminados a generar una propuesta tecnológica para su inclusión en el diseño de sistemas agroforestales pecuarios. Asumiendo que las características morfológicas se han venido utilizando para estudiar la diversidad genética, identificar plantas cultivadas y conservar los recursos genéticos (Onamu *et al.*, 2012), en busca de “explorar y determinar marcadores morfo-agronómicos que puedan asistir en la selección de caracteres deseables para esta especie (Henry y Yajahaira, 2016).

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó dentro de un rodal experimental de *Bauhinia monandra* Kurz de dos años de edad, con porte arbustivo, sembrado a una densidad de población de 2 817 plantas/ha y un arreglo topológico en filas o hileras, con una distancia de



2.37 m entre hileras y de 1.5 m entre plantas, establecido en el Vivero Agroforestal del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, ubicado en la Llanura Costera del Golfo Sur, en las coordenadas 19°24'43"N 96°21'31"W, en un clima cálido subhúmedo, a 10 msnm, con una precipitación media anual de 1350 mm y una temperatura media anual de 25.5°C.

La colecta de las vainas secas se realizó en diciembre de 2018, cuando las vainas habían alcanzado la madurez fisiológica, evidenciada por su color café oscuro uniforme (Velasco, *et al.*, 2010), bajo un muestreo aleatorio, tomándose directamente de la planta todas las vainas disponibles, dentro de un marco muestral integrado por 70 plantas. Se colectaron 902 vainas en total dentro de las tres filas que constó el arreglo topológico. Las vainas fueron etiquetadas individualmente y embolsadas para su resguardo. Las variables morfométricas y de peso fueron medidas dentro del Laboratorio de Biodiversidad del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, e incluyeron: Longitud Promedio de Vaina (cm), Diámetro Promedio de Vaina (parte plana) (cm), Diámetro Promedio de Vaina (parte Ancha) (cm), Peso Promedio de Vaina con Semilla (g), Peso Promedio de Vaina sin Semilla (g), Número Promedio de Semillas por Vaina y Peso Promedio de la Semilla (g). Las mediciones fueron hechas con un vernier electrónico (Electronic Digital Caliper. Resolución 0.1 mm/0.01", Accuracy  $\pm 0.2$  mm), una báscula granataria (Triple Beam Balance, 700 series, 2610g, marca OHAUS) y una regla graduada (cm). Los datos se analizaron bajo una estadística descriptiva (medidas de tendencia central y dispersión) y de inferencia (correlación lineal simple de Spearman), mediante el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 20.0.

## Resultados y discusión

Los estadísticos descriptivos encontrados en el rodal de *Bahunia monandra* muestran una expresión biológica morfométrica y de peso homogénea, con una media, moda y mediana cercanas, lo que sugiere una distribución normal en cada una de ellas (Cuadro 1). Esta consistencia entre las variables deja entrever la



estabilidad interna del rodal, así como la adaptación de las plantas a las condiciones edafoclimáticas del sitio. Lo que se confirma al observar la variabilidad presente dentro de cada factor. Se asume así que las características de las vainas fueron compactas, con una dispersión mayor para Longitud de Vaina (CV=39.40%), Peso de Vaina con semilla (CV=40.30%) y Número de Semillas por Vaina (CV=40.80%), lo que se asume como una expresión de la variabilidad intraplanta e interplanta propia de los recursos arbóreos, dado que “normalmente, en los árboles tropicales la mayor parte (un 85-90%) de la variación se concentra a nivel intrapoblacional (Cornelius y Ugarte, 2010).

**Cuadro 1. Estadísticos descriptivos encontrados en un rodal de *Bauhinia monandra* localizado en la Llanura Costera del Golfo Sur, Veracruz, México (Total de especímenes).**

	Longitud de Vaina (cm)	Diámetro de Vaina (Parte Plana) (cm)	Diámetro de Vaina (Parte Ancha) (cm)	Peso de Vaina con Semilla (g)	Peso de Vaina sin Semilla (g)	Número de Semillas por Vaina
Válidos	902	902	902	902	902	902
Media	17.1557	12.9454	21.4524	13.8288	11.1856	11.6718
Mediana	17.3500	13.2350	21.5200	13.9000	11.1000	12.0000
Moda	18.40	13.23	21.92 <sup>a</sup>	10.00	10.00	16.00
Desv. típ.	6.76061	2.18633	1.96771	5.57303	3.45712	4.76261

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Al analizar los estadísticos encontrados en el peso de las semillas, por hilera o fila (Cuadro 2), se aprecia que, aunque las medias se muestran numéricamente cercanas entre sí (2.4174, 2.5256 y 2.6030), existió una variación considerable, con coeficientes de 55.46%, 48.61% y 51.93% para la hilera 1, 2 y 3 respectivamente. Esta dispersión de los datos deja entrever la posible correlación entre esta variable y la morfometría de las vainas. En general se espera “que vainas más anchas posean mayor peso” (Henry y Yajahaira, 2016).


**Cuadro 2. Peso de la semilla por vaina en cada fila o hilera rodal de *Bauhinia monandra***

	Peso de la semilla por vaina (Fila 1) (g)	Peso de la semilla (Fila 2) (g)	Peso de la semilla (Fila 3) (g)
Válidos	230	438	234
Media	2.4174	2.5256	2.6030
Mediana	2.3000	2.5000	2.7000
Moda	2.00	3.20	4.20
Desv. típ.	1.34078	1.22787	1.35179

Con la finalidad de verificar el peso promedio de la semilla en el total de las vainas cosechadas (N=902), en el Cuadro 3 se muestra la estimación de la media y mediana (2.5181 y 2.5000 respectivamente), con un coeficiente de variación de 51.24%, lo que refleja una dispersión de los datos importante, y muestra que como se afirmó anteriormente, existe alguna asociación entre esta variable y la morfometría de las vainas.

**Cuadro 3. Peso de la semilla por vaina en cada fila o hilera, encontrados en un rodal de *Bauhinia monandra* localizado en la Llanura Costera del Golfo Sur, Veracruz, México.**

Peso de la semilla (g) por vaina	Datos
Válidos	902
Media	2.5181
Mediana	2.5000
Moda	2.00 <sup>a</sup>
Desv. típ.	1.29042

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Si se considera que el peso promedio por semilla fue de 0.2157 g, y el peso promedio de las semillas en la vaina fue de 2.5181 g, entonces se tiene un promedio por vaina de 11.67 semillas. Con base en ello se estimó un total de 4, 636.00 de semillas por kilogramo, cantidad menor a la reportada por Connor (2004) quien señala 5,680 por Kg. La menor cantidad de semilla por kilogramo supone un mayor tamaño de ella y viceversa. Con todo ello el número promedio de vainas por planta fue de  $10.883 \pm 3.0$ , lo que asegura una alta producción de semilla dentro del rodal, sobre todo por la densidad de población bajo la que se estableció.





Al estimar la correlación lineal entre la longitud de vaina y el número de semillas por vaina (Cuadro 4), se encontró que dicha asociación fue altamente significativa ( $\alpha$  0.01), aunque su intensidad fue baja (38.0%) (Cuadro 5). Lo que indica “que si la vaina es larga no necesariamente poseerán más semillas” (Henry y Yajahaira, 2016). No así para la correlación entre el peso de la vaina y el número de semillas por vaina, el cual fue también altamente significativo ( $\alpha$  0.01) pero de mayor intensidad (66.2 %) (Cuadro 5). Esto demuestra que como se infirió anteriormente, el peso de las semillas se ve afectado por el número de las mismas dentro de las vainas.

**Cuadro 4. Correlación encontrada entre longitud de vaina y número de semillas por vaina de *Bauhinia monandra***

		Vaina	Semilla por vaina
Vaina	Correlación de Pearson	1	.380**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	902	902
Semilla por vaina	Correlación de Pearson	.380**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	902	902

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Cuadro 5. Correlación encontrada entre peso de la vaina con semilla y número de semillas por vaina en un rodal de *Bauhinia monandra***

		Vaina con semilla	Semilla por vaina
Vaina con semilla	Correlación de Pearson	1	.662**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	902	902
Semilla por vaina	Correlación de Pearson	.662**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	902	902

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Finalmente, el análisis de componente principales (Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser) mostró que la longitud de vaina explica el 55.802 % de la varianza total encontrada en la morfometría de las vainas. Al respecto, se destaca también cómo “el ancho de la vaina es un buen estimador del peso de fruto, por tanto, sería una variable agro-morfológica para diferenciar vainas con mayor peso en campo” (Henry y Yajahaira, 2016).



## Conclusiones

1. Se pudo constatar el grado de adaptación de *Bauhinia monandra* Kurz a los ambientes de sitio y manejo agrónomico bajo las condiciones edafoclimáticas propias de la Llanura Costera del Golfo Sur, expresada a partir de las variables morfométricas medidas.
2. Se destaca la variabilidad presente en los factores medidos en el rodal, el cual se puede considerar como aceptable, en virtud de los efectos propios del ambiente y las condiciones de sitio, lo que suele expresarse comúnmente dentro de las poblaciones arbóreas.
3. Se confirmó el efecto que tiene la longitud de la vaina sobre su expresión morfométrica. Mostrándose correlación entre peso de la vaina con semilla y número de semillas por vaina, y en menor medida entre longitud de vaina y número de semillas por vaina.
4. Se destaca que las mejores variables morfométricas que permitan la correcta caracterización serán las que presenten una alta heredabilidad, lo que representa un área por abordar en el estudio de esta especie.

## Agradecimientos

Al MC. César Viveros Colorado, Jefe del Laboratorio de Biodiversidad del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, por las facilidades prestadas para el trabajo de investigación.



## Literatura citada

- Agbugui, M., S.J. Oniye, and J. Auta, 2010. Effects of processing on the mineral content, proximate composition and phytochemical factors of the seeds of *Bauhinia monandra* (KURZ). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1): 23-25.  
[https://www.edouniversity.edu.ng/berrepository/articles/effects\\_of\\_processing\\_on\\_the\\_mineral\\_content\\_proximate\\_composition\\_and\\_phytochemical\\_factors\\_of\\_the\\_seeds\\_of\\_bauhinia\\_monandra\\_kurz.pdf](https://www.edouniversity.edu.ng/berrepository/articles/effects_of_processing_on_the_mineral_content_proximate_composition_and_phytochemical_factors_of_the_seeds_of_bauhinia_monandra_kurz.pdf)
- Brown, O. L. M. y Reyes, G. R. E. 2003. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura Interciencia, 28 (5): 252-258. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33908002>
- Connor, K. F. 2004. *Bauhinia monandra* Kurz. Recuperado de: [https://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2004/ja\\_2004\\_connor\\_008.pdf](https://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2004/ja_2004_connor_008.pdf)
- Cornelius, J.P. y L. J. Ugarte G. 2010. Introducción a la Genética y Domesticación Forestal para la Agroforestería y Silvicultura. Lima, Perú: World Agroforestry Centre (ICRAF). Recuperado de: [http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/04/4f3d97d2d3197\\_ICRAF\\_-\\_Notas\\_de\\_Clase.pdf](http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/04/4f3d97d2d3197_ICRAF_-_Notas_de_Clase.pdf)
- Chan Q. J. G., D. E. Ramos M. y M. A. Magaña A. 2018. Uso y conocimiento de *Bauhinia monandra* Kurz en una zona urbana de Quintana Roo. *Revista Etnobiología*, 16 (2): 48-57. Recuperado de: <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/239/230>
- FAO. 2015. Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. PRINCIPIOS Y ENFOQUES. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3940s.pdf>
- FAO-AGRIS. 2019. Studies on Caesalpiniaceae. I. Embryology of *Bauhinia monandra* Kurz [1982]. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302610484>
- Gómez S. O., C.A Pereira R., J. B Sousa, F., G. G Paiva, L., G.A. Bezerra, M. 2014 Análisis de crecimiento de mudas de *Bauhinia monandra*, Kurz. *Horticultura Brasileira* 31: 2611-2618. Recuperado de: [http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_7/A5835\\_T9194\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_7/A5835_T9194_Comp.pdf)



- Henry B., A. L. y Yajahaira C. M. S. 2016. Análisis de variables morfométricas de frutos de “tara” provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agromorfológicos de interés. *Scientia Agropecuaria* 7 (3): 157-164. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/morfometria%20tara.pdf>
- Herbarium. 2019. *Bauhinia monandra* Kurz (*Caesalpinioideae*). Recuperado de: [http://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Bauhinia\\_monandra.htm](http://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Bauhinia_monandra.htm)
- Inventaire National du Patrimoine Naturel. 2019. *Bauhinia monandra* Kurz, 1873. Recuperado de: [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/447025/tab/taxo](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/447025/tab/taxo)
- Onamu, R.; Legaria, J.; Sahagún, J.; Rodríguez de la O.J.; Pérez-Nieto, J. 2012. Análisis de marcadores morfológicos y moleculares en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista fitotecnia mexicana* 35(4): 267-277.
- Pinto-Contreras, M. 2016. Producción limpia de alimentos: el gran desafío de la agricultura del norte de Chile. *IDESIA (Chile)* 34 (2): 3-4. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v34n2/art01.pdf>
- Torres C. R., D. Stefano, R. y L. Can, L. 2009. El género *Bauhinia* (*Fabaceae*, *Caesalpinioideae*, *Cercideae*) en la Península de Yucatán (México, Belice y Guatemala). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 293-301. Recuperado de: <http://www.ejournal.unam.mx/bio/BIO80-02/BIO080000203.pdf>
- Velasco Z., M. A., R. A. Perezgrovas, V.A. González, A. Hernández, M.S. Figueroa, y J. Martínez. 2010. Etnobotánica, fenología y producción de vainas en árboles de *Cassia grandis* L. f. del centro de Chiapas. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (4): 333-341. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n4/v33n4a11.pdf>
- Yepéz, F. y Arboleda, M. E. 2009. Promoción de la emergencia de Urape (*Bauhinia monandra* Kurz) y Retana (*Trevelia peruviana* Pers Schum), especies potenciales para la arboricultura urbana. *Bioagro*, 21 (1): 15-22. Recuperado de: [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev21\(1\)/2.%20Promoci%C3%B3n%20de%20la%20emergencia.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev21(1)/2.%20Promoci%C3%B3n%20de%20la%20emergencia.pdf)





## BIODIVERSIDAD DE FAUNA SILVESTRE EN UNA ZONA KÁRSTICA DEL SURESTE MEXICANO

Aixchel Maya Martínez<sup>282\*</sup>, Eduardo Martínez Romero<sup>283</sup>, Ligia G. Esparza Olguín<sup>284</sup> y Yameli G. Aguilar Duarte<sup>282</sup>

### Resumen

El Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, ubicado en Escárcega, Campeche es un manchón de 1,400 ha ubicada sobre planicies onduladas en una transición de ambientes terrígenos y kársticos con presencia de selvas medianas subperennifolias y selvas inundables pero inmerso en una matriz agropecuaria; dada su importancia para la conservación de la fauna representativa de estos ecosistemas, el objetivo de este trabajo fue el de identificar la fauna silvestre presente en este Centro durante la temporada de secas y discutir la importancia de su conservación para la zona. Lo anterior se logró mediante el método de fototrampeo donde la riqueza obtenida se comparó con lo ya reportado por otros autores para Campeche. Se registraron un orden, dos familias y dos especies de reptiles; siete ordenes de aves, 12 familias y 16 especies; así como seis ordenes de mamíferos, 12 familias y 17 especies. Todas las especies reportadas, excepto *Mazama* sp., se encuentran en alguna categoría de conservación. La riqueza reportada para El Tormento representó el 4.91 % de la registrada para Campeche. Se considera que “El Tormento” favorece el mantenimiento y desarrollo de la fauna silvestre; sin embargo, los usos agrícolas de los alrededores podrían ejercer presión sobre la zona y consecuentemente la degeneración genética de la biodiversidad. Se recomienda impedir la expansión de la frontera agropecuaria e intensificar programas de manejo sustentable de los recursos naturales de El Tormento.

<sup>282</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. maya.aixchel@inifap.gob.mx

<sup>283</sup> Soluciones Socioambientales A.C.

<sup>284</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche



**Palabras clave:** fototrampeo, temporada seca, El Tormento, Campeche

## Introducción

Desde el punto de vista biológico la fauna silvestre, por sí misma, no solo es un componente básico de los ecosistemas. Diferentes grupos de organismos faunísticos cumplen importantes roles formando parte de las interacciones ecológicas que incluyen la regeneración y mantenimiento de selvas y estas, a su vez, de los servicios ecosistémicos; en este sentido para algunos sectores, la fauna silvestre tiene valor por su presencia pues embellece los escenarios naturales y, bajo este enfoque, nacen las actividades ecoturísticas basadas los avistamientos y escenarios naturales dando un valor monetario a los recursos llegando a formar parte importante del producto interno bruto de una región (Ulloa, 2012).

Asimismo, recientemente la agricultura reconoce la importancia del mantenimiento de la diversidad biológica y, al respecto, la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008) resaltó que la conservación y el uso sostenible de las distintas especies de animales, de las variedades y de los cultivos salvajes emparentados, proveen un seguro genético para adaptarse a las condiciones cambiantes incluyendo el cambio climático. De igual forma, desde el enfoque médico cada vez más hay un interés sobre el estudio de la fauna silvestre y el monitoreo de enfermedades emergentes, que también está dirigido a preservar la salud de los ecosistemas (Arrivillaga y Caraballo, 2009; Ulloa, 2012).

Bajo este contexto y a raíz de los grandes cambios globales que se están dando sobre el ambiente y que repercute sobre los organismos, es importante unificar esfuerzos para proteger y recuperar la diversidad biológica (Vargas-Contreras *et al.*, 2012), principalmente en países megadiversos como México que es considerado como el quinto de estos a nivel mundial, ya que cuenta con 70% de las especies reportadas para el planeta y, de ellas, 864 son reptiles, 1,150 aves y 564 mamíferos.

De esta riqueza nacional para Campeche se ha documentado el 11.45 % de reptiles, 42.52 % de aves y 18.61 % mamíferos (SEMARNAT, 2018; Villalobos-Zapata y Mendoza,



2010). Mucha de esta riqueza faunística de la entidad se encuentra en áreas forestales conservadas y una de ellas es el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, el cual es el segundo macizo forestal más importante de Campeche (junto con la reserva de la Biosfera de Calakmul), ubicado sobre planicies onduladas en una transición de ambientes terrígenos y kársticos con presencia de selvas medianas subperennifolias, selvas inundables y selvas bajas subcaducifolias rodeado de un paisaje netamente agropecuario (Aguilar-Duarte *et al.*, 2019; Palacio-Aponte *et al.*, 2010). Este Centro, creado en 1962 por el ahora INFAP y actualmente administrado por la CONAFOR, ha sido un bastión en el desarrollo del subsector forestal de México, generando y transfiriendo tecnología de alto impacto para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales (Uzcanga *et al.*, 2018).

Debido al importante grado de conservación de la vegetación del lugar y a la matriz agropecuaria que lo rodea, en El Tormento se puede encontrar biodiversidad representativa de este ecosistema, favoreciendo la conservación de la misma. Sin embargo, por su vocación forestal, son escasos los trabajos sobre fauna que en él se han hecho y se enfocan a ciertas especies en particular (Barrueta *et al.*, 2003).

Por las razones previamente expuestas, el objetivo de este trabajo fue el de identificar la fauna silvestre presente durante la temporada de secas en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, como una contribución al conocimiento de la biodiversidad presente en Campeche y discutir sobre su importancia para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales de la entidad.

## **Materiales y métodos**

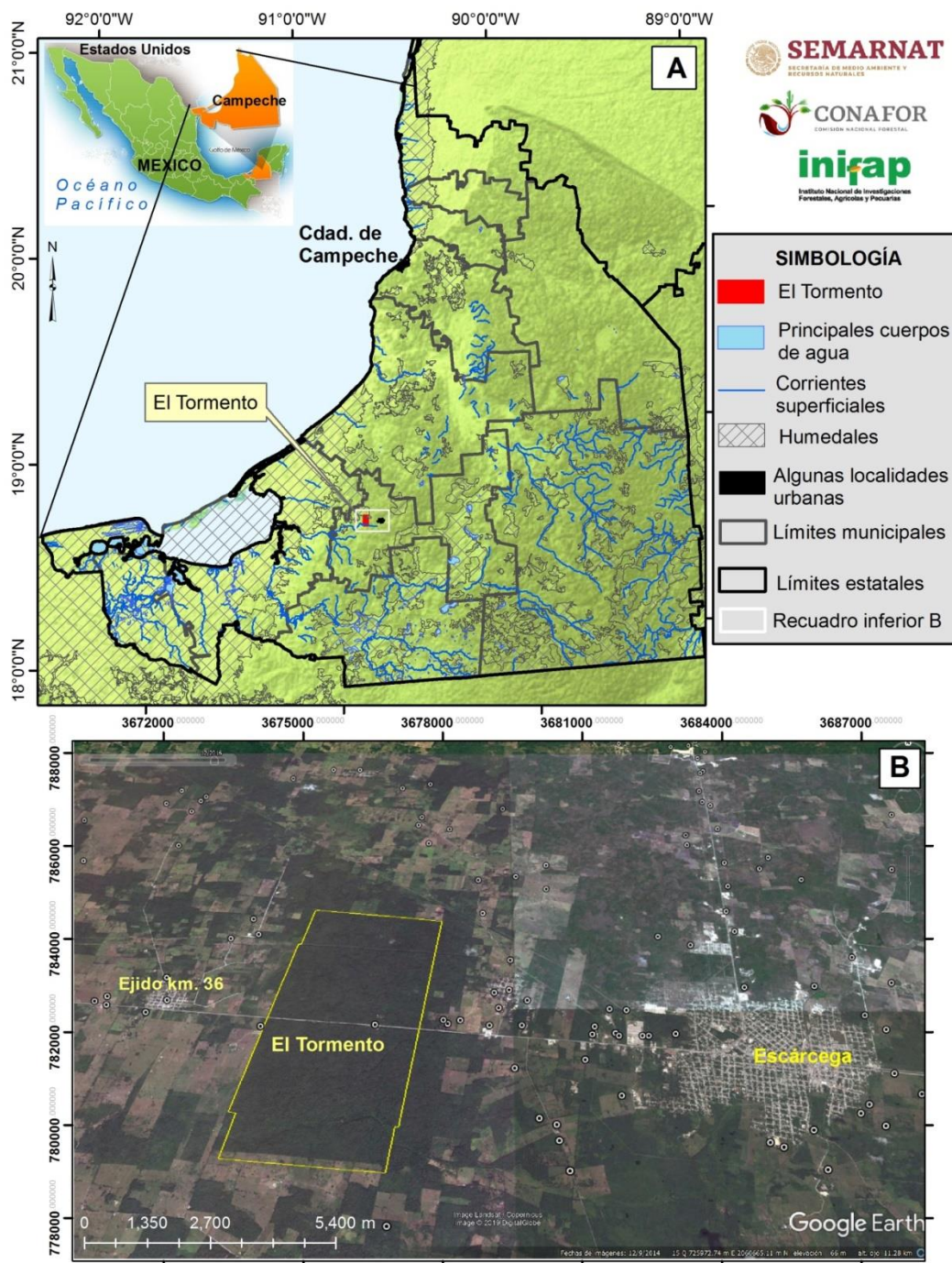
**Área de estudio:** El presente estudio se realizó en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, mismo que se localiza a 8.5 km de la ciudad de Escárcega, en el kilómetro 292 de la carretera federal 186 y cuenta con una superficie de 1,400 ha. Está en la latitud norte 18°16´25” y los 90°43´55” de



longitud oeste en el municipio de Escárcega, Campeche (Figura 1). El clima en la región es tropical, A(w) l'g, según la clasificación de Köppen, modificada por García (2004), con temperaturas medias anuales entre 23 y 25°C, con máximas de 42°C y mínimas de 4.5°C. La precipitación media anual es de 1,145 mm, con el máximo en los meses de mayo a octubre. Geomorfológicamente corresponde a planicies onduladas con ambientes de tipo fluvio-deluviales que se encuentran justo en la transición entre los ambientes terrígenos y los kársticos (Palacio-Aponte *et al.*, 2010). El meso-relieve ondulado y continuo, de escasa pendiente y poca profundidad, origina también la presencia de diferentes tipos de suelos, que van desde la parte alta hasta la baja, pasando por las pendientes, presentándose Leptosols que son suelos pedregosos, seguidos de suelos jóvenes como Cambisols y Phaeozem, mientras que en las zonas bajas hay suelos arcillosos como Vertisols gléyicos y Gleysols, con régimen de inundación temporal o permanente respectivamente. Esta discontinuidad espacial edáfica genera diferentes situaciones de importancia en relación a la disponibilidad de agua y drenaje en los diferentes suelos (Goldscheider, 2019).

La vegetación dominante, de acuerdo al inventario de SEMARNAT-CONAFOR (2013) a escala 1:50000, corresponde a selvas medianas subperennifolias; no obstante, estudios recientes a mayor detalle registran también selvas inundables y selvas bajas subcaducifolias (Aguilar-Duarte *et al.*, 2019). Por las condiciones biofísicas descritas (relieve, clima y suelos), alrededor de “El Tormento” se practica la “agricultura de humedad” (SEMARNAT-CONAFOR, 2013) debido a que los suelos presentes son capaces de retener humedad incluso en periodo de sequía.

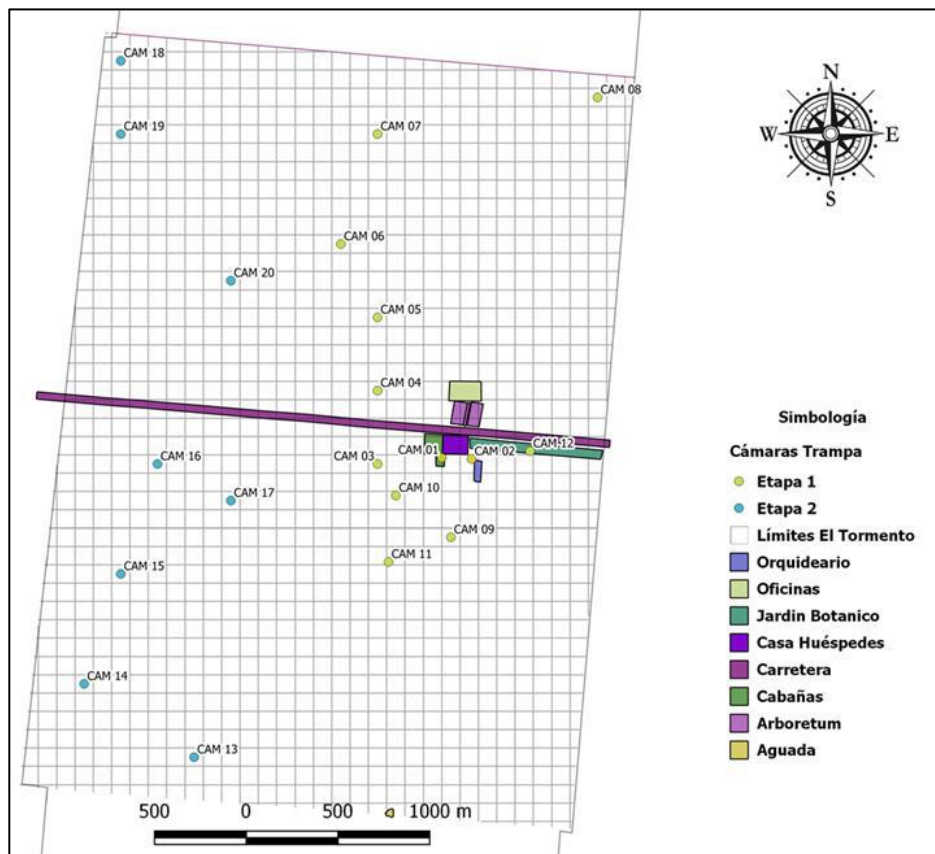




**Figura 17. Ubicación geográfica del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento” A) en el contexto nacional y estatal; B) en el contexto local.**

**Muestreo:** Durante la temporada de secas se muestrearon tres grupos taxonómicos: reptiles, aves y mamíferos, utilizando el método de fototrampeo

(Ojasti y Dallmeier, 2000). Para ello se colocaron cámaras trampa georreferenciadas en 20 estaciones de muestreo (Figura 2), divididas en dos periodos de dos semanas cada uno, para los meses de mayo y junio. Estas fototruampas trabajaron las 24 horas, con un retraso mínimo de 0.3 minutos entre cada disparo y se revisaron dos veces durante cada periodo de muestreo. Además de tomar los datos correspondientes en campo, se hicieron las identificaciones de especies utilizando claves de campo y consultando a especialistas.



**Figura 2. Distribución de cámaras trampa en el área de trabajo**

**Análisis de la información:** Se obtuvo la riqueza específica de la fauna del Centro, representada en un listado taxonómico de los grupos muestreados, utilizando los Catálogos de Autoridades Taxonómicas propuestos por CONABIO (CONABIO, 2009; Navarro y Gordillo, 2006; Ramírez, 1999); el listado se clasificó, además, por categoría de riesgo según la IUCN, la NOM-059-SEMARNAT 2010 y la CITES. Mediante el método de investigación documental se localizaron los listados más recientes para





Campeche de los grupos taxonómicos referidos (Guzmán-Soriano *et al.*, 2013; Sosa-Escalante *et al.*, 2013 [mamíferos]; González-Sánchez *et al.*, 2017 [herpetofauna]; González-Jaramillo *et al.*, 2016; Navarro-Sigüenza, 2014 [aves]), esto con la intención de comparar, numérica y porcentualmente, los valores correspondientes de riqueza local (El Tormento) *versus* riqueza estatal (Campeche) por nivel taxonómico (orden, familia y especie).

## Resultados y discusión

**Riqueza de la fauna silvestre:** Se registraron 14 órdenes, de los cuales uno corresponde a los reptiles (dos familias); siete a aves (12 familias) y los seis restantes al grupo de los mamíferos (12 familias). En el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento” estos ordenes estuvieron representados por 34 especies y, de ellas, dos fueron de la clase Reptilia, 16 de Aves y 17 de Mammalia (Cuadro 1).

La riqueza de reptiles, aves y mamíferos reportada para El Tormento representó 4.91% de las especies registradas para Campeche, las cuales están todas compartidas con las de la entidad; asimismo, 21.49% de las familias y 38% de los órdenes (14 de 36) (González-Jaramillo *et al.*, 2016; González-Sánchez *et al.*, 2017; Guzmán-Soriano *et al.*, 2013; Navarro-Sigüenza, 2014; Sosa-Escalante *et al.*, 2013). La clase que compartió un mayor número de familias y especies fue la de los mamíferos (41.38% y 8.79% respectivamente), seguida de la de las aves (18.75% y 3.96%) y reptiles (7.14% y 1.89%) (Cuadro 2).


**Cuadro 12. Riqueza faunística del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”.**
**NOM=NOM-059-SEMARNAT 2010; A=Amenaza; PR=Sujeta a protección especial; P=En Peligro; LC=Preocupación menor (Least concern); VU=Vulnerable; NT=Casi amenazada (Near threatened); DD=Datos deficientes; EN=En Peligro.**

Clase	Categoría taxonómica	Nombre común	NOM UICN		CITES
Reptilia	Squamata				
	Colubridae				
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Culebra corredora de petalillos		LC	
	Iguanidae				
	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra de cola espinosa	A	LC	
Aves	Columbiformes				
	Columbidae				
	<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Paloma cabeza ploma		LC	
	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca		LC	
	Falconiformes				
	Accipitridae				
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilán pico de gancho	PR	LC	Apéndice II	
<i>Geranospiza caerulescens</i>	Gavilán zancón	A	LC	Apéndice II	
	Falconidae				
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón selvático de collar	PR	LC	Apéndice II	
	Galliformes				
	Cracidae				
<i>Crax rubra</i>	Hocofaisán	A	VU	Apéndice III	
	Cracoidea				
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula		LC	Apéndice III	
	Passeriformes				
	Icteridae				
<i>Icterus prothemelas</i>	Bolsero capucha negra		LC		
<i>Pasarocolius montezuma</i>	Oropéndula Moctezuma	PR	LC		
	Thraupidae				
<i>Eucometis penicillata</i>	Tangara cabeza gris	PR	LC		
	Turdidae				
<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo garganta blanca		LC		
	Tyrannidae				
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso		LC		
	Piciformes				
	Ramphastidae				
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán pico canoa	A	LC	Apéndice II	
	Strigiformes				
	Strigidae				
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café		LC	Apéndice II	
	Tinamiformes				
	Tinamidae				





Clase	Categoría taxonómica	Nombre común	NOM UICN		CITES
	<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú menor	A	NT	
	<i>Tinamus major</i>	Tinamú mayor	A	NT	
	Artiodactyla				
	Cervidae				
	<i>Mazama</i> sp.	Temazate rojo		DD	
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca		LC	Apéndice III
	Tayassuidae				
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar; puerco de monte		LC	Apéndice II
	Carnivora				
	Canidae				
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra Gris		LC	
	Felidae				
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P	LC	Apéndice I
	Mustelidae				
	<i>Galictis vittata</i>	Grisón	A	LC	Apéndice III
	Procyonidae				
	<i>Nasua narica</i>	Coatí		LC	Apéndice III
	<i>Potos flavus</i>	Martucha	PR	LC	Apéndice III
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache		LC	
Mammalia	Didelphimorphia				
	Didelphidae				
	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño; zarigüeya		LC	
	Primates				
	Cebidae				
	<i>Alouatta pigra</i>	Mono aullador negro	P	EN	Apéndice I
	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	P	EN	Apéndice II
	Rodentia				
	Agoutidae				
	<i>Agouti paca</i>	Tedpezcuintle		LC	Apéndice III
	Dasyproctidae				
	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guaqueque sereque		LC	Apéndice III
	Erethizontidae				
	<i>Coendou mexicanus</i>	Puerco espín	A	LC	Apéndice III
	Pilosa (Xenarthra)				
	Myrmecophagidae				
	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero arborícola	P	LC	Apéndice III



**Cuadro 13. Comparación numérica y porcentual de la riqueza del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento” Vs. Campeche.**

Clase	Orden	El Tormento		Campeche	
		Familias	Especies	Familias	Especies
Aves	Accipitriformes	0	0	2	33
	Anseriformes	0	0	1	11
	Apodiformes	0	0	2	17
	Caprimulgiformes	0	0	2	8
	Ciconiiformes	0	0	1	2
	Columbiformes	1	2	1	15
	Coraciiformes	0	0	2	7
	Cuculiformes	0	0	1	6
	Charadriiformes	0	0	5	19
	Falconiformes	2	3	1	9
	Galliformes	2	2	3	7
	Gruiformes	0	0	3	9
	Passeriformes	4	5	24	198
	Pelecaniformes	0	0	3	19
	Piciformes	1	1	4	14
	Podicipediformes	0	0	1	2
	Psittaciformes	0	0	1	9
	Strigiformes	1	1	2	8
	Suliformes	0	0	3	3
	Tinamiformes	1	2	1	4
	Trogoniformes	0	0	1	4
	<b>Subtotal (#/%)</b>	12/18.75	16/3.96	64/100	404/100
Mammalia	Artiodactyla	2	3	2	8
	Carnivora	4	6	5	29
	Cingulata	0	0	1	2
	Chiroptera	0	0	7	79
	Didelphimorphia	1	1	1	12
	Lagomorpha	0	0	1	2
	Molossidae	0	0	1	7
	Pilosa (Xenarthra)	1	1	1	2
	Perissodactyla	0	0	1	1
	Primates	1	2	1	4
	Rodentia	3	3	7	35
	Soricomorpha	0	0	1	1
		<b>Subtotal (#/%)</b>	12/41.38	16/8.79	29/100
Reptilia	Crocodylia	0	0	1	2
	Squamata	2	2	19	88
	Testudines	0	0	8	16
		<b>Subtotal (#/%)</b>	2/7.14	2/1.89	28/100
<b>Total general (#/%)</b>		26/21.49	34/4.91	121/100	692/100



**Importancia de la fauna silvestre para la conservación:** En ambientes tropicales la estacionalidad en el desarrollo biológico de los animales es importante, sobre todo en el caso de las aves migratorias o en el grupo de los reptiles, ya que las variaciones de temperatura, humedad y precipitación influyen en la disponibilidad de alimento, por ejemplo, lo que se refleja en las fluctuaciones de la diversidad de estos taxones (Calderón-Mandujano *et al.*, 2008; Cortés-Ramírez *et al.*, 2012; Leyte-Manrique *et al.*, 2016), pudiendo ser esta una de las razones por las que el porcentaje de especies compartida con la entidad es bajo, ya que en este estudio solo se muestreo durante la temporada de secas, por lo que es necesario realizar muestreos en las otras dos temporadas del año, es decir, lluvias y nortes, características de la región (Márdero *et al.*, 2012; Orellana *et al.*, 1999; Orellana *et al.*, 2003), con la intención de conocer la riqueza de fauna de El Tormento.

Sin embargo, es importante considerar que todas las especies fototrampeadas, excepto *Mazama sp.*, se encuentran bajo algún estatus de conservación (Cuadro 1), lo que podría ser considerado como un indicador que este Centro de Investigación está cumpliendo el papel de refugio para la fauna representativa de la región, al albergar las condiciones ambientales que estas especies requieren para sobrevivir; sin embargo, bajo la ecología del paisaje, el aislamiento en el que se encuentra este macizo forestal, ante la fragmentación del paisaje, al encontrarse en medio de una matriz netamente agropecuaria, pone en riesgo la pérdida de especies características de estas selvas, ya que se disminuye la cantidad y diversidad de hábitat que pueden aprovechar las especies al quedar rodeado este manchón de vegetación por otros usos de suelo (agrícolas, pecuarios y urbanos) incapaces de sostener una alta biodiversidad, es decir, se tiene un efecto de área (i Subirós *et al.*, 2006), impidiendo con ello la dispersión de la fauna, lo que pudiera, en un momento dado, impactar negativamente sobre la diversidad genética favoreciendo su degeneración o pérdida (extinción de especies).

De acuerdo a la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008) la conservación de la biodiversidad dentro de los paisajes agrícolas debe de formar una parte importante de las estrategias mundiales de conservación. Es por ello que se recomienda impedir la expansión de la frontera agropecuaria, conservando la



vocación forestal de este Centro pues representa un refugio para la fauna silvestre, garantizando su permanencia y reproducción. Se recomienda intensificar los programas de manejo sustentable de los recursos naturales en El Tormento, para así disminuir el riesgo de la pérdida de diversidad biológica en este caso de la fauna silvestre. Asimismo, la conservación de ecosistemas y en particular de la fauna silvestre de El Tormento, favorecería también el efecto de “dilución de enfermedades”, un fenómeno que sucede cuando se mantiene o aumenta la biodiversidad en un área determinada, sirviendo como barrera ecológica para el paso de enfermedades a animales domésticos y poblaciones humanas (Ulloa, 2012).

## Conclusiones

1. El Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento” alberga 34 especies de reptiles, aves y mamíferos, todas ellas bajo algún estatus de conservación en la NOM, IUCN O CITES, lo que realza la importancia de El Tormento en la conservación de la biodiversidad de los ambientes kársticos.
2. El Tormento representa un refugio para la fauna silvestre de ambientes kársticos al tener las condiciones ambientales requeridas para su desarrollo; sin embargo, también presenta el efecto de área, lo que pudiera impactar en la degeneración genéticas de las poblaciones genéticas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a CONAFOR por el financiamiento de esta investigación, como parte del proyecto Reactivación de las investigaciones forestales en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”.





## Literatura citada

- Aguilar D., Y. G., A. Maya M., L. G. Esparza O., G. Hernández G., R. Canales C. y W. A. Chiquini H. 2019. Actualización cartográfica forestal en una zona kárstica del sureste mexicano. *In*: Frausto-Martínez O. (Ed.). Conocimientos y saberes del sobre el karst tropical de México. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst A.C., Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y Universidad de Quintana Roo. Mérida, Yucatán. En prensa.
- Arrivillaga, J. y V. Caraballo. 2009. Medicina de la Conservación. *Rev. Biomed.* 20:55-67.
- Barrueta R., T., J. A. Estrada M., C. Pozo y S. Calmé. 2003. Reconocimiento demográfico de *Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi* en la Reserva El Tormento, Campeche, México. *Neotropical Primates* 11(3):165-169.
- Calderón-Mandujano, R. R., C. Galindo-Leal y J. R. Cedeño-Vázquez. 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta zoológica mexicana* 24(1):95-114.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (comp.). 2009. Catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México. Base de datos SNIB-CONABIO. México. Incluye información del proyecto CS003
- Cortés-Ramírez, G., A. Gordillo-Martínez y A. G. Navarro-Sigüenza. 2012. Patrones biogeográficos de las aves de la península de Yucatán. *Revista mexicana de biodiversidad* 83(2):530-542.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. Serie Libros No. 6. UNAM. México. 98 p.
- Goldscheider N. 2019. A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. *Carbonates and Evaporites*: 1-19.
- González-Jaramillo, M., E. Martínez, L. G. Esparza-Olguín y J. Rangel-Salazar. 2016. Actualización del inventario de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, península de Yucatán, México: abundancia, estacionalidad y categoría de conservación. *Huitzil* 17(1):54-106.



- González-Sánchez, V. H., J. D. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, D. L. DeSantis, and L. D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4:264–380.
- Guzmán-Soriano, D., O. G. Retana G. y J. D. Cú-Vizcarra. 2013. Lista de los mamíferos terrestres del estado de Campeche, México. *Acta zoológica mexicana* 29(1):105-128.
- Leyte-Manrique, A., J. P. Morales-Castorena y L. A. Escobedo-Morales. 2016. Variación estacional de la herpetofauna en el cerro del Veinte, Irapuato, Guanajuato, México. *Revista mexicana de biodiversidad* 87(1):150-155.
- Márdero, S., E. Nickl, B. Schmook, L. Schneider, J. Rogan, Z. Christman y D. Lawrence. 2012. Sequías en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. *Investigaciones geográficas* (78):19-33.
- Navarro, S. A. y A. Gordillo. 2006. Catálogo de autoridades taxonómicas de las aves de México. Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto CS010. CONABIO. México, D.F. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran\\_familia/animales/aves/doc/Aves.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/aves/doc/Aves.pdf)
- Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García y L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista mexicana de biodiversidad* 85:476-495.
- Ojasti, J. y F. Dallmeier (Eds.). 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, D.C. 290 p.
- Orellana, R., M. Balam e I. Bañuelos (Coord.). 1999. Evaluación climática (Climatología de la Península de Yucatán). p. 183-194. *In*: García de Fuentes, A., C. Córdoba, P. Ordoñez y P. Ponce de León. (eds.). Atlas de procesos territoriales de Yucatán. Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc. México.



- Orellana, R., G. Islebe y C. Espadas. 2003. Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. p. 37-52. *In*: Colunga-García, M. P. y A. Larqué-Saavedra. (eds.). Naturaleza y sociedad en el área Maya. Pasado, presente y futuro. Academia Mexicana de Ciencias, CICY. México, D.F. México.
- Palacio-Aponte, P. A., Z. F. Bautista y P. M. A. Ortiz. 2010. Relieve. p. 8-15. *In*: Villalobos-Zapata, G. J. y J. Mendoza-Vega (eds.). La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. Campeche, México
- Ramírez, P. J. 1999. Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. UAM-Iztapalapa. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto Q023. CONABIO. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran\\_familia/animales/mamiferos/pdf/Mamiferos.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/mamiferos/pdf/Mamiferos.pdf).
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008). La biodiversidad y la agricultura: salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. Montreal, Québec Canadá. 56 páginas.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. México, biodiversidad que asombra. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-biodiversidad-que-asombra>.
- SEMARNAT-CONAFOR (2013). Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Campeche escala 1:50000 México, 140 P.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. México, biodiversidad que asombra. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-biodiversidad-que-asombra>.
- Sosa-Escalante, J. E., J. M. Pech-Canché, M. C. MacSwiney y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):1-21.
- Subirós, J. V., D. V. Linde, A. L. i Pascual y A. R. Palom. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica* (48):151-166.
- Ulloa, G. J. A. 2012. ¿Por qué debemos conservar la fauna silvestre? *Revista Spei Domus* 8(17):66-69.



- Uzcanga, P., N. G., Y. G. Aguilar D., A. Maya M., E. R. A. Díaz M., y L. G. Esparza O. 2018. Compendio histórico de la investigación realizada en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal El Tormento. Publicación Especial No. 10. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá, Centro de Investigación Regional Sureste. Yucatán, México. 36 p.
- Vargas-Contreras, J. A., G. Escalona-Segura, J. Arroyo-Cabrales, J. Rendon Von Osten y L. Navarro. 2012. Conservación de murciélagos en Campeche. THERYA 3(1):53-66. DOI: 10.12933/therya-12-56.
- Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza V. (Coord.). 2010. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.





## RESCATE DE INDIVIDUOS DE LA CÍCADA *Zamia loddigesii* (ZAMIACAEAE) EN EL SUR DE VERACRUZ

Gustavo Carmona Díaz<sup>285,286\*</sup>, Saúl Hernández Carmona<sup>285</sup> y Alejandro Retureta Aponte<sup>286</sup>

### Resumen

El rescate y reubicación de individuos vegetales en categoría de riesgo es una estrategia conservacionista que merece la atención de las autoridades ambientales correspondientes y por el campo de la investigación. En la región sur del estado de Veracruz, dentro del municipio de Coatzacoalcos, se localizaron dos poblaciones de la cicada *Zamia loddigesii* en áreas propuestas para la actividad petrolera propia de este estado. Se cuantificaron 171 individuos de *Zamia loddigesii* catalogada como Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que se procedió a realizar su rescate y la reubicación. Se obtuvo una sobrevivencia del 91.2% (156) de los individuos. La reubicación se efectuó en las inmediaciones del Parque Ecológico Jaguaroundí ubicado en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz y en las áreas naturales del Activo Integral Cinco Presidentes de Agua Dulce, Veracruz. El programa de rescate y reubicación de *Z. loddigesii* contribuyó a su conservación, minimizando la pérdida de sus individuos por la falta de conciencia ambiental y la industria petrolera, aunado a la alteración del medio ambiente que han contribuido a la disminución o desaparición de las poblaciones de esta cicada en el sur de Veracruz.

**Palabras clave:** Actividad petrolera, estrategia conservacionista, población, establecimiento

<sup>285</sup> Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Animas, C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México. Tel. (01-228) 8 41 89 00, ext. 13610. E-mail: [gcarmona@uv.mx](mailto:gcarmona@uv.mx) \*Autor para correspondencia.

<sup>286</sup> Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana, km 4.5 Carretera Costera del Golfo, Acayucan - Catemaco. C. Postal: 96000. Acayucan, Veracruz, México.



## Introducción

La afectación al medio ambiente y a la biodiversidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos ha sido provocada en gran medida por las actividades petroleras, lo que ha dado como resultado: 1) la desaparición o reducción de poblaciones de especies en alguna categoría de riesgo nacional o internacional (Randy *et al.*, 2008; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009) y 2) la deforestación, degradación y fragmentación del hábitat para especies de alto valor ambiental (Challenger y Dirzo, 2009; Laiolo y Arroyo, 2011). A través de la actividad petrolera, se altera la distribución de las poblaciones poniendo en aislamiento genético y ecológico a especies vegetales, algunas de las cuales son endémicas (Bravo, 2007; Tellería, 2013). Entre las actividades petroleras que dañan el medio ambiente están el desmantelamiento de áreas naturales y los derrames de hidrocarburo, los cuales afectan gravemente a la flora y fauna presentes (Randy *et al.*, 2008). El grado de afectación está en función del tipo de hidrocarburo, la cantidad, la concentración, el tiempo de exposición, el tipo de ecosistema, los factores ambientales y de la sensibilidad y el tipo de ser vivo planta o animal afectado (García-López *et al.*, 2006). Hoy día se han intensificado las investigaciones sobre la afectación directa del hidrocarburo en especies de importancia ecológica para la conservación, ya que los daños están relacionados con la asfixia y muerte de plántulas, juveniles y adultos, lo que altera la biodiversidad de las especies y sus poblaciones naturales (Olguín *et al.*, 2007).

Entre los grupos de plantas con prioridad de conservación destacan las cicadas por el grado de amenaza que presentan sus poblaciones. En México se registran tres géneros: *Dioon*, *Ceratozamia* y *Zamia*, con cerca de 54 especies, lo que posiciona al país en el segundo lugar a nivel mundial en riqueza de cicadas (Vite *et al.*, 2010; Limón, 2012; Nicolalde-Morejón *et al.*, 2014). Cerca del 62% de las cicadas se encuentran amenazadas por el comercio ilegal y por el cambio de uso del suelo, incluyéndolas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (IUCN, 2018; CITES, 2012). En México



cerca de 50 especies están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010), lo que ha conducido a la creación del Programa Nacional de Cicadas (PNC) (INE-SEMARNAP, 2000), cuyo principal objetivo es su conservación, recuperación, manejo y aprovechamiento sustentable (Vite *et al.*, 2013).

*Zamia loddigesii* es una cicada endémica de México con amplia distribución en Tamaulipas, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco, catalogada como Amenazada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. La sobreexplotación y la reducción de su hábitat ha hecho que sus poblaciones sean vulnerables a los cambios de uso de suelo (Limón, 2012) como los hechos por la actividad petrolera. Es por esto que resultó prioritario realizar el rescate de esta cicada a solicitud de la autoridad ambiental mexicana (SEMARNAT) directamente a la Universidad Veracruzana como resultado de un Manifiesto de Impacto Ambiental por las obras de desmantelamiento por parte de la entidad petrolera del estado.

## Materiales y métodos

El rescate de los individuos de *Z. loddigesii* se llevó a cabo en dos sitios ubicados dentro del municipio de Coatzacoalcos, Veracruz destinados al cambio de uso del suelo por la industria petrolera. Esto se hizo mediante un programa de rescate y reubicación de los individuos bajo el resolutivo de la SEMARNAT emitido a la paraestatal. La técnica que se utilizó para llevar a cabo el rescate de los ejemplares fue bajo el siguiente procedimiento: 1) Identificación y marcaje: Cada individuo de *Z. loddigesii* fue marcado con cinta flagging, anotando el número progresivo del individuo, la fecha y la presencia de estróbilo. 2) Mediciones: Se midió la altura y grosor de las frondas y la cantidad de estas por individuo. En aquellos con estróbilo se midió la longitud y el grosor del mismo. 3) Rescate: Se extrajeron todos los individuos de *Z. loddigesii* marcados. Utilizando herramienta convencional se procedió a escarbar alrededor del individuo e identificando la raíz principal sin dañarla. 4) Traslado: Los individuos de *Z. loddigesii* se colocaron en sacos de plástico, evitando dañar las frondas y raíces y trasladados al vivero de la Facultad de



Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria (FISPA), en Acayucan, Veracruz.

5) Mantenimiento en vivero: Los individuos fueron transplantados en bolsas de polietileno de 25 x 25 cm, utilizando como sustrato tierra de monte mezclada con agrolita y vermiculita. El riego fue constante para mantenerlas hidratadas, el desmonte de hierbas o malezas fue manual con un control de plagas y supervisión del desarrollo y recuperación de los individuos.

6) Reubicación: Para la reubicación se escogieron sitios propuestos por la paraestatal y la autoridad ambiental, aledaños al Parque Ecológico Jaguaroundi y al Activo Cinco Presidentes, los cuales se encuentran ubicados en la región sur del estado de Veracruz y cercanos a los sitios de donde fueron extraídos los individuos, por lo que las condiciones bióticas y abióticas fueron similares a las de los sitios de origen. El traslado de los individuos se hizo con total cuidado para evitar dañarlos y estos fueron sembrados en áreas verdes aledañas a los sitios ya referidos, quedando etiquetados para su supervisión y monitoreo.

## Resultados y discusión

**Rescate de individuos:** Se localizaron y rescataron un total de 171 individuos de *Z. loddigesii*. 140 en el sitio 1, de los cuales tres presentaron estróbilo. La altura promedio de las plantas osciló alrededor de los 37 centímetros, registrándose individuos que presentaron desde una hasta ocho frondas. En el segundo sitio se localizaron 31 individuos, de los cuales un ejemplar presentó estróbilo. Estos individuos presentaron una altura promedio aproximada de 23 centímetros y de una a cinco frondas (Cuadro 1).





**Cuadro 1. Muestra el número de individuos de *Z. loddigesii* localizados en dos sitios del municipio de Coatzacoalcos, Ver., y los promedios de sus medidas morfométricas al momento de ser rescatados.**

	Sitios de rescate	
	1	2
Número de individuos	140	31
( $\chi \pm DE$ ) Número de frondas (cm)	1.7 $\pm$ 1.1	1.6 $\pm$ 1.1
( $\chi \pm DE$ ) Altura de las frondas (cm)	37.3 $\pm$ 14.6	23.4 $\pm$ 10.8
( $\chi \pm DE$ ) Grosor de las frondas (cm)	4.7 $\pm$ 5.0	3.4 $\pm$ 1.0
Individuos con estróbilo	3	1
( $\chi \pm DE$ ) Longitud del estróbilo (cm)	10.9 $\pm$ 3.2	7
( $\chi \pm DE$ ) Grosor del estróbilo (cm)	4.8 $\pm$ 0.6	4.2

**Mantenimiento en vivero:** Los individuos presentaron cambios fisiológicos como consecuencia del rescate. Durante el primer mes, el 78.3% (134) de los individuos tiraron los folíolos. A partir del segundo mes comenzaron a producir frondas nuevas, siendo hasta el octavo mes cuando se consideró que los individuos se habían recuperado y se encontraban en buenas condiciones fitosanitarias.

**Reubicación de los individuos:** Se registró la sobrevivencia de 156 individuos, de los cuales 116 fueron reubicados en las inmediaciones del Parque Ecológico Jaguaroundi, ubicado en Coatzacoalcos, Ver., y 40 individuos en las áreas naturales del Activo Integral Cinco Presidentes de Agua Dulce, Veracruz. Los sitios para la reubicación presentaron vegetación original fragmentada, pastizal con características de potrero y escasa presencia de otras formas biológicas, con un suelo arenoso-arcilloso y pedregoso con poca cantidad de materia orgánica, además de un relieve con pendiente pronunciada.

**Importancia del rescate:** En todas las áreas destinadas a la actividad petrolera es inminente el desmonte parcial o total de la vegetación primaria o secundaria, por lo que la pérdida de los individuos vegetales es irremediable; no obstante, la identificación de especies en categoría de riesgo, previo al desmonte ayuda a minimizar los efectos a las poblaciones de estas especies y a la biodiversidad en general, pues esto permite realizar el rescate de aquellas especies prioritarias. En este caso el rescate y reubicación de individuos de *Z. loddigesii*, contribuyó a la



conservación de estas y a evitar en el mayor grado posible la disminución de dos poblaciones.

Los individuos de la especie *Z. loddigesii* presentaron un buen estado fitosanitario al momento de su localización y de no haber sido extraídos de los sitios de la obra, se hubieran perdido. La actividad petrolera conlleva a un cambio de uso de suelo por esto es una de las causas de que muchas especies vegetales, entre estas, las cicadas se encuentren en categoría de riesgo, por lo que el cuidado, rescate y conservación de estas es una prioridad. Por ello, muchas especies han sido incluidas en listados nacionales e internacionales como el de la UICN (IUCN, 2012), CITES (CITES, 2012), NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010), PNC y las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) (INE-SEMARNAP, 2000) (Vite *et al.*, 2013).

El rescate de los 171 individuos de *Z. loddigesii* no se realizó mediante la intervención de alguna UMA, sino a través de una institución como lo es la Universidad Veracruzana y mediante el uso de sus instalaciones como lo fue el vivero de la FISPA en Acayucan, sitio en el que se les dio a los individuos el cuidado correspondiente y en el cual las cicadas pudieron recuperarse y estabilizarse previo a su reubicación. Cabe mencionar que estas plantas suelen responder de diferentes formas ante el cambio que implica la extracción de los individuos de su medio natural, esto por múltiples factores ambientales como el clima, el suelo, el relieve, la geología y factores bióticos (Rivera-Fernández *et al.*, 2012), por ello no se consideró viable haber realizado la reubicación de los individuos de manera inmediata debido a que este tipo de plantas suelen ser muy sensibles al cambio al que se les somete durante la extracción, por lo que su recuperación y supervisión bajo condiciones controladas de vivero, resultaron necesarias para lograr un adecuado rescate, una excelente recuperación de los individuos y una exitosa reubicación, además de que las condiciones de los sitios donde fueron reubicadas favorecieron una adecuada adaptación de las cicadas en su hábitat natural.

Por todo lo anterior, cabe destacar la importancia de la contribución en este trabajo por académicos, técnicos y estudiantes de la Universidad Veracruzana para el cuidado, rescate y conservación de este importante grupo de plantas primitivas de



gran valor ornamental y científico (Nicolalde-Morejón *et al.*, 2014); lo cual adquiere mayor relevancia al referir que México es uno de los países con mayor diversidad de cicadas, al registrar 54 de las 326 especies reportadas a nivel mundial, pero donde las poblaciones se han visto afectadas por factores bióticos y abióticos. Muchas especies se encuentran amenazadas por la extracción ilegal, por el comercio y por la destrucción de su hábitat (Rivera-Fernández *et al.*, 2012; Mayett Moreno *et al.*, 2014); siendo la actividad petrolera y los accidentes que dentro de esta se suscitan (implementación o ruptura de ductos, derrames, construcción de infraestructura) la principal causa de la pérdida del hábitat y cambio de uso del suelo (Olguín *et al.*, 2007). Esto ha generado la protección de sus poblaciones silvestres por leyes nacionales e internacionales, por lo que en México son consideradas como una prioridad para su conservación (Mayett Moreno *et al.*, 2014).

Es por ello que ante cualquier actividad petrolera que implique un cambio de uso de suelo y pérdida del hábitat, resulta necesario realizar un cotejo de la vegetación a fin de identificar especies en categoría de riesgo y en su caso llevar a cabo el rescate y reubicación de los individuos buscando cumplir con las normativas y leyes encargadas de la conservación de especies de flora y fauna. Esto puede contribuir a la conservación de especies importantes o en su defecto minimizar las afectaciones a sus poblaciones y por ende a la conservación de la biodiversidad. Es prioritario estimar la diversidad en los ecosistemas que generalmente presentan disturbios naturales o provocados, los cuales afectan de diferente forma el comportamiento de las especies; existiendo información científica documentada que muestra la relación entre la pérdida de hábitat, la disminución drástica de las poblaciones y la fragmentación de la vegetación (Rivera-Fernández *et al.*, 2012; Vite-Cristóbal *et al.*, 2014).



## Conclusiones

1. Los programas de rescate y reubicación de especies en categoría de riesgo hoy en día son prioritarios ya que la pérdida del hábitat y el cambio de uso del suelo ocasionado por la mano del hombre son inminentes.
2. La actividad petrolera, junto con la sobreexplotación de especies comerciales contribuye a la reducción o amenaza de las poblaciones de especies prioritarias; mientras que la perturbación al medio ambiente por actividades naturales o antrópicas afecta significativamente la distribución y abundancia de las poblaciones vegetales disminuyendo la cantidad de individuos silvestres ya que un sitio perturbado queda más expuesto a los factores ambientales, lo que contribuye en la mortalidad por desecación de plántulas, pudiéndose dar la muerte de los individuos durante la actividad del desmonte.

## Literatura citada

- Bravo, E. 2007. Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. Acción Ecológica. 61 p.
- Challenger, A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. p. 37-73.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2012. Appendices I, II and III, of Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. [www.cites.org/eng/app/appendices.shtml](http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. 2da sección. México, D. F.





- García-López, E.; J. Zavala-Cruz y D. J. Palma-López. 2006. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *Terra latinoamericana* 24 (1): 17-26.
- Instituto Nacional de Ecología (INE) Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Prep 6: protección, conservación y recuperación de la familia Zamiaceae (Cycadales) de México. México, D. F. 63 p. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/183.pdf>.
- Laiolo, P. y A. Arroyo Solís. 2011. La fragmentación del hábitat como determinante de la diferenciación de los sistemas de comunicación animal. *Ecosistemas* 20 (2): 46-53.
- Limón S., F. 2012. Diversidad y distribución de la variación genética dentro y entre poblaciones de *Zamia loddigesii* Miq. en la vertiente del Golfo de México. Trabajo final de tesis de maestría. Instituto de Ecología A.C. 87 p.
- Mayett-Moreno, Y.; E. Salomé-Castañeda y M. I. Barajas-Domínguez. 2014. Comercialización de cicadas mexicanas (Zamiaceae) en Atlixco, Puebla. Un estudio exploratorio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5 (4): 633-644.
- Nicolalde-Morejón, F.; J. González-Astorga; F. Vergara-Silva; D. W. Stevenson; O. Rojas-Soto y A. Medina-Villarreal. 2014. Biodiversidad de Zamiaceae en México. *Revista mexicana de biodiversidad* 85: 114-125.
- Olgúin, E. J.; M. E. Hernández y G. Sánchez-Galván. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 23 (3): 139-154.
- Randy, H. A.; J. Zavala Cruz y F. A. Morales García. 2008. Concentración residual de Hidrocarburos en suelo del trópico. II: afectación a la fertilidad y su recuperación. *INTERCIENCIA* 33 (7): 483-489.
- Rivera-Fernández, A.; P. Octavio-Aguilar; N. G. Sánchez-Coello; L. R. Sánchez-Velásquez; S. M. Vázquez-Torres y L. G. Iglesias-Andreu. 2012. Estructura poblacional y distribución espacial de *Ceratozamia mexicana* brongn. (Zamiaceae) en un ambiente conservado y en uno perturbado. *Tropical and subtropical agroecosystems* 15 (2): 110-117.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2009. Biodiversidad, desarrollo y alivio de la pobreza: Reconociendo el papel de la biodiversidad para el bienestar humano. Montreal. 52 p.



- Tellería, J. L. 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. Memorias r. Soc. Esp. Hist. Nat. 2: 13-25.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2012. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org>.
- Vite, A.; M. T. Pulido y J. C. Flores. 2013. Estrategia estatal de conservación de las cícadras (Zamiaceae): una propuesta para el estado de Hidalgo, México. Rev. Biol. Trop 61 (3): 1119-1131.
- Vite, A.; M. T. Pulido y J. C. Flores. 2010. Aspectos etnobotánicos de las cícadras en algunas zonas de Hidalgo, México. Sistemas biocognitivos tradicionales: paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural. p. 481-484.
- Vite-Cristóbal, C.; J. L. Alanís-Méndez; M. Ortiz-Domínguez; J. M. Pech-Canche y E. Ramos-Hernández. 2014. Indicadores de diversidad, estructura y riqueza para la conservación de la biodiversidad vegetal en los paisajes rurales. Tropical and subtropical agroecosystems 17: 185-196.



## SECUESTRO DE CARBONO EN MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Sergio Uribe Gómez<sup>287\*</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>287</sup> y Cecilia Rosas Vásquez<sup>288</sup>

### Resumen

El suelo tiene potencial para mitigar el calentamiento global a través del secuestro de carbono, pero su magnitud está en función de las características del suelo, del manejo y de las condiciones edafoclimáticas. El objetivo de este trabajo fue determinar la fracción lábil de la materia orgánica del suelo en el sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), para estimar su contribución al secuestro de carbono del suelo. El estudio se realizó en el módulo experimental de Axochío, municipio de San Andrés Tuxtla, durante 2017. Se determinaron la fracción ligera y la materia orgánica particulada, como indicadores de la materia orgánica lábil del suelo. El sistema MIAF registró mayores cantidades de carbono que el sistema tradicional de ambas fracciones, principalmente en la porción superficial del suelo y en la sección de las terrazas. Se concluye que el sistema MIAF favorece el secuestro de carbono y contribuye en la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** materia orgánica lábil, fracción ligera, materia orgánica particulada

### Introducción

El estilo de vida moderno demanda de cantidades grandes de energía, obtenida principalmente a partir de combustibles fósiles, provocando un drástico incremento en la concentración de bióxido de carbono y de otros gases invernadero que han

<sup>287</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. uribe.sergio@inifap.gob.mx

<sup>288</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.



originado un incremento en la temperatura de 0.6 °C en el último siglo (IPCC, 2001). Este cambio climático tendrá impactos negativos en la producción agrícola de algunos países en desarrollo. Algunas proyecciones para México indican que la producción de maíz de temporal podría disminuir en 17% en 2050 (Rosegrant, 2010), poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

La conversión de los sistemas naturales al cultivo y las prácticas de manejo convencionales originaron pérdidas de 25 a 75% del carbono orgánico del suelo (SOC), de tal manera que en la actualidad la mayor parte de los suelos agrícolas tienen un contenido de SOC menor que su potencial, determinado por las condiciones climáticas y las características específicas del perfil del suelo (Lal, 2004). Esta diferencia entre el potencial y el contenido actual de SOC de los suelos, es lo que hace posible el secuestro de carbono, que implica la remoción del dióxido de carbono atmosférico por las plantas y el almacenamiento del carbono fijado como materia orgánica del suelo.

El potencial de secuestro de carbono es finito en magnitud y duración. Se estima que, con prácticas intensivas de producción, con una agricultura de conservación y prácticas de recuperación, los suelos pueden secuestrar 60 a 70% del carbono histórico perdido. El proceso de secuestro de carbono es lento, con incrementos bajos en la fase inicial, con máximos entre los 10 y 30 años, hasta alcanzar un nuevo equilibrio, donde las ganancias y las pérdidas son iguales, medio siglo después de la adopción de las prácticas de manejo y uso del suelo que favorezcan el proceso (Lal, 2004; Lal, 2006).

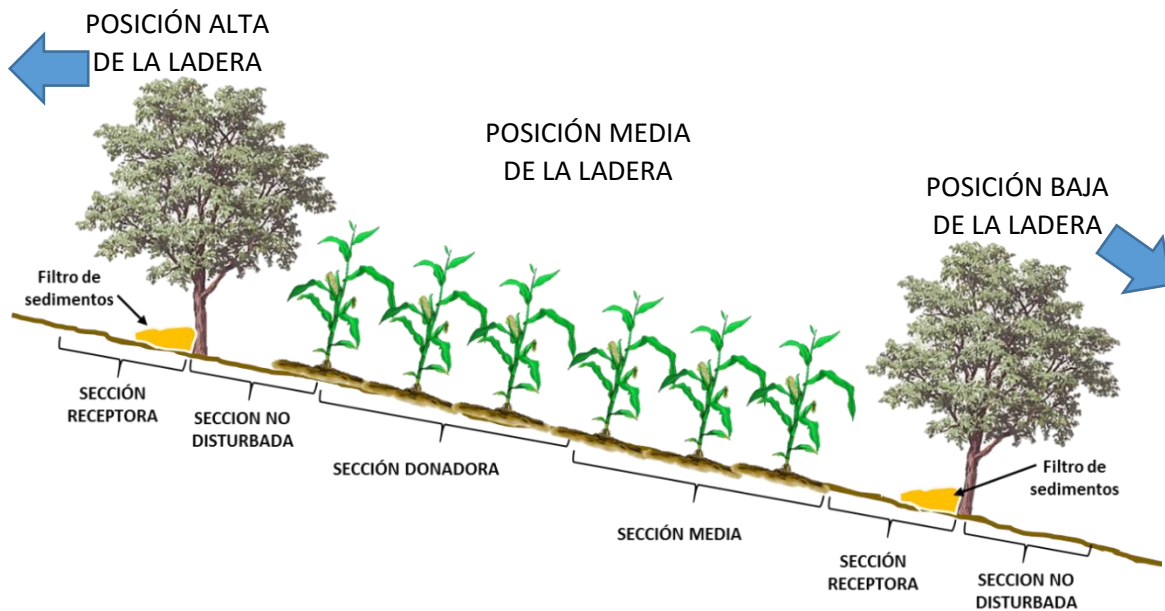
A pesar de su capacidad finita, durante la primera mitad del siglo XXI, el secuestro del SOC es la estrategia más efectiva por su costo para mitigar el enriquecimiento del dióxido de carbono atmosférico (Lal, 2004). No obstante, el potencial real del secuestro de carbono en el suelo es incierto, debido a la ausencia de datos y al insuficiente entendimiento de la dinámica del carbono orgánico del suelo a todos los niveles, incluyendo el molecular, el del paisaje, el regional y el global (FAO, 2008). El objetivo de este estudio fue determinar la fracción lábil de la materia orgánica del suelo en el sistema MIAF, para estimar su contribución en el secuestro de carbono del suelo.





## Materiales y métodos

Se tomaron muestras compuestas de suelo, constituidas por diez submuestras, a las profundidades de 0 a 5, de 5 a 15 cm y de 15 a 30 cm, en el Módulo Experimental Axochío con su respectivo testigo, durante 2017. Las muestras de suelo se tomaron en los tratamientos: Chicozapote con cultivo doble de maíz y tracción mecánica y Labranza Tradicional con cultivo doble de maíz y labranza mínima con tracción mecánica. En el sistema con milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), las muestras se tomaron en las posiciones: alta, media y baja de la ladera y en las secciones: no disturbada, donante, media, receptora de cada una de las terrazas, como se aprecia en la Figura 1; mientras que en los testigos, se tomaron en medio de las franjas de las posiciones: alta, media y baja de la ladera.



**Figura 1. Ubicación de las posiciones en la ladera y las secciones dentro de las terrazas donde se tomaron las muestras de suelo.**

La Fracción Ligera se extrajo del suelo por flotación en una solución de sodium polytungstate (PT) con una densidad de  $1.6 \text{ g/cm}^3$ , de acuerdo con la metodología de Cao *et al.*, (2011). Se colocaron 10 g de suelo y 50 mL de solución PT ( $1.6 \text{ g/cm}^3$ ) en



botellas de centrifugación de 80 mL, con dos repeticiones de laboratorio. Las botellas se agitaron durante 10 min en un agitador recíproco a 250 rpm. Enseguida, las soluciones se transfirieron a vasos de precipitado de 100 mL y se dejaron en reposo durante la noche. Después, la LF se removió por succión al vacío y se colectó en un filtro GFA. Enseguida se transfirió con solución PT a vasos de precipitado de 50 mL. Los lados de ambos vasos se enjuagaron con PT y la solución se dejó en reposo durante 3 horas. Posteriormente, el material sobrenadante en ambos vasos se removió por succión al vacío y se colectó en un filtro GFA, posteriormente se transfirió con agua a recipientes para su secado durante la noche en una estufa de aire forzado a 58 °C. finalmente, la fracción ligera se pesó en una balanza granataria marca Ohaus Adventurer TM con una sensibilidad de 0.0001 g.

Para la determinación de la fracción Particulate Organic Matter (POM), se siguió la metodología de Cambardella y Elliott (1994) y Gale *et al.*, (2000). Las muestras de suelo se dispersaron agregando 40 mL de metafosfato de sodio (5 g/L), y agitándolas durante 16 h en un agitador recíproco a 250 rpm. Enseguida, el contenido de las botellas se vertió en mallas de 500 y 53 micras, la arcilla y el material limoso de las dos repeticiones de laboratorio se colectaron en recipientes de cristal resistentes al calor (10 x 15 pulgadas), colocados debajo de las mallas. Cada fracción de POM se transfirió con lavados de agua a un recipiente para su secado en estufa de aire forzado a 58 °C.

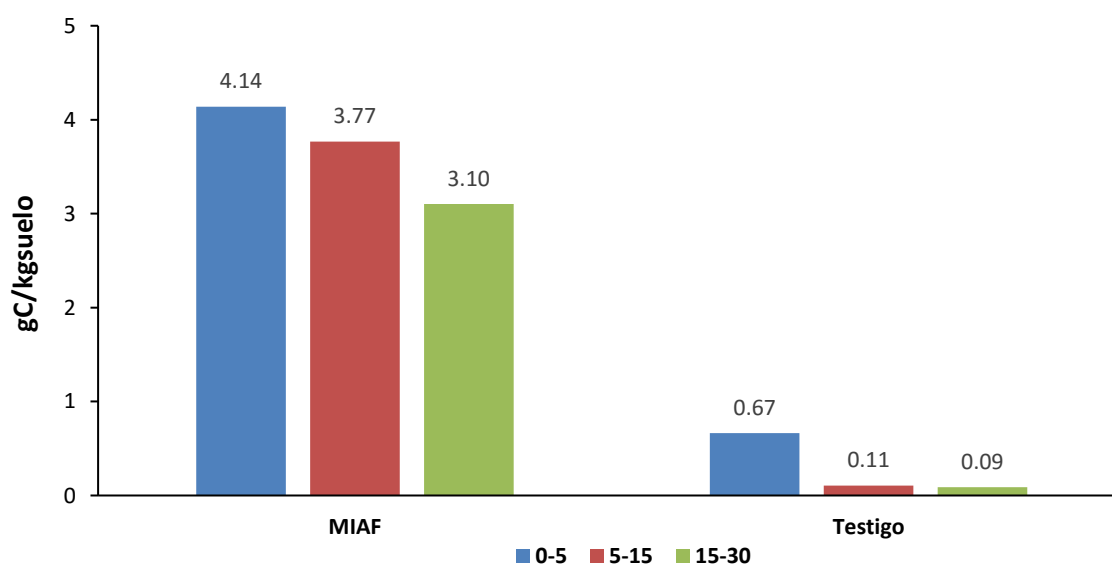
Las dos fracciones de POM: 500 y 53 micras, se colocaron en vasos de precipitado de 50 mL con 30 mL de solución de sodium polytungstate (PT) a una densidad de 2.0 g/cm<sup>3</sup>. Se agitaron y se dejaron en reposo durante seis horas. Enseguida se colectó el material sobrenadante con una bomba de vacío en un filtro de nylon de 20 micras, y se transfirió con agua desionizada a tubos de centrifugación de plástico, los cuales se colocaron en el refrigerador. Los vasos de precipitado con las muestras se agitaron y se dejaron en reposo durante la noche, antes de extraer nuevamente el material sobrenadante y transferirlo con agua a los tubos de centrifugación usados con anterioridad. Las muestras se agitaron y se dejaron en reposo durante 6 horas, antes de transferir, por tercera ocasión, el material sobrenadante a los tubos de centrifugación usados previamente. Las fracciones colectadas en los tubos de



centrifugación se lavaron por tres ocasiones, llenando los tubos con agua a tres cuartas partes de su capacidad, agitándolos durante 10 minutos y colectando el material sobrenadante en un filtro de nylon de 20 micras. Posteriormente las fracciones de POM se transfirieron con agua desionizada a recipientes para su secado durante la noche en una estufa de aire forzado a 60°C y finalmente se pesaron en una báscula granataria.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron que el contenido de carbono por kg de suelo proveniente de las fracciones en estudio fue mayor en el sistema de milpa intercalada en árboles frutales (MIAF), que en su respectivo testigo. El contenido de carbono proveniente de la fracción ligera fue de 4.14, 3.77 y 3.10 g/kg de suelo, a las profundidades de 0-5, 5-15 y 15-30 cm, respectivamente. En comparación con el Testigo que tuvo valores de 0.67, 0.11 y 0.09 g C/kg de suelo a las mismas profundidades, respectivamente (Figura 2).

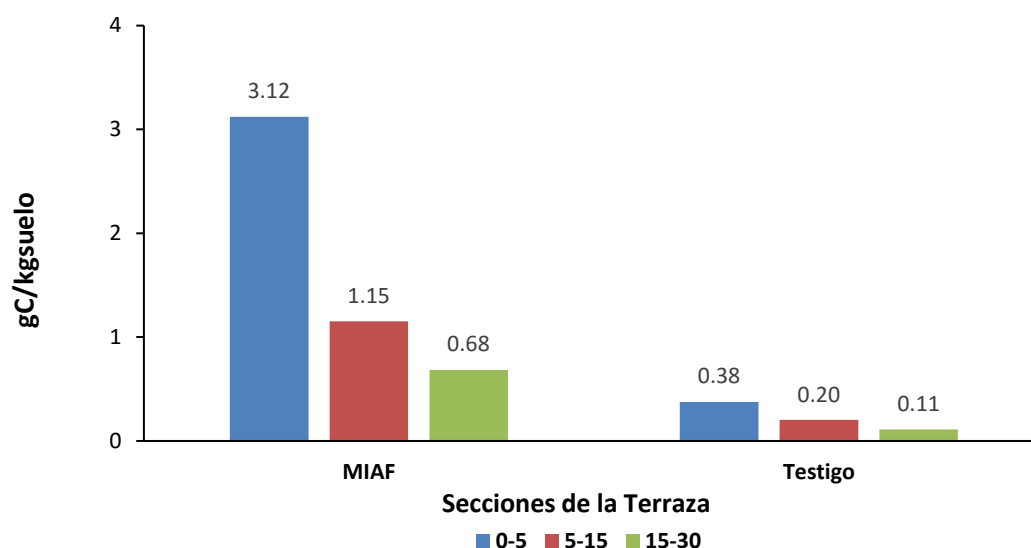


**Figura 2. Contenido de carbono de fracción ligera en los sistemas milpa intercalada en árboles frutales y tradicional en diferentes profundidades del suelo. 2017. Módulo Experimental Axochío.**



En el MIAF, la fracción POM registró valores de 3.12, 1.15 y 0.68 g C/kg de suelo a las profundidades en estudio, respectivamente; mientras que en el Testigo las cantidades de carbono fueron de 0.38, 0.20 y 0.11 g/kg de suelo a las profundidades respectivas (Figura 3).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Benbi *et al.*, (2015), quienes encontraron que los suelos con sistemas agroforestales contenían mayor cantidad de materia orgánica lábil que los cultivados con los patrones de cultivo arroz-trigo y maíz-trigo, por lo que representan una mejor opción para el secuestro de carbono.



**Figura 3. Contenido de carbono de POM (500-53  $\mu$ m) en los sistemas milpa intercalada en árboles frutales y tradicional en diferentes profundidades del suelo. 2017. Módulo Experimental Axochío.**

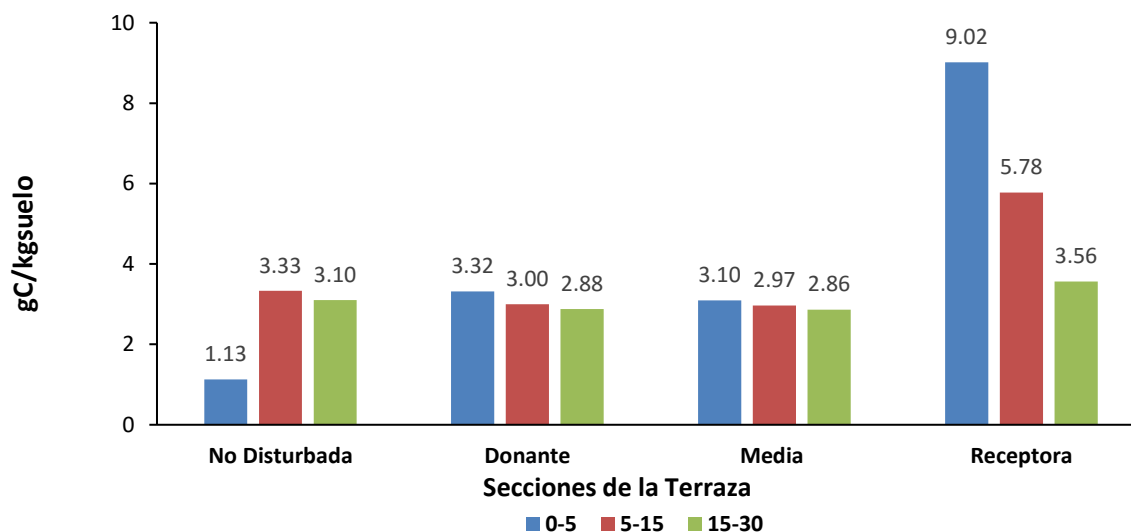
También se observó una distribución vertical de la materia orgánica lábil del suelo. Los valores más altos de LF se presentaron en la parte superficial (0-5 cm), los cuales disminuyeron a medida que aumentó la profundidad del suelo. Con relación a POM también se registró una tendencia a disminuir con la profundidad.

Esta relación entre el contenido de materia orgánica y la profundidad del suelo es atribuible a que en los primeros 10 cm del suelo se encuentra más del 50% de las raíces, independientemente del tipo de uso del suelo y de la duración bajo cultivo, las cuales remueven N de las capas subsuperficiales y se concentra en la superficie, junto con el carbono cuando las raíces mueren (Wang *et al.*, 2009).



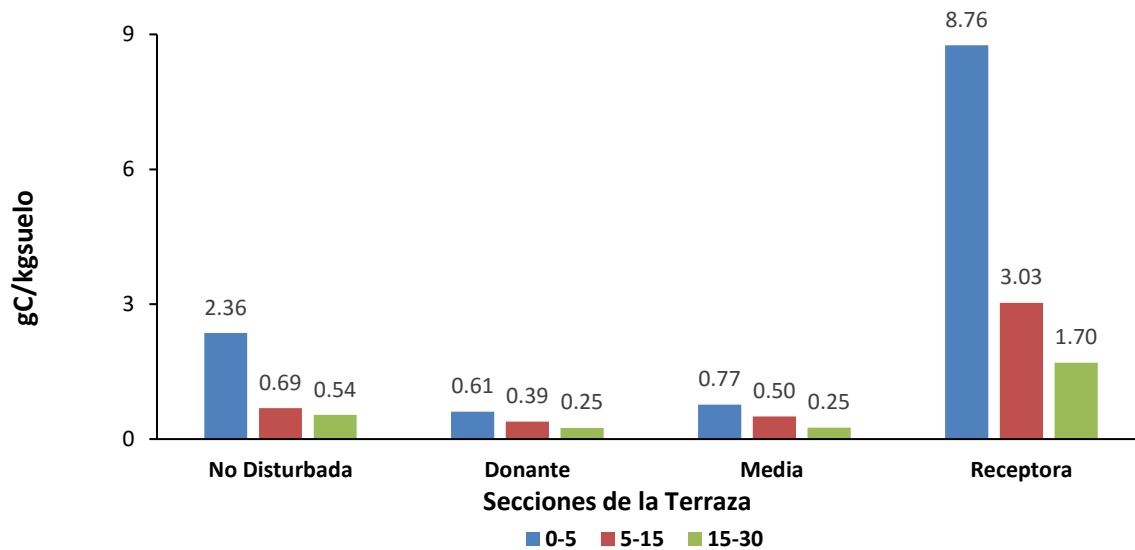


Por otra parte, en el sistema MIAF se originó una distribución espacial de la materia orgánica lábil en el ámbito de cada terraza. Los valores más altos de LF se registraron en la sección receptora: 9.02, 5.78 y 3.56 g de C/kg de suelo, a las profundidades de 0-5, 5-15 y 15-30 cm, respectivamente (Figura 4); mientras que en las demás secciones los valores registrados fueron al derredor de 3 g C/kg de suelo en todas las profundidades estudiadas.



**Figura 4. Contenido de carbono de fracción ligera en diferentes secciones de las terrazas y diferentes profundidades en el sistema milpa intercalada con árboles frutales. 2017. Módulo Experimental Axochío.**

Con relación a POM, los valores mayores también se presentaron en la sección receptora de la terraza: 8.76, 3.03 y 1.70 g de C/kg de suelo en las mismas profundidades respectivamente, y en el Testigo fueron inferiores a 1 g de C/kg de suelo (Figura 5).



**Figura 5. Contenido de carbono de POM (500-53  $\mu\text{m}$ ) en diferentes secciones de las terrazas y diferentes profundidades en el sistema milpa intercalada con árboles frutales. 2017. Módulo Experimental Axochío.**

La distribución espacial de la materia orgánica lábil se explica por el manejo de los residuos y por el proceso erosivo durante la formación de la terraza. En las secciones donante y media los residuos de cultivo se removieron y se acumularon en la sección receptora, junto con los residuos de la poda de los frutales, para formar un filtro de sedimentos, los cuales al descomponerse aportaron mayor cantidad de carbono en esta sección. Adicionalmente, durante la formación de la terraza se removi6 suelo con los implementos de labranza y con el proceso erosivo local, el suelo fue desprendido de las secciones donante y media y transportado con el agua de lluvia, que al encontrarse con el filtro de sedimentos disminuy6 su velocidad erosiva y propici6 la deposici6n del suelo en la secci6n receptora durante la formaci6n sucesiva de la terraza.

Este proceso erosivo en el 6mbito de cada franja de cultivo tiene importancia en la distribuci6n de la materia org6nica, de acuerdo con lo se6alado por Lal., 2003, quien afirma que la erosi6n remueve preferencialmente la fracci6n org6nica ligera con una densidad menor que  $1.8 \text{ Mg/m}^3$ .



Adicionalmente, las secciones donante y media se han labrado con tracción mecánica durante 12 años de manera consecutiva, con la consecuente aceleración en la descomposición de la materia orgánica por esta práctica (Haring *et al.*, 2013).

## Conclusiones

Con base en los resultados anteriores se concluye que:

1. El carbono de las fracciones LF y POM fue mayor en el sistema MIAF, que en el tratamiento Testigo
2. El carbono de la fracción lábil de la materia orgánica del suelo en el sistema MIAF se acumuló en la sección receptora de las terrazas.
3. El sistema MIAF favorece el secuestro de carbono en el suelo y contribuye a mitigar el calentamiento global.

## Literatura citada

- Benbi, D. K., K. Brar, A. S. Toor, P. Singh. 2015. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. *Geoderma* 237–238:149–158
- Cambardella, C.A., and E.T. Elliott. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:123-130.
- Cao, X., D.C. Olk, M. Chappell, C.A. Cambardella, L. F. Miller, and J. Mao. 2011. Solid-state NMR analysis of soil organic matter fractions from integrated physical-chemical extraction. *Soil Sci. Am. J.* 75:1374-1384.
- FAO. 2008. Climate change and food security: A framework document. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 93p.
- Gale, W.J., C.A. Cambardella, and T.B. Bailey. 2000. Surface residue and root-derived carbon in stable and unstable aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:196-201.



- Haring, V., H. Fischer, G. Candisch, and K. Stahr. 2013. Implications of erosion on the assessment of soil organic carbon after land use change in tropical agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 65:158-167. doi 10.1016/j.soilbio.2013.04.021.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate change: The scientific basis*. Cambridge Univ.Press. Cambridge, UK.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1-22.
- Lal, R. 2006. Soil carbon sequestration in Latin America. In: Lal, R., C.C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers, and E. Cerri (Eds.) *Carbon sequestration in soils of Latin America*. Haworth Press, Inc. USA. pp. 49-64.
- Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon Budget. *Environment International* 29: 437-450. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7)
- Rosegrant, M.W. 2010. The agri-food sector facing climate change: Future sustainability. *Foro Global Alimentario. Mercados, Sustentabilidad y Futuro: oportunidades en el agro*. Mexico, 2 y 3 de septiembre
- Wang Q., L. Zhang, L. Lia, Y. Bai, J. Cao, and X. Han. 2009. Changes in carbon and nitrogen of Chernozem soil along a cultivation chronosequence in a semi-arid grassland. *European Journal of Soil Science* 60: 916–923 doi: 10.1111/j.1365-2389.2009.01174.x





## EFICIENCIA DE LA SEMILLA *Moringa oleifera* COMO TRATAMIENTO ALTERNO PARA AGUAS RESIDUALES URBANAS

Miguel Ángel López Ramírez<sup>289\*</sup>, Mario Rafael Aguilar Rodríguez<sup>289</sup>, Edwin Daniel Méndez Cruz<sup>289</sup>, Leonides Sánchez Mota<sup>289</sup> y Rigo Adalberto Ruíz Alberto<sup>1289</sup>

### Resumen

El crecimiento demográfico exponencial y la generación respecto a los volúmenes de aguas residuales ha aumentado en los últimos años particularmente en las zonas urbanas, debido a esto se ha provocado un mal manejo en el tratamiento de estas aguas, sobre todo en los procesos unitarios a los que son sometidos están provocando serias alteraciones ambientales por la generación de los subproductos obtenidos. La coagulación es el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua. Su aplicación incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodo tóxicos y el hecho de que afectan el pH del agua tratada debido a que este tipo de coagulantes tienen una mayor eficacia en medios ácidos. Por lo expuesto anteriormente, se hace necesario la búsqueda de alternativas que incluyan la utilización de coagulantes de origen vegetal, entre otras. Este trabajo se evaluó la factibilidad del uso de coagulantes naturales como *Moringa* en el tratamiento de aguas residuales urbanas. Se realizaron pruebas experimentales en concentraciones de 300 mg/L, 600 mg/L y 900 mg/L de *Moringa Oleifera* y sulfato de hierro en agua residual urbana a 120 rpm durante 5 min e inmediatamente se redujo a 60 rpm durante 10 minutos, utilizando un tiempo de reposo de una hora. Se analizaron los resultados y se obtuvieron reducciones de turbidez cercanos al 70% de eficiencia utilizando una concentración de 300 mg/L de *Moringa Oleifera*

---

<sup>289</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ave. Ignacio de la Llave, 182 Col. Centro, Martínez de la Torre, Ver. C.P. 93600 Tel. 232-37-35-240. e-mail: malopez@tecmartinez.edu.mx



superiores al 31% alcanzado con 600 mg/L de sulfato de hierro. Respecto al pH el tratamiento con el coagulante natural no necesita amortiguamiento previo y posterior debido a su potencial de ionización, además de que no presenta cambios en la conductividad del agua debido a no contener iones metálicos como los coagulantes químicos.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera*, tratamiento de aguas residuales, turbidez

## Introducción

La calidad del agua es una preocupación creciente en todas partes del mundo en vía de desarrollo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la salud de niños y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones. (UNICEF, 2014)

Los recursos hídricos del planeta están sometidos a contaminación física, química y/o biológica. El avance de la actividad humana (industria, agricultura, ganadería, entre otras), el crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades y la falta de medidas y programas para dar respuesta a dichos cambios, genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación. Debido a esto las medidas que se deben tomar para descontaminar los efluentes debe ser cada vez más urgente, siendo necesario la búsqueda de nuevas alternativas basadas en investigaciones sobre diferentes sistemas de tratamiento de aguas que faciliten una mejor calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos (Sánchez *et al*, 2011). Como se puede observar en el Cuadro 1 se muestran los contaminantes típicos en las aguas residuales.



### Cuadro 1. Contaminantes del agua.

Clase	Ejemplos
Sólidos suspendidos	Materiales coloidales, polvo, óxidos de metales insolubles, e hidróxidos.
Orgánicos disueltos	Químicos orgánicos sintéticos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.
Iónicos disueltos (sales)	Metales pesados, sílice, arsénico, nitrato, cloruros, carbonatos.
Microorganismos	Bacterias, virus, quistes protozoarios, hongos, algas, células de levadura.
Gases	Sulfuro de hidrógeno, metano, radón, bióxido de carbono.

Como alternativa, los países en vías de desarrollo, han adaptado una serie de tecnologías tradicionales para eliminar la turbidez del agua en el ámbito doméstico. De ellas la más estudiada es la utilización de extractos naturales de plantas para la clarificación del agua cruda mediante procesos de coagulación (Dorea, 2006).

La coagulación es una etapa crítica del proceso de potabilización del agua, y solo puede conseguirse mediante la adición de un agente coagulante, capaz de neutralizar las cargas electroestáticas de los coloidales suspendidos en el agua, permitiendo su aglomeración hasta formar macropartículas de fácil sedimentación. En la actualidad, los coagulantes más usados son las sales minerales de hierro y aluminio; no obstante, estos compuestos químicos son arrastrados durante la sedimentación de los lodos, lo cual se convierte en un problema ambiental, ya que en altas dosis pueden llegar a ser tóxicos. Además, al ser productos especializados y de alta demanda comercial poseen un precio considerable (Villanoba *et al.*, 2013).

Yin *et al.* (2009) menciona que los floculantes son los materiales que son utilizados en las rápidas separaciones sólido-líquido por un proceso de agregación de partículas coloidales, el proceso es denominado floculación. Los floculantes usados en tratamiento de aguas pueden ser clasificados en tres grupos: floculantes inorgánicos tales como el aluminio, floculantes férricos o poli cloruro de aluminio; y floculantes orgánicos sintéticos, tales como derivados de poliacrilamida

Como alternativa a estos agentes químicos, al inicio de los años setenta, en varios países latinoamericanos se propuso utilizar coagulantes naturales extraídos de especies vegetales o animales nativos (Antov *et al.*, 2010; Beltrán *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 1999; Patel y Vashi, 2012; Šciban *et al.*, 2009). Los polímeros naturales se producen



de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y plantas. Poseen una compleja estructura química, por lo general están constituidos por varios tipos de polisacáridos y proteínas. Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes y en muchos lugares son utilizados en forma empírica por los nativos para aclarar el agua turbia con muy buenos resultados (Vásquez, 1994). Entre el grupo de sustancias conocidas que poseen estas propiedades aglomerantes se encuentran algunos compuestos orgánicos de origen vegetal, los cuales pueden obtenerse del tallo o las semillas de una enorme variedad de plantas como la *Moringa Oleifera*, el frijol, el maíz entre otros.

Varios factores que influyen en la estabilidad coloidal fueron delineados por unión polimérica, estabilización estérica, fenómenos de hidratación, y efectos temporales. En términos de estabilidad termodinámica, la coagulación depende de varios factores, tales como el pH, temperatura, velocidad de corte y concentraciones relativas de coagulante, ayuda de coagulante, y floculante (Norde, 2011).

Investigaciones realizadas para agua cruda de los ríos Kadahokwa y Rwamamba, localizados en el sector Tumba, distrito de Huye, provincia del sur de Ruanda, reportaron reducciones del 95%, 99%, y 99,8% para turbidez de 50, 250 y 450 NTU, respectivamente. También se encontraron reducciones de color por encima del 90% para las muestras tomadas (Nkurunziza *et al.*, 2009). Resultados similares fueron hallados para agua cruda de un arroyo turbio, en Malasia, en una planta a escala piloto, utilizando la *Moringa Oleifera* como coagulante, y se lograron reducciones de turbiedades entre 21 y 202 NTU a valores entre 1,9 y 4,3 UNT (Muyibi y Alfugara, 2003)

Debido a lo anterior, en esta investigación se pretende evaluar la disminución de parámetros contaminantes ocupando la *Moringa Oleifera* como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales, respecto al uso de coagulantes de sal férrea.





## Materiales y métodos

**Lugar de estudio.** Martínez de la Torre Veracruz, ubicado entre los paralelos 19° 58' y 20° 17' de latitud norte; los meridianos 96° 56' y 97° 10' de longitud oeste; altitud entre 10 y 400 m, limitando al norte con los municipios de Papantla, Tecolutla y San Rafael; al este con los municipios de San Rafael y Misantla; al sur con los municipios de Misantla, Atzalan y Tlapacoyan; al oeste con el municipio de Tlapacoyan, el estado de Puebla (INEGI, 2016).

Se realizó un muestreo (ver Figura 1) que abarcó desde febrero 2019 hasta mayo 2019 contemplando la época de secas de la región en río Filobobos ubicado a un costado de Martínez de la Torre para la caracterización de las aguas residuales.



**Figura 1. Punto de descarga del agua residual urbana en el río Filobobos.**

## Experimentación

Se realizaron las experimentaciones a nivel laboratorio en el Laboratorio de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

Se realizó la prueba de jarras por triplicado con el equipo marca Griffin probando distintas proporciones (30%, 60% y 90% m/v) de los coagulantes *Moringa oleifera* y Sulfato de Hierro en un tiempo de 15 minutos, distribuidos en 5 minutos a una velocidad de 120 rpm y el resto a 60 rpm, para el crecimiento de flósculos en muestras a 1 L.



Después de los resultados obtenidos se procedió a realizar la medición de parámetros como pH y conductividad con un multiparámetro marca Conductronic y medición de turbidez con el equipo Hatch 2100AN.

**Obtención del coagulante natural.** Se obtuvieron las semillas de *Moringa oleifera* las cuales fueron secadas mediante un horno de secado de convección forzada marca OVEN durante 48 horas a peso constante, se retiró la cáscara y posteriormente se trituró de manera manual usando un mortero de porcelana y tamizado a 1 mm.

Para los resultados de experimentación se realizaron pruebas de medias con un 95% grado de confianza mediante el método de Fisher.

## Resultados y discusión

De acuerdo a los muestreos realizados durante los meses de febrero 2019 a mayo 2019 las pruebas realizadas para la caracterización de las aguas residuales arrojaron los siguientes resultados:

pH: Valor Mínimo: 7.6; Valor máximo: 7.9; Promedio: 7.7

Conductividad (ms/cm): Valor Mínimo: 551; Valor máximo: 736; Promedio: 661.16

Turbidez (NTU): Valor Mínimo: 5; Valor máximo: 14; Promedio: 7.83

Posteriormente se procedió a realizar los tratamientos de coagulación-floculación con el sulfato de hierro a distintas proporciones (30%, 60% y 90% m/v) amortiguando el pH a 3, debido a que las sales férricas tienen mayor eficiencia en medios ácidos. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.



**Cuadro 2. Resultados del tratamiento de las aguas residuales urbanas con sulfato de hierro.**

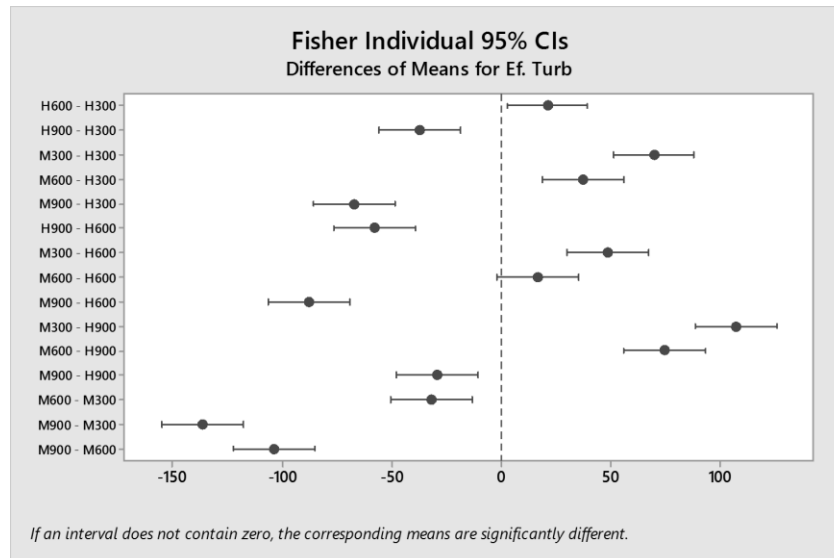
Tratamiento	Concentración (mg/L)	pH antes	pH después	Conductividad antes (mS/cm)	Conductividad después (mS/cm)	Remoción turbidez (%)
Sulfato de hierro	300	3	2.90	604	1242	1.87
	300	3	3.00	610	1557	3.79
	300	3	2.80	608	1378	1.89
	600	3	2.6	591	1551	23.44
	600	3	2.3	589	1138	31.90
	600	3	3.1	593	1325	14.53
	900	3	3.1	591	1514	-36.75
	900	3	3.1	606	1425	-29.88
	900	3	3.1	600	1448	-38.18

Consecutivamente se realizaron las experimentaciones con *Moringa oleifera* conservando el pH característico del agua residual, alcanzando los siguientes valores mostrados en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Resultados del tratamiento de las aguas residuales urbanas con *Moringa oleifera*.**

Tratamiento	Concentración (mg/L)	pH antes	pH después	Conductividad antes (mS/cm)	Conductividad después (mS/cm)	Remoción turbidez (%)
<i>Moringa oleifera</i>	300	7.6	7.3	642	651	69.23
	300	7.6	7.6	642	642	69.61
	300	7.6	7.5	648	659	76.68
	600	7.7	7.7	702	731	28.79
	600	7.7	7.3	697	702	58.70
	600	7.7	7.1	700	704	31.44
	900	7.7	7.1	691	714	-45.80
	900	7.7	7.3	693	708	-74.79
	900	7.6	7.4	693	714	-73.30

De acuerdo al análisis estadístico de prueba de medias por método de Fisher al 95% de confiabilidad (Figura 2) se concluye que las pruebas realizadas las concentraciones a 600 mg/L presentan la misma eficacia, por lo tanto, la mayor eficiencia del coagulante férrico es estadísticamente igual a la segunda mejor concentración obtenida con el polvo de *Moringa oleifera*.



**Figura 2. Tabla comparativa de medias por método de Fisher de acuerdo a los tratamientos.**

Melo y Turriago, (2012) estudiaron la efectividad coagulante de la moringa como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales de su región. Para ello, manejaron dosificaciones de 300 mg/L del coagulante para las muestras de agua tomadas obteniendo resultados del 84.30% de remoción de turbidez como resultados máximos, en el presente trabajo se realizó a distintas concentraciones obteniendo como mejor tratamiento el de la dosis de 300 mg/L mismo utilizado por Melo y Turriago, debido a la facilidad de disolución del soluto en el solvente a temperatura ambiente.

Sandoval y Laines, (2013) compararon en su investigación la eficiencia de coagulación entre tres tipos de soluciones obtenidas de las semillas de *Moringa Oleifera* y el sulfato de aluminio, obteniendo que los tratamientos con Moringa no cambiaron las propiedades químicas del agua tratada, lo cual en dicho trabajo se confirma, ya que dicho soluto no cambió las propiedades de conductividad y pH durante la experimentación.





## Conclusiones

Algunas ventajas del uso de la *Moringa oleifera* en comparación con el Sulfato de Hierro ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) son:

1. Bajos requerimientos en la dosis del coagulante y volumen reducido en producción de lodo.
2. Todos los extractos, de origen vegetal, ensayados y reportados por la literatura son eficientes en la remoción de turbidez del agua, comparados con los coagulantes anhidros.
3. Los lodos producidos en el tratamiento de aguas crudas reportados por la literatura son biodegradables.
4. La eficiencia del uso de *Moringa oleifera* reportada en este trabajo es superior a la sal anhidra además de una menor dosificación.
5. La *Moringa oleifera* no afecta los parámetros como son pH y conductividad por lo que no se necesita un tratamiento posterior que los modifique.

## Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México por el apoyo al proyecto financiado con la clave de registro 6914.19-P.

## Literatura citada

- Antov, M., M. Šciban, y Petrovic, N. 2010. Proteins from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal. *Bioresource Technology*, 101: 2167-2172.
- Beltrán H., J., J. Sánchez M., y M. C. Gómez M. 2010. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimization studies. *Chemical Engineering Journal*, 162: 1019-1025.



- Cartwright, P. 2009. Tratamiento y Reuso del Agua en Aplicaciones Comerciales /Industriales. *Agua Latioamérica*, 9(1):20-24.
- Díaz, A., N. Rincón, A. Escorihuela, N. Fernández, E. Chacín, y C. Forster. 1999. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *Process Biochemistry*, 35: 391-395.
- Dorea, C. 2006. Use of *Moringa* spp.seeds for coagulation: a review of a sustainable option. *Water Science*, 6(1): 219-227.
- Instituto nacional de estadística y geografía. INEGI. 2016. Cuadernillos municipales, Martínez de la Torre, Veracruz.
- Melo G, y Turriago F. 2012. Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de *Moringa oleifera* como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño Cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia Villavicencio. Colombia. 60 p.
- Muyibi, S. A. y Alfugara, A. (2003). Treatment of surface water with *Moringa Oleifera* seed extract and alum-a comparative study using a pilot scale water treatment plant. *International Journal of Environmental Studies*, 60(6), 617-626.
- Nkurunziza, T.; B. Nduwayezu, J.; N. Banadda, E. y I. Nhapi, 2009. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Science and Technology*, 59, 1551-1558
- Norde, W. 2011 *Colloids and Interfaces in Life Sciences and Bionanotechnology*, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Patel, H; Vashi, R. T. 2012. Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants. *Journal of Saudi Chemical Society*, 16: 131-136.
- Sánchez, J., J. Beltran, C. Carmona y P. Gibello. 2011. Absorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas. *Cuides, Universidad de Extremadura*, 7: 125-139
- Sandoval M, y Laines J. 2013. *Moringa oleifera* una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería, Rev. Académica de la FI-UADY*, 17(2): 93-101.



- Šciban, M., M. Klašnja, M. Antov y B. Škrbic, 2009. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. *Bioresource Technology*, 100: 6639 - 6643.
- UNICEF. 2014. Agua, saneamiento e higiene. [http://www.unicef.org/spanish/wash/index\\_43106.html](http://www.unicef.org/spanish/wash/index_43106.html). [Consultado el 10 de julio de 2019]
- Vásquez, O. 1994. Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 57 p.
- Villanoba, A., I. Paz, y I. Martínez. 2013. Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 15:137-144.
- Yin, Y., L You., F. Lu, D. Li y Z. Qiao. 2009. Preparation and flocculation properties of cationic starch/chitosan crosslinking-copolymer. *Journal of Hazardous Materials*, 172:38-45.



## CUANTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO PARA OBTENER ETANOL DE PRIMERA Y SEGUNDA GENERACIÓN

Marco Antonio Reynolds Chávez<sup>290\*</sup>, Sergio Uribe Gómez<sup>290</sup> y Juan Antonio López López<sup>291</sup>

### Resumen

El rápido crecimiento de la población mundial y el creciente consumo de combustibles están aumentando la demanda de alimentos y la búsqueda de alternativas de energías limpias. La situación actual de producción, el aumento en los precios del petróleo, la contaminación ambiental, el cambio climático y la condición de las reservas mundiales de este recurso no renovable, está llevando a algunos países a desarrollar fuertes programas de producción de combustibles alternativos al combustible fósil, a partir de cultivos energéticos, entre otras opciones tecnológicas. El uso de cultivos energéticos tiene ventajas en la generación de ingresos, creación de empleo y permite una alternativa para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Por el contrario, la producción de cultivos energéticos también tiene efectos negativos, particularmente en los consumidores de alimentos y en los mercados agrícolas. La producción de biocombustibles requiere recursos que también pueden utilizarse para la producción de alimentos, como la tierra, el agua, mano de obra, energía electromecánica y otros recursos que se asignan en dicha producción, de los cuales existe muy poca información veraz documentada. Las demandas adicionales de producción de energía pueden causar que los precios de los productos agrícolas presenten una tendencia al alza y la estructura del sector agrícola pueda cambiar. Por lo tanto, el desarrollo y aumento de la producción de biocombustibles requiere un plan cuidadoso que aborde los impactos más amplios de la producción y analice los recursos requeridos para producir cultivos utilizados como alimentos y

---

<sup>290</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CE-Cotaxtla, correo: muchachoc@hotmail.com

<sup>291</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Maquinaria Agrícola.





combustibles y la cantidad de energía requerida en comparación con la energía producida. El objetivo de la presente investigación fue la cuantificación energética de las actividades agrícolas y culturales requeridas para la producción sorgo dulce, utilizado como materia prima para la obtención de etanol de primera y segunda generación (entrada). Así mismo, compararla con la energía obtenida como biocombustible y la reportada en literatura (salida), lo que determinará la factibilidad y viabilidad para elaborar planes de adopción y desarrollo. Los resultados muestran un rendimiento en fresco de 29.50 ton/ha (primera generación) y 8.55 ton/ha de residuos (segunda generación) con un requerimiento total de 14 696 Mj/ha.

**Palabras clave:** cultivos energéticos, balance de energía, producción de bioetanol

## Introducción

El rápido crecimiento de la población mundial y el creciente consumo de combustibles están aumentando la demanda de alimentos y biocombustibles. A nivel mundial, aproximadamente el 90% de la energía consumida proviene de fuentes no renovables, ocasionando que los recursos fósiles se estén agotando aceleradamente y su tasa de disminución sea cada vez mayor (Gutiérrez, 2016). La situación actual de producción, el aumento en los precios del petróleo, la contaminación ambiental, el cambio climático y la condición de las reservas mundiales de este recurso no renovable, está llevando a algunos países a desarrollar fuertes programas de producción de combustibles alternativos a partir de cultivos energéticos, entre otras opciones tecnológicas. No obstante, ese esfuerzo de investigación, sólo se ha llegado a producir una cantidad de energía renovable que sustituye, aproximadamente el 12.9% de la energía mundial total consumida y presentada en el informe sobre cambio climático (IPCC, 2012); este último porcentaje fue desglosado en: biomasa o energía generada con elementos



orgánicos derivados de cultivos (10,2%); hidráulica (2,3%); energía eólica (0,2%); geotérmica y solar (0,2%).

En México, sólo 9.5% de la oferta total de energía es renovable, mientras que en Brasil 38.7% de su energía es de fuentes renovables. Además, habría que aclarar que la poca energía renovable que se produce en México, a diferencia de Brasil, es fundamentalmente hidráulica, solar y eólica, y se utiliza un mínimo porcentaje no cuantificado de producción comercial de biocombustibles a partir de cultivos agrícolas o forestales (BID, 2006). La producción de biocombustibles forma parte de una estrategia competitiva dentro del mercado agrícola internacional. El énfasis en los biocombustibles se ha desarrollado a nivel mundial, incluidos los cultivos como el maíz, la caña de azúcar y el sorgo, considerados por algunos investigadores como fuentes de energía renovables. La madera y los residuos de cultivos también se utilizan como combustible (García, 2017). Aunque puede parecer beneficioso utilizar materiales vegetales renovables para biocombustibles, el uso de residuos de cultivos y otra biomasa plantean inquietudes sobre los principales impactos ambientales (Pimentel, 2006).

La poca unidad en la aceptación de los biocombustibles con origen en alimentos como el maíz, obliga a la sociedad a analizar las distintas opciones para obtener energía alternativa. Otra opción son los residuos agrícolas, los cuales son atractivos debido a sus costos bajos y abundancia (Sarkar *et al.*, 2012); Demirbas (2011), BNDES – CGEE (2008) estudiaron el uso de biocombustibles como una fuente de energía renovable producida con materiales naturales con contenido de azúcar o almidón que se pueda convertir en bioetanol e incluso como lo indican (Zamora *et al.*, 2014) se busca generar etanol a partir de productos como la piña, la manzana y la uva. El uso de alimentos básicos como la caña de azúcar y el maíz para producir bioetanol genera controversia. La integración del concepto de sostenibilidad en el diseño de la cadena de suministro de biocombustibles apenas comienza (Tapia, *et al.*, 2015). La producción de biocombustibles registra un conflicto con la producción de alimentos (Peters y Thielmann, 2008). Algunos estudios muestran una relación entre el aumento en los precios de los alimentos y la producción de biocombustibles (Ewing y Msangi, 2009). Hay evidencia que la inestabilidad en el mercado de energía



es transferida al mercado de alimentos desde el año 2000 cuando la Revista Internacional Administración & Finanzas, publicó que surge la industria de los biocombustibles (Serra y Zilberman, 2013). Este aspecto lo registra (Babel *et al.* 2011) cuando establece la existencia de una relación entre la energía y los precios de los alimentos.

La crisis energética ha generado un descenso en la demanda alimentaria (Vásquez y Montesinos, 2007), por lo que para implementar políticas encaminadas a lograr un desarrollo sostenible resulta de vital importancia la integración de los conceptos de alimentación y energía. La necesidad actual de tener una agricultura totalmente moderna y sostenible, ha conllevado a la mecanización como estrategia para aumentar la superficie cultivable contribuyendo al incremento de los rendimientos. La mayoría de los agricultores gasta más en el consumo de combustible para sus prácticas agrícolas que los costos utilizados para insumos como fertilizantes, semillas o agroquímicos (Dros, 2004 y citado por Ruiz, *et al.*, 2009). El uso de la biomasa como potencial para la producción de energía es un aspecto que es necesario profundizar debido a las diferentes fuentes energéticas, la composición de estas fuentes y el potencial energético (Gimel G., 2009; CEPAL, 2010; CEPAL, 2011). La evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y mención de las cantidades de energía en la producción de un determinado bien. Cada uno de los procesos presenta una serie de exigencias, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso (Paneque *et al.*, 2002). El combustible que se consume al realizar una determinada labor de cultivo depende de una serie de variables entre las que podemos destacar el tipo de suelo y su estado o condición en el momento de ser labrado, la potencia del tractor, el apero utilizado y la profundidad en que trabaja (Aliega, 2012).

Por lo anterior descrito, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la cuantificación de energía requerida o consumida, para la producción de materia prima del cultivo de sorgo dulce, con la finalidad de obtener etanol de primera y segunda generación. La evaluación se desarrolló en cada uno de los procesos de producción para el cultivo de sorgo dulce, con una descripción de los recursos y actividades que intervienen en dicha producción.



## Materiales y métodos

**Localización y característica del sitio.** La investigación fue desarrollada en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Medellín de Bravo; Veracruz, México. Los estudios fueron llevados a cabo en un agro sistema con un sitio productivo localizado en las coordenadas geográficas ( $18^{\circ} 56' 24''$  N y  $96^{\circ} 11' 52''$  W), utilizando una superficie de una hectárea para el establecimiento de sorgo dulce. El suelo fue clasificado como franco según la clasificación textural de suelos (USDA, 2014), con 37.20% de arena, 24.80% de arcilla y 38% de limo. Este suelo fue seleccionado estratégicamente, debido a que registró valores de compactación o impedancia mecánica superiores a 3 Mpa, a partir de una profundidad entre 0.10 y 0.15 metros. La humedad del suelo al momento de la labor fue de 11.98%, 13.96% y 16.26% para las capas del suelo a una profundidad de 0.10, 0.20 y 0.30 metros, respectivamente.

**Descripción de la evaluación.** El estudio consistió en cuantificar la energía requerida o consumida en Mj/ha (*entrada*) de las labores agrícolas mecanizadas (máquina) y manuales (hombre) realizadas para la producción de materia prima del cultivo sorgo dulce para la obtención de etanol de primera y segunda generación, y compararla con la energía producida (*salida*). Para la cuantificación energética de las actividades agrícolas, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones establecidas durante el ciclo primavera/verano 2018. El tamaño de la parcela experimental para el sitio fue de 2500 m<sup>2</sup> con cuatro unidades experimentales y una superficie total de 10,000 m<sup>2</sup>. Las tecnologías diferenciadas utilizadas fueron para la preparación primaria del suelo T1: Labranza vertical (LV) con arado de cinceles y T2: Labranza convencional (LC) con arado de discos. El resto de las actividades y labores culturales fueron las mismas para la producción de sorgo. Se utilizó una sola dosis de fertilización en dos aplicaciones: la primera aplicación al momento de la siembra fue de 150 kg de Nitrógeno (Urea), 100 kg de Fósforo (Dap) y 50 kg de Cloruro de Potasio (Kcl) y para la segunda fertilización a los 28 días





después de la siembra se utilizaron 200 kg de Nitrógeno. Así mismo, fueron aplicados cuatro riegos auxiliares con sistema de riego rodado (por gravedad), con un caudal de 11 litros por segundo durante un total de 108 horas. El criterio de momento de riego utilizado, fue cuando la planta manifestaba deficiencia hídrica. La semilla utilizada para la siembra de sorgo dulce, fue el material Rb-Cañero con una dosis de 225,000 semillas por hectárea, material que pertenece al INIFAP.

Para el cálculo de la biomasa en fresco, se tomaron al azar ocho repeticiones por cada tratamiento en cada uno de los cultivos, el cual consistió en un surco con 10 metros de longitud y contabilizando el número de plantas. Posteriormente se calculó su peso. Finalmente se estimó el peso de grano obtenido de la panoja por hectárea y las hojas, procediendo al secado de la muestra en estufa a 50 °C durante tres días para calcular el porcentaje de materia seca.

**Maquinaria, implementos y equipos utilizados.** Para la cuantificación energética de las labores agrícolas se registró la ficha técnica de la maquinaria e implementos utilizados. En el Cuadro 1, se enlista en orden cronológico las labores, equipo utilizado, potencia, anchos y profundidades de trabajo utilizadas en la evaluación. Para el cálculo de balance energético se utilizó el procedimiento propuesto por Bowers (1992), método similar también propuesto por Bridges y Smith (1979), descrito por Hetz y Barrios (1997) y apoyado con anterioridad por ASAE (1993); Doering (1980); Fluck (1992) y Stout (1990), y evaluado por Ruiz *et al.*, (2009); en el cual se calcula la energía total consumida (MJ/ha), teniendo en cuenta las energías de uso directo e indirecto.



**Cuadro 1. Descripción técnica para las operaciones agrícolas y labores culturales para la producción de materia prima de sorgo. La Fuente de origen 2018: información obtenida por el autor de las fichas técnicas presentadas por el fabricante.**

Actividades agrícolas o labores culturales	Maquinaria e implemento agrícola	<sup>1</sup> Potencia, <sup>2</sup> Ancho de trabajo <sup>3</sup> profundidad de trabajo	Datos técnicos
Fuente motriz	Tractor	<sup>1</sup> 84 hp	Cuatro cilindros y masa de 3247 kg OCIMA NMX-0-207-SCFI-2004
Chapeo	Desvaradora	<sup>2</sup> 2.10 m	De cama plana
Arado	Arado de cinceles	<sup>2</sup> 1.80 m y <sup>3</sup> 0.30 m	Tres cinceles rígidos semi-rectos someros y dos cinceles profundos con aletas
	Arado de discos	<sup>2</sup> 0.70 m y <sup>3</sup> 0.20 m	Reversible de tres discos
Rastreo cruzado	Rastra de tiro	<sup>2</sup> 3.60 m	Con 32 discos y con masa de 2182 kg
Trazado de surco	Surcadora	<sup>2</sup> 1.60 m	De tres unidades con masa de 145 kg espaciadas a 0.80 m
Siembra-fertilización	Sembradora para sorgo	<sup>2</sup> 2.40 m	De semi-precisión con cuatro unidades de siembra a 0.80 m entre surco
Bordes para riego	Bordero	<sup>2</sup> 0.80 m	De surco simple y con cuatro discos
Riego	Bomba y motor con regaderas por gravedad	29.84 kW/h con caudal de 11 Lps	Motor trifásico
Aplicación de agroquímicos	Aspersora	<sup>2</sup> 10 m	Tipo aguilón
Cultivo doble	Cultivadora	<sup>2</sup> 0.80 m	Con tres rejas de 0.35 m
Atierra	Cultivadora	<sup>2</sup> 0.80 m	Con tres rejas 0.45 m
cosecha	Manual/Energía	Na	Un jornal de 8 horas

En el caso propio de esta investigación, solo se cuantificó la energía directa consumida (*Edc*) por cada operación agrícola en litros por hectárea, la medición se realizó por el método del tanque lleno, el cual esta soportado como una prueba válida y aceptada por el NTTL (Nebraska Tractor Test Lab) y referida a la (OECD, 2016). Por lo anterior descrito se contabilizaron cada una de las labores como se describe a continuación:

1. Energía directa (*Ed*) incluye aquella que está asociada al consumo de combustible, y mano de obra empleada en diferentes labores:

a) Energía asociada al consumo de combustible (*Edc*) (MJ/ha)



$$E_{dc} = Cc E_{eg} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

$Cc$ , es el consumo de combustible (L/ha)

$E_{eg}$ , es el equivalente energético del gasóleo (41 MJ/L)

b) Energía asociada al consumo de electricidad ( $E_{de}$ ) (MJ/ha)

$$E_{de} = Cc E_{eg} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

$Cc$ , es el consumo de electricidad (Kw h/ha)

$E_{eg}$ , es el equivalente energético de la electricidad (11,93MJ Kw/h)

c) Energía asociada con la mano de obra empleada ( $E_{dh}$ ) (MJ/ha)

$$E_{dh} = E_h nob / Ctob$$

(3)

Donde:

$E_h$ , es el equivalente energético del trabajo humano (1,96 para el hombre)

$Nob$ , es la cantidad de obreros que participan en una determinada labor y  $Ctob$ , es la capacidad de trabajo de los obreros agrícolas ha h<sup>-1</sup>.

## Resultados y discusión

Los valores determinados de la cuantificación energética para labores realizadas con maquinaria e implementos agrícolas, así como labores manuales para la producción de sorgo dulce están descritos en el Cuadro 2. En los resultados, se observa que la preparación de la cama de raíces (arado), muestra un ahorro significativo en consumo de combustible de al menos 22 % y de un 50 % de ahorro en tiempo efectivo de operación por hectárea al utilizar labranza vertical con respecto a la labranza convencional aplicada con discos. Estos valores coinciden con lo descrito por (Hesel y Oguntunde, 1985) y (Reynolds y López, 2018), al realizar una evaluación similar. En este resultado obtenido, es importante señalar que la



profundidad de los discos solo alcanzó los 0.20 metros de labor dado que el suelo presentaba capas compactas y no pudo penetrar a la profundidad deseada. Por otra parte, la labranza con cinceles obtuvo una profundidad de 0.30 metros. Otra comparación del uso de labranzas profundas, es la diferencia que existe en la preparación de la cama de semillas (rastra) donde se observó un ahorro de combustible de aproximadamente un 6 % al realizar esta labor donde se utilizó previamente arado de cinceles en comparación con arado de discos. Datos similares fueron presentados por Ruiz *et al.*, (2009) en la cuantificación del balance energético en labores agrícolas.

**Cuadro 2. Valores energéticos de energía consumida para la producción de materia prima en sorgo.**

Actividad agrícola	Consumo de combustible	Consumo de energía	Tiempo de operación
	(L/ha)	(Mj/ha)	(h/ha)
<sup>1</sup> Chapeo	9.26	380	2.08
<sup>1</sup> Arado de cincel (Ac)	17.0	697	2.11
<sup>1</sup> Arado de disco (Ad)	22.0	90	4.24
<sup>1</sup> Rastra después de Ac	23.5	964	1.47
<sup>1</sup> Rastra después de Ad	25.0	1025	1.56
<sup>1</sup> Surcado	4.2	172	0.48
<sup>1</sup> Siembra y fertilización	3.0	123	1.09
<sup>1</sup> Aspersor de aguilón*	1.4	57	0.28
<sup>1</sup> Cultivada (deshierbe)	6.0	246	1.97
<sup>1</sup> Aspersor de aguilón**	1.4	57	0.28
<sup>1</sup> Fertilización 2da. Aplicación	6.0	246	1.20
<sup>1</sup> Atierra	4.2	172	0.70
<sup>1</sup> Aspersor de aguilón**	1.4	57	0.28
<sup>2</sup> Cosecha de sorgo	Na	470	240
<b>Total con labranza vertical</b>	<b>77.36</b>	<b>3641</b>	<b>251.94</b>
<b>Total con labranza convenc.</b>	<b>83.86</b>	<b>3907</b>	<b>254.16</b>

<sup>1</sup> Labores agrícolas mecanizadas (maquinaria). <sup>2</sup> Labores agrícolas manuales (horas/hombre) \* aplicación de control de malezas \*\* aplicación de plagas y enfermedades \*\*

El total de energía consumida en labores mecanizadas para el cultivo de sorgo dulce fue de aproximadamente un 87 % del total empleado y el porcentaje restante fue para las labores realizadas por el hombre, lo que muestra la alta dependencia de la mecanización para la producción de los cultivos. Otro parámetro importante, fue el





resultado obtenido de la cuantificación de energía consumida para la aplicación de cinco riegos auxiliares con un total de 108 horas de riego con equipo de bombeo y un caudal de 11 Lps, donde se utilizaron 10,789 MJ/ha para la producción de materia prima del cultivo sorgo.

**Cuadro 3. Concentrado de parámetros de balance energético para la producción de materia prima para la producción de etanol de primera y segunda generación.**

Cultivos Energéticos	Energía consumida (MJ/ha)	Consumo de agua (L/ha )	Rend. 1ra. generación (t/ha)	Rend. 2da. generación (t/ha)
Sorgo LV	14,430a	4,276,800*	33.62a	4.43a
Sorgo LC	14,696a	4,276,800*	33.10a	4.23a

Valores con diferente literal presentan una diferencia estadística significativa entre los sistemas de preparación primaria del suelo, Tukey ( $P \leq 0.5$ ). \*Se aplicó el mismo volumen de agua.

En el Cuadro 3 se muestran los valores, en donde se precisa el tipo de cultivo con la labranza utilizada, la aplicación uniforme del riego, el consumo energético de las labores agrícolas y los rendimientos obtenidos como materia prima para la producción de etanol de primera y segunda generación. Así mismo, los resultados muestran que no existe diferencia estadística significativa en las variables observadas en los sistemas de labranza aplicados, al comparar los parámetros de energía y rendimiento considerando un valor nominal de significancia del 5% con la prueba de Tukey. En la producción de sorgo con (LC) se observa que se requiere de 129 litros de agua para producir un kilogramo de materia en verde de sorgo (tallo) y de una tonelada en verde para producir 80 litros de etanol (información de producción de la planta piloto de la UNIDA del Instituto Tecnológico de Veracruz, 2018) para primera generación. Para el caso de etanol de segunda generación se requiere de una tonelada de materia seca o residuos para producir 250 litros de etanol (información de producción de la planta piloto de la UNIDA del Instituto Tecnológico de Veracruz, 2018) en las condiciones descritas en esta evaluación. Esta situación genera controversia ya que la producción de biocombustibles también puede afectar significativamente los recursos hídricos como resultado del cambio de uso de la tierra, lo que puede afectar la escorrentía del agua, la recarga de agua



subterránea, la disponibilidad de agua y el clima local al alterar los niveles de evapotranspiración de la tierra (Calder, 1998).

La producción de etanol registró 2648 litros para primera generación y 1057.5 litros para segunda generación. Nuestro análisis apunta hacia un uso más eficiente energéticamente de las tierras de cultivo para alimentos que para la producción de combustible y grandes diferencias en las eficiencias atribuibles a la gestión, lo que sugiere múltiples oportunidades de mejora.

## Conclusiones

1. Los resultados mostraron que el uso de labranza primaria vertical utilizado para la preparación del suelo, fue el sistema más eficiente en energía para la producción de alimento o biocombustible. Se observó un ahorro de al menos 15 % en consumo de combustible y un 55 % en el tiempo efectivo de operación en comparación con el sistema convencional de arado de disco.
2. Las labores agrícolas y culturales para la producción de los cultivos deben realizarse de una manera eficiente por lo que es necesario conocer el estado natural del suelo y sus condiciones, realizando un análisis del suelo previo al establecimiento.
3. En la actualidad en la región sureste de México, el limitado nivel técnico de los sistemas de riego y su baja eficiencia ocasiona un elevado consumo de agua utilizado en la producción de materia prima para la generación de bioetanol de primera generación, lo que genera controversia para los tomadores de decisión ya que ecológica y socialmente no es factible.
4. El costo de producir biocombustibles de primera generación a partir de cultivos como el sorgo aún es muy alto, dado el volumen de agua que requiere. Primero debe formularse una política para el uso consuntivo y no consuntivo del agua.
5. Los recientes logros alcanzados en los rendimientos de algunos cultivos como el sorgo no son suficientes en comparación con el alto consumo de energía y el volumen de agua requerido.



6. El uso de residuos o derivados de cultivos se presenta como una alternativa viable para la producción de etanol de segunda generación, por lo que deberá estimarse el potencial de producción e iniciar con casos piloto para su puesta en operación.

### Literatura citada

- Aliega, M. 2012. Balance energético de tres unidades productoras de caña de azúcar de la UEB atención a los productores "Grito de Yara". Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE).1993. Agricultural Engineers yearbook. Arg. Mach. Mgt. Data: EP 391 and 230.3 St. Joseph, MI, USA.
- Babel, M.S., Shrestha, B., Perret, S.R., 2011. Hydrological impact of biofuel production: A case study of the Khlong Phlo Watershed in Thailand. *Agr. Water Manage.* 101:8-26.
- Banco Interamericano de desarrollo (BID). 2006. Progreso económico y social en América Latina. Informe 2006. David Rockefeller Center for Latin American Studies Harvard University.
- BNDES y CGEE, 2008. Bioetanol de Caña de Azúcar: energía para el desarrollo sustentable, biblioteca digital 2008. Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior. Gobierno Federal de Brasil.
- Bowers, W. 1992. Agricultural field equipment. In: Fluck, R.C. (Ed.), *Energy in World Agriculture. Energy in Farm Production.* Elsevier, Amsterdam, 6, 117-129.
- Bridges, T.C. and E.M. Smith.1979. A method for determining the total energy input for agricultural practices. *Trans. ASAE* 22:781-784.
- Calder, I. R. 1998. Water Resources and Land Use Issues.SWIM paper; International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka, 1998.
- CEPAL. 2011. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo, en *Diálogo de políticas sobre desarrollo institucional e innovación de biocombustibles en América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile, 28 y 29 de marzo de 2011, pp. 1-43.



- CEPAL. 2010. Estudio regional sobre la economía de los biocombustibles. Amé-  
referencias 154 Tec. Vol. 16 No. 34 octubre-diciembre de 2010 revisión rica  
Latina y el Caribe, Santiago de Chile, pp. 1-40.
- Demirbas, A. 2011. Competitive liquid biofuels from biomass. Elsevier Vol. 88, Issue 1,  
January 2011. Pp. 17-28.
- Doering, O.1980. Accounting for energy in farm machinery and buildings. Pp 9-14.  
In: Pimentel D. (ed.) Handbook of energy utilization in agriculture.CRC Press.  
Boca Ratón, FL, USA.
- Dros, J.M. 2004. Managing the soy boom: Two scenarios of soy production expansion  
in South América. AID Environment. Amsterdam, the Netherlands.
- Ewing, M., & Msangi, S. 2009. Biofuels production in developing countries: assessing  
tradeoffs in welfare and food security. Environmental Science & Policy, 12(4),  
520-528.
- Fluck, R. 1992. Energy for farm production. Energy for world agriculture vol. 6  
Elsevier. New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00488-7>.
- García, M., Chávez, J.M., Fuentes, E., Gracia, I., González, E., y Martínez, A., 2017. La leña  
como fuente de energía. Elementos (15)2: 73-78.
- Gimel, G. 2009. Evaluación del comportamiento energético y ambiental del  
biodiesel. Informe de proyecto. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Gutiérrez, R. G. 2016. Informe BP Statistical Review of World Energy 2016.
- Hesel, Z., and Ogutunde, 1985. Fuel Requirements for field operations with energy  
savings tips. In Farm Energy Use: Standards, worksheets, Conservation, ed. C  
Myers East Leasing. Michigan State University. Virginia cooperative extension.
- Hetz, E.J. y Barrios A. 1997. Reducción del costo energético de labranza/siembra  
utilizando sistemas conservacionistas en Chile. Agro-Ciencia 13: 41-47.
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate  
Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F.  
Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K.  
Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.)]. Cambridge University  
Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 582 pp.





- OECD. 2016 Code 2. OECD standard code for the official testing of agricultural a forestry tractor performance. Paris, France: Organization for Economic Cooperation and Development. Retrieved from <http://www.oecd.org/tad/code/02-code%202-Final-july%2014.pdf>.
- Paneque, R. P.H., C. Fernández, y D. Olivera, 2002. Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas. *Rev. Cienc. Téc. Agrop.*11:7-11.
- Peters, J. and Thielmann S. 2008. Promoting Biofuels: Implications for Developing Countries (January 2008). Ruhr Economic Paper No. 38. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1089443> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.108944>
- Pimentel, D. 2006. Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture. An Organic Center State o Science Review. Cornell University, Ithaca NY.
- Reynolds, Ch, M.A. y López, L, J.A., 2018. Evaluación en labranza vertical en la preparación primaria del suelo para la producción de maíz en la zona centro de Veracruz. Memoria de Reunión Científica Internacional Veracruz, México 2018. *Avances en Investigación Agrícola*, pp. 471-483. ISSN:2598-14X.
- Ruiz, E, F.H., Vázquez, C., García, J.L., Salazar, E., Orona, I., Zúñiga, R., Murillo. B, Jerez, E. y Beltrán, F.A. 2009. Comparación del costo energético de dos manejos de suelo para albahaca. *Terra Latino Americana*. (27):4
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S., and Aikat, K. (2012). "Bioethanol production from Agricultural wastes": An Overview, *Renewable Energy* 37 (1), 19-27.
- Serra, T. D. and Zilberman, D. 2013. Biofuel-related price transmission literature: A review. *Energy Economics* 37 (2013) 141–151
- Stout, B. 1990. *Handbook of energy for world agriculture*. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands.
- Tapia, B., L. M., J. Acevedo Ch., H. Araméndiz T., J. Ararat H. 2015. La sostenibilidad en el diseño de cadenas de suministro de biocombustibles, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, (26)14: 57- 72
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). *Clave para la taxonomía del suelo*. Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Décimo segunda edición, 2014.



- Vásquez, G. M. y Montesinos L. A. 2007. Alimentación, Energía y sostenibilidad. Revista Energía y Tú. 39: 1028-9925
- Zamora, H. T., A. Prado F., J. Capataz T., B.E. Barrera F., J.M. Peña C. 2014. Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. Educación Química 25: 265-274.



## EVALUACIÓN DEL MÉTODO FENTON PARA EL TRATAMIENTOS DE AGUAS INDUSTRIALES

Miguel Angel López-Ramírez<sup>292\*</sup>, Olaya Pirene Castellanos Onorio<sup>293</sup>, Fabiola Lango Reynoso<sup>292</sup> y María del Refugio Castañeda Chávez<sup>292</sup>

### Resumen

La generación de las aguas residuales de índole industrial va en constante aumento debido al crecimiento demográfico, lo cual ha propiciado una creciente necesidad de abastecer a la población de distintos tipos de servicios o productos, en los cuales el agua es usada como método de limpieza, entre otras operaciones, las cuales modifican sus características dando como resultado la contaminación directa de esta. Debido a lo anterior, existen distintos tratamientos típicos de aguas residuales industriales, los cuales no son muy eficientes y propician la contaminación de diversas fuentes al ser depositadas en lagos, lagunas o ríos. Es por eso que en los últimos años se ha dado a la necesidad de investigar, adaptar e implementar tecnologías eficientes en la remoción de contaminantes de diversas aguas residuales y se ha considerado la introducción de Procesos de Oxidación Avanzada (POA) como alternativa viable en el tratamiento de efluentes líquidos, razón por la cual ha cobrado un importante interés científico e industrial. Como objetivo principal de esta investigación es estudiar los efectos del pH y la disminución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) sobre el Proceso de Oxidación Avanzada realizado mediante el reactivo Fenton en aguas residuales industriales de la industria metal-mecánica. Se realizaron pruebas a nivel laboratorio en concentración constante de reactivo Fenton de manera directa y diluido en solución acuosa y sulfato de aluminio al 30%, amortiguando los métodos de tratamiento a pH 3 y 4 en aguas residuales provenientes de la industria metal-mecánica, agitando

<sup>292</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Boca del Río.

<sup>293</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Veracruz. malopez@tecmartinez.edu.mx



dichos tratamientos por aireación forzado utilizando bombas BPS 6029 con una capacidad de 3.5 L/min durante 1 h y un reposo de 15 min a temperatura de 30°C y presión atmosférica, obteniendo reducciones del 21% de eficiencia a pH 3 y del 20% promedio a pH 4. De acuerdo a los análisis estadísticos, las pruebas diluidas con sulfato de hierro y concentrada, no representan diferencias significativas, en cambio el pH presentó diferencias estadísticas, lo cual indica que el pH presenta un papel importante en el tratamiento de oxidación avanzada.

**Palabras clave:** oxidación avanzada, tratamiento de aguas residuales, Fenton

## Introducción

La calidad del agua es una preocupación creciente en todas partes del mundo en vía de desarrollo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la salud de niños y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones (UNICEF, 2014).

Los recursos hídricos del planeta están sometidos a contaminación física, química o biológica. El avance de la actividad humana (industria, agricultura y ganadería), el crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades y la falta de medidas y programas para dar respuesta a dichos cambios, genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación. Debido a esto, las medidas a tomar para descontaminar los efluentes deben ser cada vez más urgentes, siendo necesario la búsqueda de nuevas alternativas basadas en investigaciones sobre diferentes sistemas de tratamiento de aguas, que faciliten una mejor calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos (Sánchez *et al.*, 2011). En el Cuadro 1 se muestran los contaminantes típicos en las aguas residuales.





### Cuadro 1. Contaminantes del agua.

Clase	Ejemplos
Sólidos suspendidos	Materiales coloidales, polvo, óxidos de metales insolubles e hidróxidos.
Orgánicos disueltos	Químicos orgánicos sintéticos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.
Iónicos disueltos (sales)	Metales pesados, sílice, arsénico, nitrato, cloruros, carbonatos.
Microorganismos	Bacterias, virus, quistes protozoarios, hongos, algas, células de levadura.
Gases	Sulfuro de hidrógeno, metano, radón, bióxido de carbono.

Fuente: Cartwright (2009).

Las aguas residuales industriales presentan una gran cantidad de contaminantes que tienen una acción muy compleja sobre el medio ambiente, afectando el desarrollo natural de los ecosistemas, por el cambio de condiciones como la toxicidad, olor, color, entre otras. Estas aguas han sido tradicionalmente tratadas por métodos convencionales. Sin embargo, la efectividad de estos procesos se está viendo seriamente limitada en los últimos años, principalmente por restricciones cada vez más severas. Estas restricciones son debido al mayor conocimiento del impacto de los contaminantes en el ambiente, la disminución de la disponibilidad de agua fresca, y al aumento de la demanda tanto humana como industrial, lo cual significa mayores caudales de agua residual a tratar (Forero *et al.*, 2005).

En este sentido, uno de los tratamientos alternativos o complementarios a los sistemas convencionales son los procesos de oxidación avanzada (POA). Estas tecnologías fueron definidas por Glaze *et al.* (1987) como aquellos procesos que implican la generación de radicales hidroxilos ( $^{\circ}\text{OH}$ ) en cantidades suficientes como para degradar la materia orgánica del medio. Estos radicales, de alto potencial de oxidación ( $E^{\circ}=2.80\text{ V}$ ), pueden ser generados por diversos métodos (combinación de ozono/peróxido de hidrógeno, procesos Fenton y foto-Fenton, procesos fotocatalíticos heterogéneos, etc.) y son capaces de oxidar compuestos orgánicos persistentes, posibilitando su completa mineralización y transformación a  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y otros compuestos inorgánicos estables (Ghosh *et al.*, 2010; Bianco *et al.*, 2011).

En las últimas décadas, los POA han demostrado ser bastante eficientes en el tratamiento de aguas, tanto potables como residuales, respecto de los tratamientos de tipo convencional (Grčić *et al.*, 2009; Mandal *et al.*, 2010; Babuponnusami y



Muthukumar, 2014). Sin embargo, estas tecnologías presentan limitaciones en el tratamiento de aguas residuales a escala industrial debido a sus altos costos operacionales, en particular, por el consumo energético que requieren y por el costo de los reactivos (agentes oxidantes y/o catalizadores) a utilizar (Pontes *et al.*, 2010; Babuponnusami y Muthukumar, 2014). Para la reducción del gasto energético, se utilizan PAO compatibles con el uso de la energía solar, tales como el proceso foto-Fenton solar. Otra de las alternativas para disminuir los costos y posibilitar la degradación efectiva de la carga orgánica total, así como su toxicidad, consiste en la combinación de POA con procesos de tipo biológico (Mandal *et al.*, 2010; Oller *et al.*, 2011; Babuponnusami y Muthukumar, 2014).

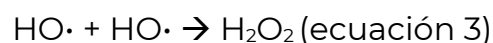
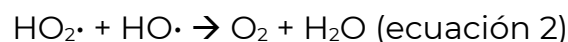
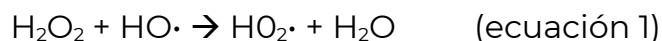
En la literatura existen numerosas publicaciones sobre el uso de POA para la remoción de contaminantes de las aguas residuales. Dentro de estas publicaciones se destacan las relacionadas con el proceso de oxidación tipo Fenton, por su efectividad para la descontaminación de aguas residuales procedentes de la industria petroquímica, textil, farmacéutica, papelera, etc. (Coelho *et al.*, 2006; Ghosh *et al.*, 2010; Bianco *et al.*, 2011; Babuponnusami y Muthukumar, 2014). Empleando los procesos Fenton se puede obtener una degradación parcial o total de contaminantes inorgánicos y orgánicos persistentes, dando lugar a una disminución de la toxicidad del efluente (Durán-Moreno *et al.*, 2011).

El proceso de oxidación Fenton fue descrito por primera vez en 1894 por Henry J. Fenton, cuando descubrió que el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) podía activarse con iones ferrosos para oxidar ácido tartárico (Pignatello *et al.*, 2006). Este proceso consiste en la adición de sales de hierro en presencia de  $H_2O_2$ , en medio ácido, para la formación de radicales  $^{\circ}OH$ . A la combinación de  $H_2O_2$  y sales de hierro se denomina reactivo Fenton (Neyens y Baeyens, 2003; Ghosh *et al.*, 2010).

Además de formarse radicales  $^{\circ}OH$ , se generan radicales perhidroxilo ( $HO_2^{\circ}$ ), los cuales inician una reacción de oxidación en cadena para eliminar la materia oxidable. Sin embargo, los radicales  $HO_2^{\circ}$  presentan menor poder de oxidación que los  $^{\circ}OH$  (Domenech *et al.*, 2004). Los principales mecanismos de reacción que se realizan con estos últimos, son abstracción de hidrógeno, adición a la estructura del contaminante o transferencia de carga (Zazo *et al.*, 2009).



La cantidad de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y de sales de hierro a utilizar depende del tipo de contaminante que se pretenda remover. debido a que un exceso de  $\text{H}_2\text{O}_2$  conduce a una mayor producción de radicales hidroxilos (ecuación 1) o a una mayor regeneración de  $\text{Fe}^{2+}$  (ecuación 2). Una mayor concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{HO}$  aumenta la velocidad de reacciones que implican la desaparición de los mismos (ecuación 3), según:



Por lo tanto, se trabaja con la cantidad estequiométrica en miligramos correspondiente respecto a la Demanda Química de Oxígeno, calculándose de acuerdo a Salas (2010) (ecuación 4):



## Materiales y métodos

### Experimentación

Se realizaron las experimentaciones a nivel laboratorio en el Laboratorio de Química Analítica del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Veracruz y Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos campus Instituto Tecnológico de Boca del Río.

Se calculó la cantidad de peróxido necesaria utilizando la ecuación 4 para una DQO de 4200, dando como resultado una dosis de 8925 mg de  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$  de muestra ó 9.91 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$ , posteriormente se realizaron pruebas con 50 mL de efluente industrial durante los meses de agosto-septiembre de 2019 (Figura 1) aplicando el reactivo Fenton (concentrado y diluido) y sulfato de aluminio por triplicado agitado mediante sistema de burbujeo con el equipo BPS 6029 (Figura 1), probando a pH 3 y 4 los tres métodos de tratamiento durante 1 h de oxidación y un reposo de 15 min; el Fenton diluido se agrega al sulfato de hierro en forma acuosa, correspondiente al

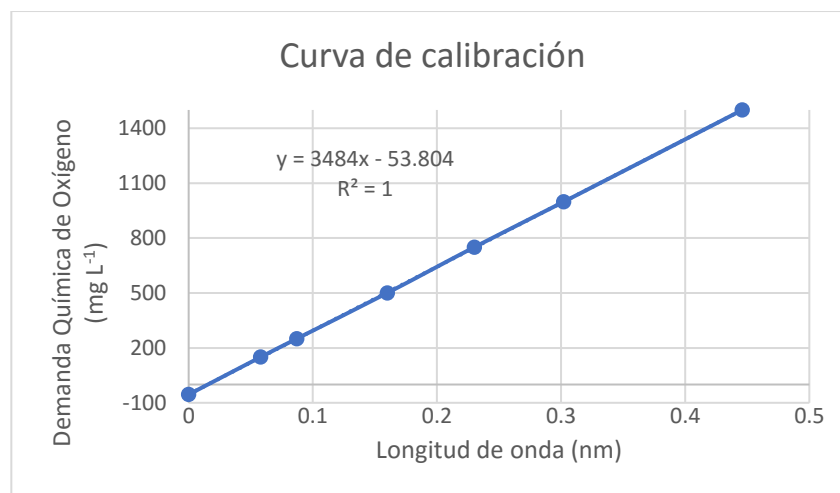


10% del volumen a tratar, debido a que es la cantidad máxima de diluyente a añadir para que no muestre alteraciones en el tratamiento.

Para la obtención de la DQO inicial y final del tratamiento se realizó la curva de calibración (Figura 2) con un espectrofotómetro de luz visible y U.V. marca Velab a 625 nm (Figura 3) como indica la norma NMX-AA-030/2-SCFI-2011 para el análisis de agua y determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.



**Figura 1. Bomba de inyección de aire y muestra de agua residual.**



**Figura 2. Curva de calibración.**





**Figura 3. Espectrofotómetro de luz visible y U.V. marca Velab.**

Para la determinación de los análisis estadísticos se realizaron pruebas de medias con un 95% grado de confianza, mediante el método de Fisher.

### **Resultados y discusión**

De acuerdo a los muestreos realizados durante los meses de agosto-septiembre 2018, se obtuvieron los siguientes resultados:

pH: 8.0

Conductividad (mv): 9000

DQO (mg/L): 4200

Nota: Los valores no mostraron máximos ni mínimos, debido a que el agua residual cuenta con un sistema de lazos de control, el cual mantiene los parámetros constantes.

Posteriormente se procedió a realizar los tratamientos con el sulfato de aluminio y Fenton concentrado y diluido a distintos pH (3 y 4) y una concentración fija de 30% m/v obteniendo los siguientes resultados mostrados en el Cuadro 1.



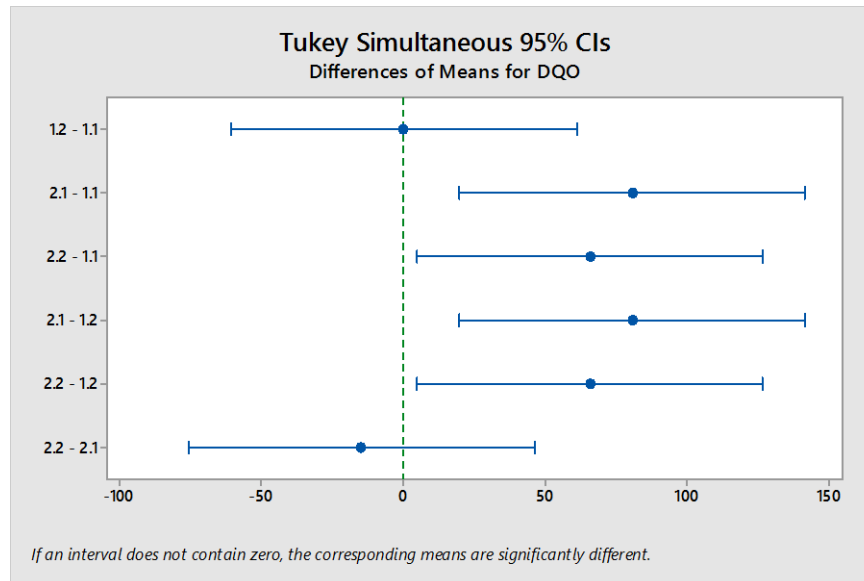
**Cuadro 1. Resultados de los tratamientos al efluente industrial.**

Tratamiento	pH	DQO antes del tratamiento (mg/L)	DQO después del tratamiento (mg/L)
Sulfato de aluminio	3	4200	4200
	3	4200	4200
	3	4200	4200
	4	4200	4200
	4	4200	4200
	4	4200	4200
Fenton concentrado	3	4200	3300.01
	3	4200	3264.14
	3	4200	3273.11
	4	4200	3344.85
	4	4200	3362.79
	4	4200	3371.75
Fenton diluido	3	4200	3291.05
	3	4200	3273.11
	3	4200	3273.11
	4	4200	3326.92
	4	4200	3317.95
	4	4200	3389.69

De acuerdo al análisis estadístico de prueba de medias por método de Fisher al 95% de confiabilidad (Figura 4), se concluye que las pruebas realizadas con el reactivo Fenton no muestran diferencia significativa entre los tratamientos diluidos y concentrados, pero el pH es un factor estadísticamente significativo, por lo que juega un papel importante dentro de la oxidación por reacción Fenton.

Nomenclatura:

- |   |   |
|---|---|
| 1.1: Reactivo Fenton concentrado a pH 3 | 2.1: Reactivo Fenton concentrado a pH 4 |
| 1.2 Reactivo Fenton diluido a pH 3      | 2.2 Reactivo Fenton diluido a pH 4      |



**Figura 4. Tabla comparativa de medias por método de Fisher de acuerdo a los tratamientos.**

Salas (2010) realizó pruebas de oxidación por el método Fenton y obtuvo una máxima reducción a pH 3 debido a una máxima actividad catalítica ese valor de pH. Un incremento o disminución en este valor de pH reduce bruscamente la eficacia. Para valores de pH >3-4, el  $\text{Fe}^{3+}$  precipita como  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  y descompone el  $\text{H}_2\text{O}_2$  preferentemente a  $\text{O}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Además, la formación de complejos de Fe (II) a valores altos de pH conduce a la disminución de la concentración de  $\text{Fe}^{2+}$ . Por otro lado, para valores de pH más ácidos, la regeneración del  $\text{Fe}^{2+}$  por reacción del  $\text{Fe}^{3+}$  con el  $\text{H}_2\text{O}_2$  se ve inhibida.

Rubio-Clemente *et al.* (2014) comentan que, aunque el sistema Fenton ha mostrado ser efectivo en el tratamiento de afluentes derivados de la industria, presenta inconvenientes ligados fundamentalmente al uso de grandes cantidades de hierro para conseguir altos rendimientos, además de la generación de fango, los cuales pueden ser tóxicos por los diversos contaminantes, y que precisa de medio ácido para realizar dicho proceso.



**Figura 5. Resultado de los tratamientos de oxidación avanzada.**

## Conclusiones

1. El sulfato de aluminio a pesar de ser un método muy utilizado dentro de los tratamientos típicos o convencionales, no muestra eficiencia en la reducción de la demanda química de oxígeno. 2. La aplicación del sulfato ferroso acuoso en forma diluida demostró mayor eficiencia en la reducción de materia presente en muestras realizadas por triplicado, que en el caso de adicionarlo de forma sólida y directa. 3. Las muestras ajustadas a un pH de 3 demostraron una mayor degradación de materia orgánica e inorgánica cuantificadas indirectamente por el contenido de DQO. 4. Se nota presencia de grasas y aceites después del proceso de oxidación en la capa superficial del fluido (Figura 5). 5. Los procesos de oxidación avanzada se pueden mejorar utilizando técnicas como la foto-catálisis y la electroquímica.

## Agradecimientos

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Veracruz e Instituto Tecnológico de Boca del Río por sus laboratorios y apoyo brindado durante la experimentación.





## Literatura citada

- Babuponnusami, A. and K. Muthukumar. 2014. A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment. *J. Environ. Chem. Eng.* 2(1):557-572.
- Bianco, B., I. De Michelis and F. Vegliò. 2011. Fenton treatment of complex industrial wastewater: Optimization of process conditions by surface response method. *J. Hazard. Mater.* 186(2-3):1733-1738.
- Cartwright, P. 2009. Tratamiento y reuso del agua en aplicaciones comerciales/industriales. *Agua Latinoám.* 9(1):20-24.
- Coelho, A., A. V. Castro, M. Dezotti and G. L. Sant'Anna Jr. 2006. Treatment of petroleum refinery sourwater by advanced oxidation processes. *J. Hazard. Mater.* 137(1):178-184.
- Domenech, X., W. F. Jardim and M. I. Litter. 2004. Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. p. 3-26. *In: Blesa, M. A. and B. Sánchez C. (eds.). Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea.* CIEMAT. Madrid, España.
- Durán-Moreno, A., S. A. García-González, M. R. Gutiérrez-Lara, F. Rigas y R. M. Ramírez-Zamora. 2011. Assessment of Fenton's reagent and ozonation as pre-treatments for increasing the biodegradability of aqueous diethanolamine solutions from an oil refinery gas sweetening process. *J. Hazard. Mater.* 186:1652-1659.
- Forero, J. E., O. P. Ortiz y F. Ríos 2005. Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería. *Cienc. Tecn. Fut.* 3(1):97-109.
- Ghosh, P., A. N. Samanta and S. Ray. 2010. COD reduction of petrochemical industry wastewater using Fenton's oxidation. *Can. J. Chem. Eng.* 88(6):1021-1026.
- Glaze, W. H., J. W. Kang and D. H. Chapin. 1987. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. *Ozone Sci. Eng.* 9(4):335-352.
- Grčić, I., D. Vujević, J. Šepčić and N. Koprivanac. 2009. Minimization of organic content in simulated industrial wastewater by Fenton type processes: A case study. *J. Hazard. Mater.* 170(2-3):954-961.



- Mandal, T., S. Maity, D. Dasgupta and S. Datta. 2010. Advanced oxidation process and biotreatment: Their roles in combined industrial wastewater treatment. *Desalination* 250(1):87-94.
- Neyens, E. and J. Baeyens. 2003. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *J. Hazard. Mater.* 98(1-3):33-50.
- Oller, I., S. Malato and J. A. Sánchez-Pérez. 2011. Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination -A review. *Sci. Total Environ.* 409(20):4141-4166.
- Pignatello, J. J., E. Oliveros and A. MacKay. 2006. Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the Fenton reaction and related chemistry. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 36(1):1-84.
- Pontes, R. F., J. E. Moraes, A. Machulek Jr. and J. M. Pinto. 2010. A mechanistic kinetic model for phenol degradation by the Fenton process. *J. Hazard. Mater.* 176(1-3):402-413.
- Rubio-Clemente, A., E. L. Chica and G. A. Peñuela. 2014. Aplicación del proceso Fenton en el tratamiento de aguas residuales de origen petroquímico. *Ing. Compet.* 16(2):211-223.
- Salas, C. G. 2010. Tratamiento por oxidación avanzada (reacción Fenton) de aguas residuales de la industria textil. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* 13(1):30-38.
- Sánchez, M. J., J. Beltrán, C. Carmona M. y P. Gibello P. 2011. Adsorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas. *Cuides* 7:125-139.
- UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund). 2014. Agua, saneamiento e higiene. [http://www.unicef.org/spanish/wash/index\\_43106.html](http://www.unicef.org/spanish/wash/index_43106.html). [consultado el 10 de julio de 2019].
- Zazo, J. A., J. A. Casas, A. F. Mohedano y J. J. Rodríguez. 2009. Semicontinuous Fenton oxidation of phenol in aqueous solution. A kinetic study. *Water Res.* 43(16):4063-4069.



## EFECTO DE SEDIMENTOS SUSPENDIDOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO USUMACINTA

Guadalupe Rodríguez Martínez<sup>294\*</sup>, Itzel Galaviz Villa<sup>294</sup> y Salvador Partidas Sedas<sup>295</sup>

### Resumen

El 83% de la cuenca Grijalva-Usumacinta presenta un nivel de riesgo de erosión medio-alto; este suelo erosionado, es transportado por medio de escorrentías a los cuerpos de agua superficiales, convirtiéndose en sedimento. Los sedimentos son la acumulación de minerales, nutrientes, metales pesados y materia orgánica. El tamaño de grano de los sedimentos determina la clasificación, tipo y origen de los aportes de sólidos suspendidos que ingresan al cuerpo de agua; A su vez, el transporte en suspensión está dado por la capacidad de transporte del flujo. El objetivo de esta investigación fue determinar el transporte de sedimentos en suspensión en la calidad del agua de la cuenca baja del río Usumacinta, Tabasco. Los sitios de muestreo se encuentran en los municipios de Tenosique, Emiliano Zapata y Jonuta, en el estado de Tabasco. Las muestras de sólidos suspendidos en agua se colectaron durante nueve campañas en un ciclo anual, y se determinaron mediante el método de análisis establecido en la norma mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015; el caudal líquido se calculó por método directo, área velocidad de semi-sección, y el transporte de sedimentos en suspensión se obtuvo con el caudal y la concentración de sólidos suspendidos totales. Los resultados de las concentraciones de SST obtenidas en Boca del Cerro (130.92 mg/L), Chablé (165.28 mg/L) y Jonuta (113.91 mg/L) se encuentran dentro de los LMP establecidos para fuentes de abastecimiento de agua; y fuera de los mismos para uso de riego agrícola, de acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89). Del análisis estadístico se determinó una fuerte correlación positiva (0.73),

<sup>294</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Boca del Río [\\*grodriguez0692@gmail.com](mailto:*grodriguez0692@gmail.com)

<sup>295</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.



lo que indica que el transporte de sedimentos en suspensión está bajo el control del caudal registrado en la cuenca baja del río Usumacinta; así mismo, el caudal constituye una variable importante para explicar el transporte de sedimentos; sin embargo, existen otros factores que intervienen en dicho proceso.

**Palabras clave:** erosión, capacidad de transporte, caudal

## Introducción

De todas las cuencas fronterizas, la cuenca del río Usumacinta es la de mayor extensión y desarrollo hidrológico, la cual abarca una superficie total de más de siete millones de hectáreas, de las cuales el 58% corresponden a Guatemala, el 41.91% a México y 0.001% a Belice. De acuerdo con sus características físicas de relieve, hidrología y altitud, la cuenca del río Usumacinta puede dividirse en tres sectores: cuenca baja que representa 21.5%, media 48.5% y alta 30%.

En la actualidad existe una combinación de factores que aceleran el fenómeno de erosión de la cuenca Grijalva-Usumacinta, lo que provoca que el 83% de la cuenca presente un nivel de riesgo de erosión medio-alto. Únicamente el 17% de la misma se puede considerar en un nivel de riesgo bajo (Sánchez-Hernández *et al.*, 2013). Este suelo erosionado es transportado por medio de escorrentía a los cuerpos de agua superficiales, convirtiéndose en sedimento. Los sedimentos son el sitio de acumulación de minerales, nutrientes, metales pesados y materia orgánica. El tamaño de grano que componen los sedimentos es el indicador para clasificar el tipo y el origen de los aportes de sólidos suspendidos que entran en un cuerpo de agua. A su vez, el transporte en suspensión está dado por la capacidad de transporte del flujo, el cual está estrechamente relacionado con el caudal líquido (Montoya y Montoya, 2005). En 2016, de acuerdo con el indicador de sólidos suspendidos totales se reporta la calidad del agua de la cuenca Grijalva-Usumacinta, en donde el 40.9% presenta una calidad excelente, el 39.3% con buena calidad, el 16.1% aceptable, y el 3.7% contaminada. La relevancia de evaluar los sólidos en suspensión radica en que





éstos modifican la penetración de luz en el agua, lo que afecta los procesos de la fotosíntesis, la temperatura y la turbidez. Debido a esto, el objetivo del trabajo fue determinar el transporte de sedimentos en suspensión en la calidad del agua de la cuenca baja del río Usumacinta, Tabasco.

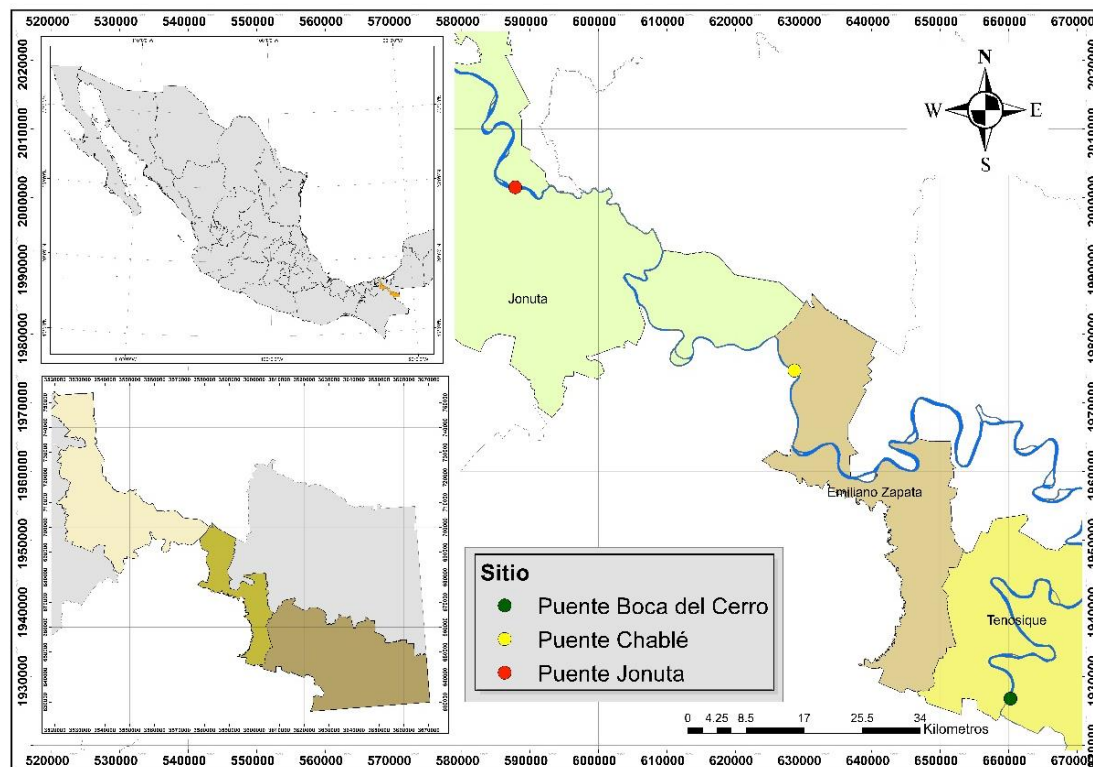
## Materiales y métodos

### Área de estudio

Las estaciones de muestreo se encuentran en los municipios de Tenosique, Emiliano Zapata y Jonuta en el estado de Tabasco (Cuadro 1, Figura 1).

**Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.**

Ubicación	Latitud norte (LN)	Longitud oeste (LO)
Puente Boca del Cerro (R1)	17.42715	-91.491043
Puente Chablé (R2)	17.85642	-91.785548
Puente Jonuta (R3)	18.10030	-92.169728



**Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio.**



### **Toma de muestra**

Las muestras se colectaron durante nueve campañas en un ciclo anual. La toma de muestras de agua en campo se realizó con base en el procedimiento CAQAF4- 01, que establece la metodología correcta y los criterios para la toma de muestras, manejo, envasado y conservación para el traslado.

Para la obtención de caudales, se registraron mediciones de profundidad y velocidad; se utilizó el transductor de montaje espejo Airman P66.

### **Análisis de las muestras**

Se determinaron los sólidos suspendidos totales en agua, mediante el método de análisis establecido por la norma NMX-AA-034-SCFI-2015. El caudal líquido se calculó por método directo, área velocidad de semi-sección, y el transporte de sedimentos en suspensión se obtuvo con el caudal y la concentración de sólidos suspendidos totales.

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se analizaron con estadística descriptiva; con la finalidad de comparar los límites máximos permisibles que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996 y los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89. Se realizaron histogramas de caudal y sedimentos en suspensión para observar la variación de ambos con respecto al tiempo; para determinar la correlación entre el caudal y el transporte de sedimentos se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson con 95% de confianza ( $\alpha= 0.05$ ).

### **Resultados y discusión**

Los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89) establecen el límite máximo permisible de 50 mg/L de SST para uso de riego agrícola y 500 mg/L para fuente de abastecimiento de agua potable. Los resultados de las concentraciones máximas de SST obtenidas en la estación R1 (130.92 mg/L), R2 (165.28 mg/L) y R3

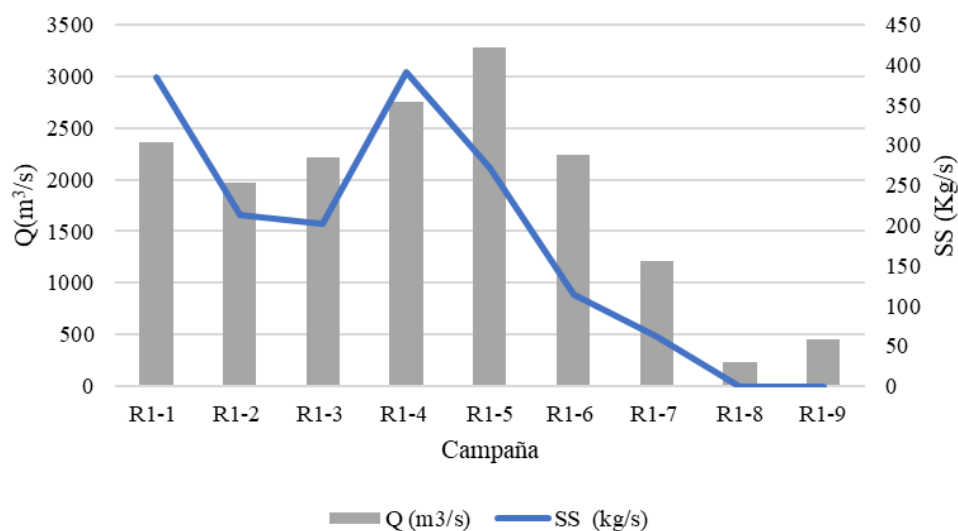


(113.91 mg/L) se encuentran dentro de los LMP establecidos para fuentes de abastecimiento de agua; y fuera de los mismos para uso de riego agrícola (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) registrado en las estaciones de muestreo.**

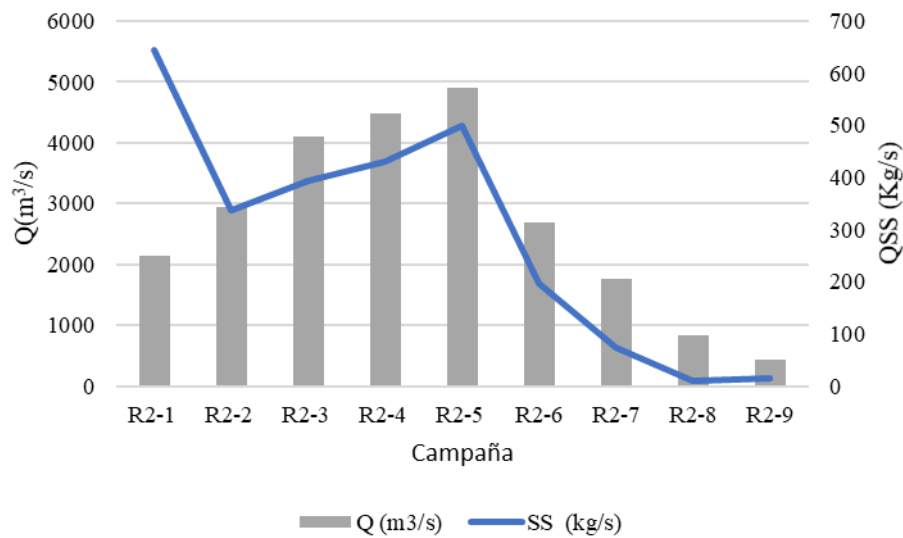
Estadístico	Concentración SST (mg/L)		
	R1	R2	R3
Media	95.70	91.10	69.94
Desviación estándar	35.22	74.18	43.97
Máximo	130.92	165.28	113.91
Mínimo	60.48	16.92	25.96

El caudal líquido (Q) y sedimentos en suspensión (SS), registrados en la estación de muestreo ubicado en la localidad de Boca del Cerro son de 3278 m<sup>3</sup>/s y 390 kg/s, respectivamente. En la campaña R1-4 y R1-5 se registró el mayor caudal y aporte de SS (Figura 2).



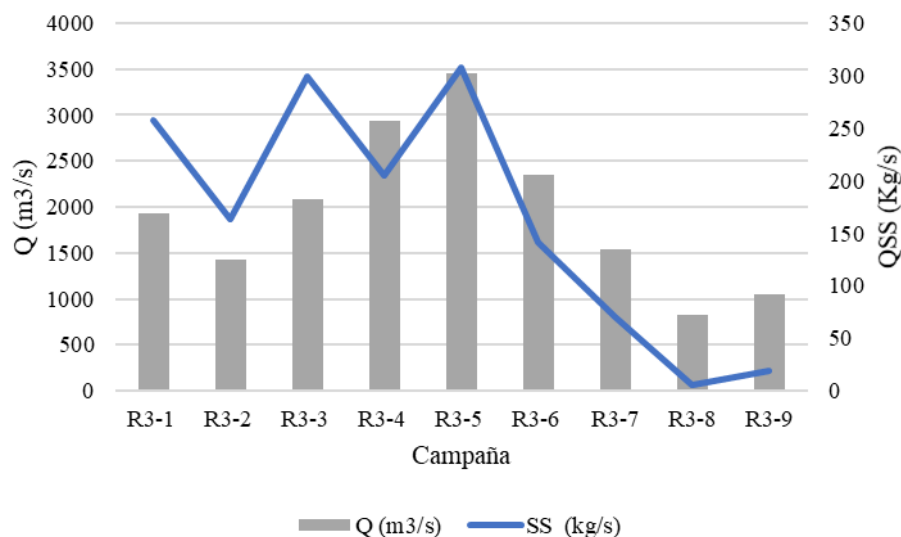
**Figura 2. Histograma del caudal líquido y sedimentos en suspensión en la estación de muestreo de Boca del Cerro, Tabasco.**

Con respecto al caudal líquido (Q) y sedimentos en suspensión (SS), registrados en la estación de muestreo ubicado en la localidad de Chablé son de 4901 m<sup>3</sup>/s y 645 kg/s, respectivamente, siendo la campaña R2-5 y R2-1, donde se registró el mayor caudal y aporte de SS (Figura 3).



**Figura 3. Histograma del caudal líquido y sedimentos en suspensión en la estación de muestreo de Chablé, Tabasco.**

En el caso de la estación de Jonuta, el caudal líquido (Q) y sedimentos suspendidos registrados son de 3457 m<sup>3</sup>/s y 307 kg/s, respectivamente, siendo la campaña R3-5, donde se registró el mayor caudal y aporte de SS (Figura 4).



**Figura 4. Histograma del caudal líquido y sedimentos en suspensión en la estación de muestreo de Jonuta, Tabasco.**

El contenido máximo y mínimo de sólidos suspendidos totales registrados en la cuenca baja del río Usumacinta son de 165.28 y 16.92 mg/L, respectivamente. De





acuerdo con Laino-Guanes *et al.* (2016), los ríos en el estado de Tabasco muestran una tendencia en cuanto al contenido de SST de entre 1.8 mg/L y 4.3 mg/L en temporada de estiaje, y 31.1 y 548.8 mg/L en temporada de lluvias. Así mismo, Ramos-Herrera *et al.* (2012) reportaron valores máximos de 298 mg/L en el río Grijalva, en Tabasco. Las concentraciones de SST reportados en este estudio se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89. Resultados similares reportan Almazán-Juárez *et al.* (2015), en donde el contenido de SST en época de lluvias tuvo valores fuera de norma de 219 mg/L, lo que indica que el agua de lluvia arrastra la basura acumulada o depositada a orillas de los efluentes en la época de secas, aunado a los deslaves y pérdida de suelo que se generen.

La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece el límite máximo permisible de 150 mg/L de SST para uso de riego agrícola, para uso público urbano 75 mg/L y para la protección de la vida acuática 40 mg/L. Con base a lo anterior, las concentraciones de SST registrados en R1 (130.92 mg/L), R2 (165.28 mg/L) y R3 (113.91 mg/L), se encuentran fuera de los LMP establecidos para uso público y para la protección de la vida acuática, y dentro de los mismos para uso de riego agrícola en las estaciones de muestreo R1 y R3. Las concentraciones de SST en R2 (165.28 mg/L) exceden los LMP para uso de riego agrícola.

Del caudal (Q) y sedimentos en suspensión (SS) registrados en los sitios de muestreo en Boca del Cerro (3278 m<sup>3</sup>/s y 390 kg/s), Chablé (4901 m<sup>3</sup>/s y 645 kg/s) y Jonuta (3457 m<sup>3</sup>/s y 307 kg/s); en Chablé se registra el mayor aporte de estos. De acuerdo con el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), en este punto, el río San Pedro une su cauce al río Usumacinta, siendo caso contrario en Jonuta; éste se divide en tres corrientes; Palizada, San Pedro y San Pablo y Usumacinta. Debido a esto, el caudal en Chablé es mayor y en Jonuta tiende a disminuir, ya que éste se divide en tres corrientes. De la Cruz *et al.* (2016) menciona que el caudal de sólidos incrementa con el aumento del caudal, debido a que la capacidad de transporte de éste tiende a aumentar.

Se determinó una correlación positiva ( $r = 0.73$ ;  $\alpha = 0.05$ ), lo que indica que el transporte de sedimentos en suspensión está bajo el control del caudal de la cuenca



baja del río Usumacinta. Así mismo, el caudal constituye una variable importante para explicar el transporte de sedimentos; además de otros factores que intervienen en dicho proceso.

## Conclusiones

La calidad del agua de la cuenca baja del río Usumacinta, Tabasco, no es apta para el uso público y la protección de la vida acuática. Sin embargo, a lo largo de la cuenca la tendencia de la calidad del recurso hídrico, depende de la temporada del año, ubicación geográfica y actividades antropogénicas. Con respecto al transporte de sedimentos, existe una fuerte relación con el caudal; es una variable que integra los efectos de otras, tales como: precipitación, morfología del río y velocidad de flujo.

## Agradecimientos

A la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto 2014-248265 "Evaluación del efecto de las fuentes difusas de contaminación de la calidad del agua del río Usumacinta, en el estado de Tabasco.

## Literatura citada

Almazán-Juárez, M. T., Á. Almazán-Juárez, B. E. Carreto-Pérez, E. Hernández-Castro, A. Damián-Nava y R. C. Almazán-Núñez. 2015. Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(9) versión *On-line*.



- CE-CCA-001/89 Criterios ecológicos de calidad del agua. Diario Oficial de la Federación  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/12/1989](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/12/1989)
- De la Cruz, R. J. C., J. D. Mendoza P. y J. R. Hernández B. H. 2016. Estimación de la carga de sedimentos en suspensión en una laguna fluvial de Tabasco. *Kuxulkab'* 22(43) versión *On-line*.
- Laino-Guanes, R., M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial, R. Bello-Mendoza, F. Jiménez, F. Casanoves and K. Musálem-Castillejos. 2016. Human pressure on water quality and water yield in the upper Grijalva river basin in the Mexico-Guatemala border. *Ecohydrology & Hydrobiology* 16(3):149-159.
- Montoya-Jaramillo, L. y R. Montoya-Ramírez. 2005. Transporte de sedimentos en las corrientes del departamento de antioquia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 4(7):101-109.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
<https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>
- Ramos-Herrera, S., L. F. Broca-Martínez, J. R. Laines-Canepa y J. M. Carrera-Velueta. 2012. Tendencia de la calidad del agua en ríos de Tabasco, México. *Ingeniería* 16(3):207-217.
- Sánchez-Hernández, R., J. D. Mendoza-Palacios, J. C. de la Cruz-Reyes, J. E. Mendoza-Martínez y R. Ramos-Reyes. 2013. Mapa de erosión potencial en la cuenca hidrológica Grijalva-Usumacinta México mediante el uso de SIG. *Universidad y Ciencia* 29(2):153-161.



## CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL SISTEMA LAGUNAR DE MANDINGA, VERACRUZ

Karla Teresa González Figueroa<sup>296</sup>, Fabiola Lango Reynoso<sup>296</sup>, Verónica Lango Reynoso<sup>297\*</sup>,  
María del Refugio Castañeda Chávez<sup>296</sup> y Jesús Montoya Mendoza<sup>296</sup>

### Resumen

El estado de Veracruz se encuentra en una zona estratégica por tener un litoral de 745 km con diversos ecosistemas costeros como: playas, esteros, bahías, estuarios y lagunas costeras. En esta región se ubican 17 sistemas lagunares, entre éstos, el Sistema Lagunar de Mandinga (SLM) sobresale por su gran extensión territorial. Alrededor de este sistema lagunar se desarrollan los bosques de manglar que son ecosistemas constituidos por diversos tipos de árboles de mangle. Estos ecosistemas tropicales o subtropicales destacan por su importancia económica y social, ya que crecen en sistemas acuáticos estuarinos aprovechados por la pesca artesanal. Este sistema es un área rica en recursos naturales con una ubicación costera privilegiada, lo que provoca que el crecimiento poblacional y el desarrollo urbano de alta plusvalía le afecten directamente. Actualmente, la modificación de zonas naturales a zonas urbanas, agrícolas o ganaderas, denominada cambio de uso de suelo, es uno de los tantos efectos desfavorables del desarrollo económico, en áreas de esta naturaleza. Estos eventos de cambio de uso de suelo son acelerados y de forma descontrolada, por lo que es oportuna la identificación temprana del porcentaje de modificación para conocer su impacto en el entorno. El uso de los sistemas de información geográfica es una herramienta útil para la identificación de dichos efectos, por ello, es importante determinar el porcentaje de pérdida de cobertura vegetal alrededor del margen del SLM a través de su mapeo con el programa ArcGis para establecer el impacto en mismo, con el objetivo de generar

<sup>296</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Boca del Río.

<sup>297</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. lango.veronica@colpos.mx





información actualizada sobre este ecosistema. Los resultados obtenidos para el año 2019 demuestran un incremento en la tasa de deforestación para la clase de suelo desarrollo antrópico (6.6%), sin vegetación (2.4%), otros humedales (2.2%), manglar (0.5%) y otra vegetación (0.1%); las clases de suelo que sufrieron pérdidas fueron agrícola-pecuaria (-1.4%) y cuerpos de agua (-0.6%).

**Palabras clave:** sistemas de información geográfica, tasa de deforestación, manglar, laguna costera

## Introducción

El Sistema Lagunar de Mandinga (SLM) se localiza en el municipio de Alvarado, Veracruz. Colinda al norte con el municipio de Boca del Río y al noroeste con el municipio de Medellín. Tiene una longitud aproximada de 20 km, donde se interconectan seis cuerpos de agua: Estero del Conchal, Laguna Larga, Estero de Horcones, Laguna de Mandinga Chica (Laguna Redonda), Estero de Mandinga y Laguna de Mandinga Grande (Aldasoro, 2015); su orientación es norte-sur y está asociado al río Jamapa, Arroyo Moreno y al mar (Gonzalez *et al.*, 2018).

Una vegetación propia del SLM son los árboles de mangle, y está conformada por los tipos *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rizophora mangle*, los cuales proporcionan diversos servicios a su entorno. Entre los servicios ecosistémicos, son zona de crianza y crecimiento de diversas especies de peces y crustáceos; en cuanto a los servicios de aprovisionamiento, se encuentra el autoconsumo de madera utilizada para leña, estantería, construcción de herramientas, viviendas e infraestructura turística (muelles) (Paniagua *et al.*, 2018); dentro de los servicios culturales, los pobladores afiliados a las cooperativas de lancheros de la Laguna de Mandinga realizan recorridos ecoturísticos.

La pesca en pequeña escala es la principal actividad económica de las comunidades asociadas al Sistema Lagunar de Mandinga, con la captura de ostión, jaiba y peces



de escama, como lebrancha, sargo, mojarra, chucumite y robalo, destacando el recurso ostión, por su mayor volumen de captura.

El SLM se ubica en una zona de alta plusvalía, donde el crecimiento urbano avanza aceleradamente desde hace 17 años. En el año 2002 inició con el proyecto “Riviera Veracruzana”, como parte del Plan de Desarrollo de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín-Alvarado y con ello, se incrementó la venta de terrenos ejidales en toda la franja de la Carretera 150 Boca del Río-Antón Lizardo, actualmente llamado “Boulevard Riviera Veracruzana” (Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2008).

A partir del año 2010, se refleja un mayor avance del desarrollo antrópico en la franja paralela a la costa, el proceso de urbanización y las actividades económicas, en específico las turísticas, y recientemente las inmobiliarias, en donde se incluyen hoteles, fraccionamientos, plazas comerciales y centros educativos privados, mismos que afectan a los ecosistemas de esta zona, principalmente en las áreas de laguna y de manglar (Navarro, 2017). La urbanización perturba al ecosistema por el crecimiento de las comunidades y la construcción de nuevos fraccionamientos alrededor del margen lagunar, provocando la tala de mangle y las descargas de aguas residuales (Paniagua *et al.*, 2018).

Debido a que los eventos de cambio de uso de suelo se generan de forma acelerada, es pertinente conocer oportunamente el porcentaje de modificación de las zonas naturales a áreas urbanas o agrícolas para conocer su impacto en el entorno. Por ello, el objetivo de esta investigación es determinar el porcentaje de cambio en el uso de suelo ocurrido históricamente en los márgenes del SLM, Veracruz.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

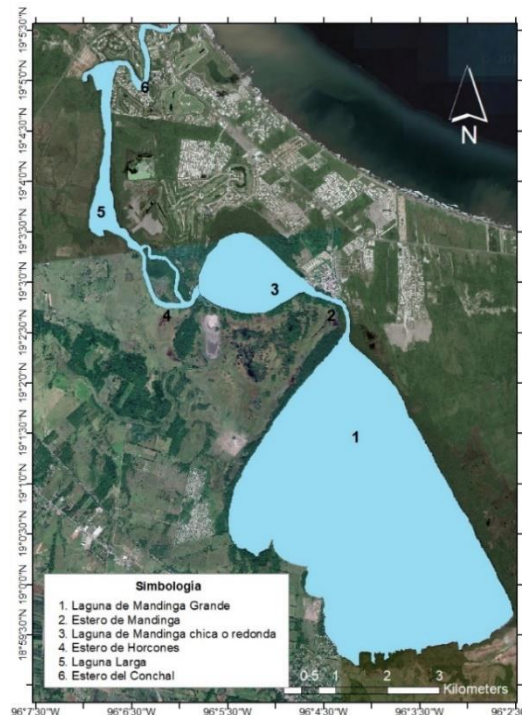
El área de estudio (Figura 1) se localiza entre las coordenadas 19° 00'N y 96° 02'W y 19° 02'N y 96° 06'W; cuenta con una superficie de 139,395.42 km<sup>2</sup> en donde se encuentran 91 localidades en su zona de influencia. El SLM tiene una longitud



aproximada de 20 km y está compuesto por seis cuerpos de agua interconectados: Estero del Conchal, Laguna Larga, Estero de Horcones, Laguna de Mandinga Chica (Laguna Redonda), Estero de Mandinga, y Laguna de Mandinga Grande (Aldassoro, 2015).

Para la realización de los mapas de cambio se utilizaron los mapas de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares, Región Golfo de México de los años 2005, 2010 y 2015 de CONABIO. Se utilizó el polígono de la zona 48 de caracterización de las zonas con rehabilitación prioritaria de la CONABIO.

Los insumos cartográficos se procesaron utilizando el software ArcGIS 10.3. Se realizó la georreferenciación de los mapas y se cambió la proyección cónica de los mapas conforme de Lambert WGS84. Las clases de uso de suelo se identificaron de acuerdo con la clasificación de CONABIO: desarrollo antrópico, agrícola-pecuaria, otra vegetación, sin vegetación, manglar, otros humedales y cuerpos de agua.



**Figura 1. Sistema Lagunar de Mandinga, municipio de Alvarado, Veracruz.**

Para la clasificación del año 2019, se utilizaron dos imágenes Sentinel 2A de fechas 23 de febrero de 2019 y 25 de marzo de 2019, con una resolución de 10 m. Las



imágenes elegidas corresponden con la época de secas (Mas y Flamenco, 2011). Se utilizó la herramienta “composite bands” para poner en color natural las imágenes, se utilizaron las bandas 2, 3, 4 y 8 con resolución de 10 m. Posteriormente, se unieron las dos imágenes para cubrir el área de estudio; se procedió a cortar el área utilizando la herramienta “raster by mask”. Se realizaron las clasificaciones supervisada, con la herramienta “maximum likelihood classification”, y no supervisada, con los módulos “Iso Cluster Unsupervised Classification, e “Interactive supervised classification”. Por último, se sobrepuso la imagen Sentinel con el *raster* del área de estudio del mapa uso de suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares de la región Golfo de México del año 2015, para realizar la clasificación mediante interpretación visual, basada en el método interdependiente (FAO, 1996). Se detectaron los cambios ocurridos entre el mapa 2015 y las imágenes de satélite de 2019, con apoyo de imágenes de Google Earth y una imagen de 2018 descargada del software SASPlanet.

Para obtener la tasa de deforestación se utilizó la ecuación propuesta por FAO en 1996:

$$TDA = [1 - (A_2 / A_1)] / n * 100$$

Donde:  $A_1$  = área al inicio del periodo,  $A_2$  = área al final del periodo y  $n$  = número de años del periodo.

## Resultados y discusión

Los porcentajes de las clases de uso de suelo para el periodo evaluado se muestran a detalle en el Cuadro 1. Con la elaboración de los mapas se encontró evidencia de los cambios de las clases de uso de suelo de los años 2005 al 2010. Los principales cambios identificados son el incremento de la clase sin vegetación (5.3%), desarrollo antrópico con una tasa de 5.1% en comparación con el inicio del periodo, manglar (2.1%), cuerpos de agua (0.1%); también se observó una pérdida de otra vegetación (-2.0%), otros humedales (-0.5%) y agrícola-pecuaria (-0.3%). Estos resultados, donde





se aprecia el incremento de las zonas urbanas en zonas costeras, concuerdan con autores como Mendoza *et al.* (2012), Xu *et al.* (2016) y Huq *et al.* (2019).

**Cuadro 1. Superficie (ha), porcentaje (%) y tasas de cambio porcentual (%) del Sistema Lagunar de Mandinga (2005-2010).**

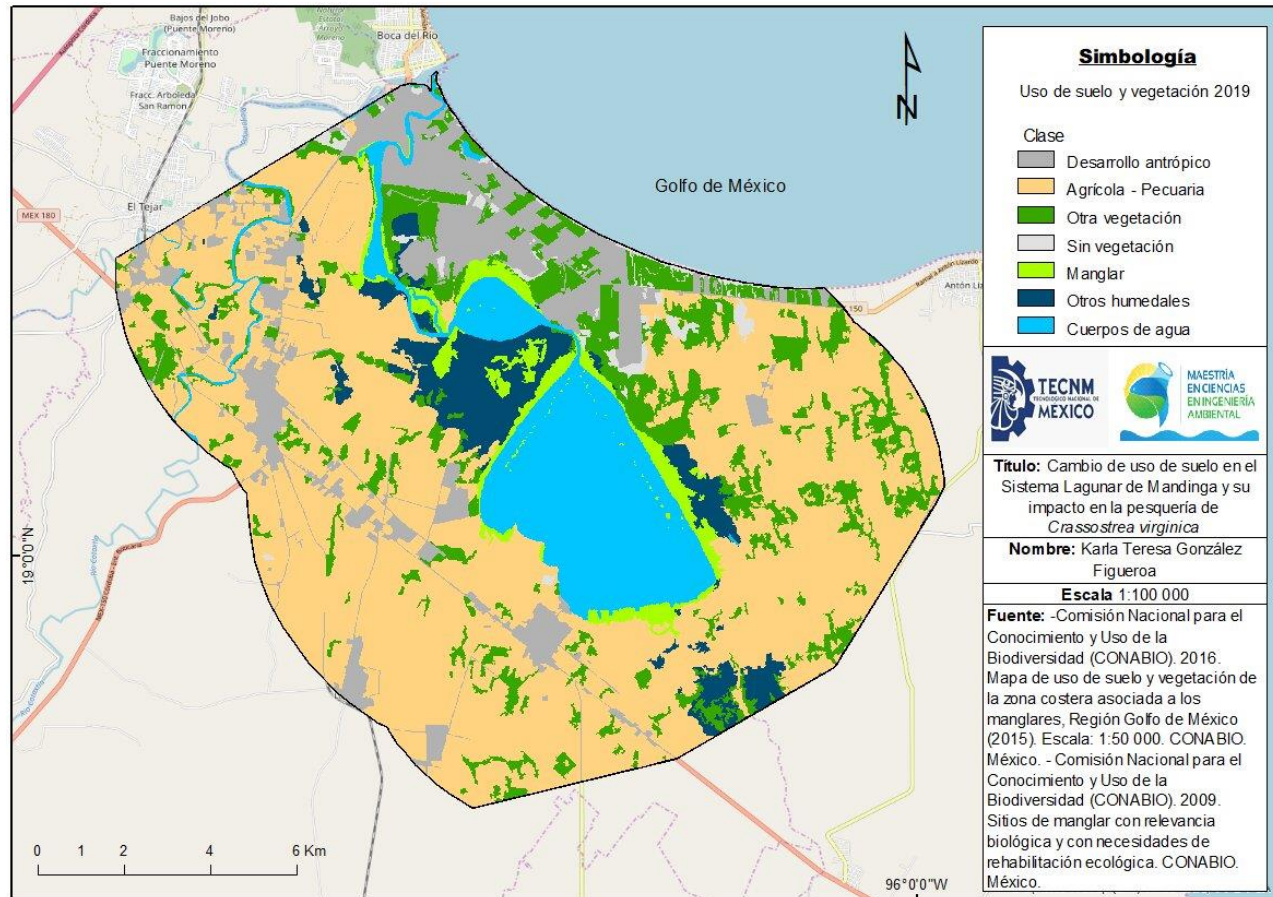
Clase	2005		2010		Tasa 2005-2010	Diferencia (2005-2010)
1. Desarrollo antrópico	1018.8	5	1307.6	7	5.1	288.7
2. Agrícola - Pecuaria	11577.0	62	11394.4	61	-0.3	-182.6
3. Otra vegetación	2160.4	12	1954.3	11	-2.0	-206.0
4. Sin vegetación	204.8	1	265.4	1	5.3	60.6
5. Manglar	448.0	2	497.7	3	2.1	49.7
6. Otros humedales	967.9	5	945.8	5	-0.5	-22.1
7. Cuerpos de agua	2170.6	12	2182.3	12	0.1	11.7
<b>Total</b>	<b>18548.0</b>	<b>100</b>	<b>18548.0</b>	<b>100</b>		

En el Cuadro 2 se muestra el segundo periodo evaluado; las clases de suelo que sufrieron pérdidas fueron agrícola-pecuaria (-1.4%) y cuerpos de agua (-0.6%). Las clases de suelo que incrementaron son desarrollo antrópico (6.6%), sin vegetación (2.4%), otros humedales (2.2%), manglar (0.5%) y otra vegetación (0.1%).

**Cuadro 2. Superficie (ha), porcentaje (%) y tasas de cambio porcentual (%) del Sistema Lagunar de Mandinga (2015-2019).**

Clase	2015		2019		Tasa 2015-2019	Diferencia (2015-2019)
1. Desarrollo antrópico	1727.2	9	2234	12	6.6	507
2. Agrícola - Pecuaria	10518.8	57	9945	54	-1.4	-574
3. Otra vegetación	2379.8	13	2386	13	0.1	6
4. Sin vegetación	204.3	1	224	1	2.4	20
5. Manglar	554.2	3	566	3	0.5	12
6. Otros humedales	933.5	5	1019	5	2.2	85
7. Cuerpos de agua	2229.8	12	2174	12	-0.6	-56
<b>Total</b>	<b>18548.0</b>	<b>100</b>	<b>18548</b>	<b>100</b>		

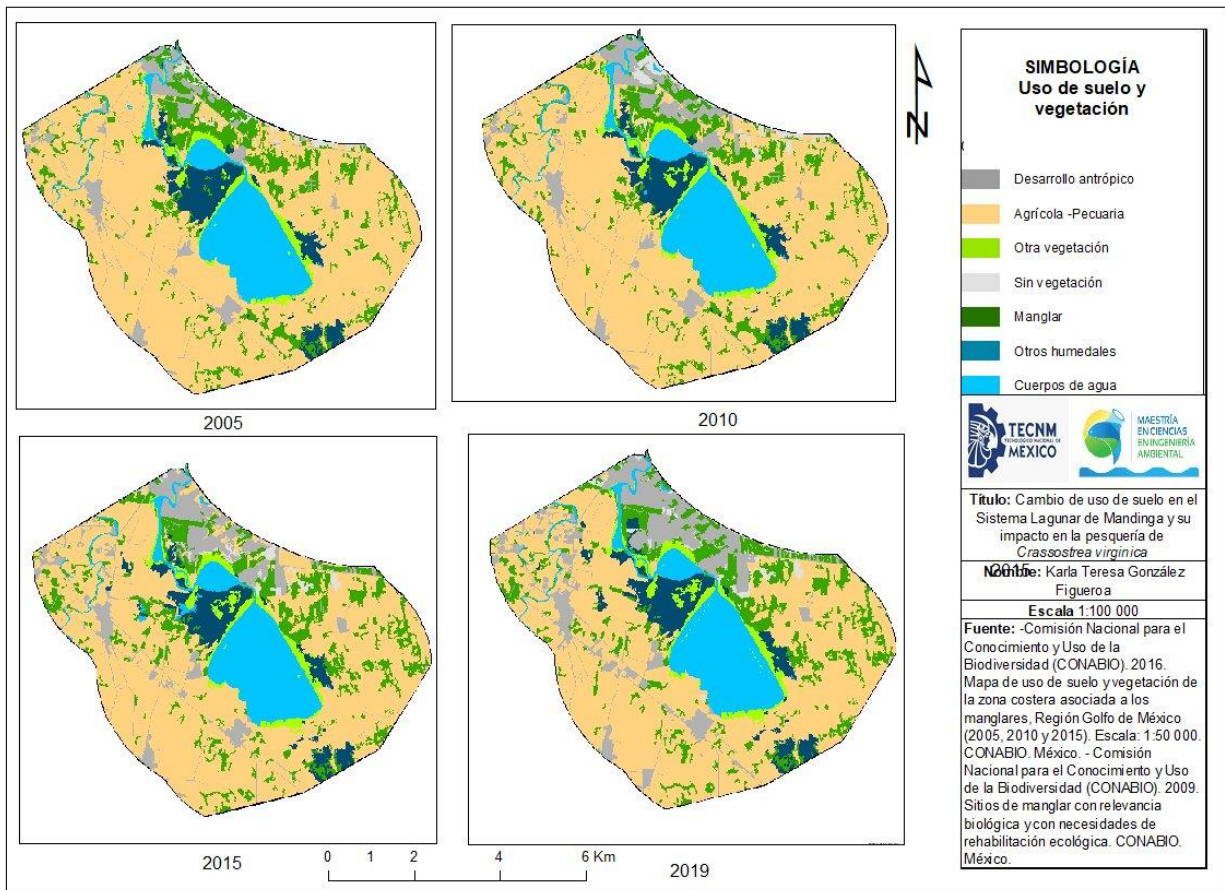
El cambio en el SLM se observa en el mapa de uso de suelo y vegetación 2019 (Figura 2).



**Figura 2. Uso de suelo y vegetación del Sistema Lagunar de Mandinga del año 2019.**

En este periodo se advierte un incremento en la superficie de manglar y otros humedales, de acuerdo con Hernández *et al.* (2016), el incremento de la superficie del manglar es resultado de perturbaciones antrópicas que favorecen un ambiente propicio para su colonización, impactando de manera negativa en la clase agrícola-pecuaria. El crecimiento urbano mantuvo una tasa constante y en aumento, lo que conlleva a ejercer presión en otras clases de suelo como el aumento de clases sin vegetación y la disminución de la clase agrícola-pecuaria (Figura 3).





**Figura 3. Uso de suelo y vegetación del de Sistema Lagunar de Mandinga de los años 2005, 2010, 2015 y 2019.**

## Conclusiones

1. Los cambios de uso de suelo que influyen negativamente a estas zonas son las clases “desarrollo antrópico” y “agrícola-pecuaria”, donde en la primera la tasa de crecimiento aumentó en cada periodo.
2. Se detectó que la dinámica del cambio de uso de suelo, en el área evaluada, es la conversión de suelos de vegetación a usos agrícolas y con posterior transformación a usos urbanos o antrópicos, donde difícilmente existe una transición a otro uso, como el de agrícola, que puede cambiar a vegetación o manglares dadas las condiciones geomorfológicas, como sucedió en el segundo periodo evaluado.



3. La tendencia es el aumento descontrolado del crecimiento urbano hacia las zonas naturales y costeras. Es importante recalcar que estos ecosistemas deben evaluarse constantemente por ser áreas de interés económico por su privilegiada ubicación, por esta razón se deben realizar estudios sobre el comportamiento del cambio de uso de suelo, para contar con información actualizada que permita tomar decisiones sobre acciones de mitigación, ordenación territorial, protección y preservación de estos ecosistemas.

### Literatura citada

- Aldasoro, S. G. A. 2015. La microcuenca de Mandinga: aportaciones a su historia ambiental. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Ver., México. 79 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma, Italy. 154 p.
- Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. 2008. Programa de desarrollo urbano de la reserva territorial de la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río-Alvarado-Medellín. Gaceta Oficial. Xalapa de Enríquez, Ver., México. 195 p.
- González, V. J. A., E. Hernández V. y M. A. Jacobo V. 2018. Análisis de circulación en estuarios. p. 2281-2293. *In: Memoria del XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*. Buenos Aires, Argentina.
- Hernández, M. G. I., O. Ruíz R., Á Sol S. y J. I. Valdez H. 2016. Cambios de uso del suelo en manglares de la costa de Tabasco. REMEXCA 14:2757-2767.
- Huq, N., A. Bruns, and L. Ribbe. 2019. Interactions between freshwater ecosystem services and land cover changes in southern Bangladesh: A perspective from short-term (seasonal) and long-term (1973-2014) scale. *Sci. Total Environ.* 650:132-143.
- Mas, J. F. y A. Flamenco S. 2011. Modelación de los cambios de cobertura/uso de suelo en una región tropical de México. *GeoTrópico* 5(1):1-24.





- Mendoza, G. G., M. Martínez L., D. Lithgow, O. Pérez M. and P. Simonin. 2012. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecol. Econ.* 82:23-32.
- Navarro, D. C. L. 2017. Organización territorial e identidades de los pueblos de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A. C. Ciudad de México. 95 p.
- Paniagua, C. E. I., D. Granados S. y R. L. Granados V. 2018. Structure, goods and services of the Mandinga mangrove in Veracruz. *Rev. Chapingo Ser. Cie.* 24(2):171-181.
- Xu, C., L. Pu, M. Zhu, J. Li, X. Chen, X. Wang *et al.* 2016. Ecological security and ecosystem services in response to land use change in the coastal area of Jiangsu, China. *Sustainability* 8:816.



## EL CONSUMO DE LEÑA EN EL MUNICIPIO DE ASTACINGA, VERACRUZ

Julio Díaz José<sup>298\*</sup>, José Luis López Ayala<sup>298</sup>, Verónica Morales Ríos, Alondra Itehua Itehua<sup>299</sup>  
y Luz Isabel Panzo Coyohua<sup>299</sup>

### Resumen

Actualmente las comunidades de las áreas rurales y principalmente las comunidades indígenas usan la leña como el principal combustible para cocinar sus alimentos, calentar agua y el hogar. Sin embargo, el uso de la leña no es eficiente, lo que repercute en la degradación de los bosques debido a un mal manejo. El objetivo del presente trabajo fue analizar el consumo de leña en tres comunidades del municipio de Astacinga, Veracruz. Se aplicó un cuestionario en 70 hogares para determinar las preferencias y nivel de consumo de leña, además de realizar la identificación botánica de las especies más consumidas dentro de las tres comunidades. Los resultados indican que en promedio una persona consume 3.4 kg de leña por día, y las familias grandes consumen menos leña *per cápita* en comparación con las familias pequeñas ( $P \leq 0.05$ ). Las personas prefieren el consumo del género *Quercus* sp. pues le atribuyen propiedades como durabilidad, rápido encendido y poca generación de humo. La eficiencia del consumo también se asocia a las formas de almacenamiento de la leña, ya que no se cuenta con infraestructura para el correcto almacenamiento y los altos índices de humedad repercuten en la eficiencia energética. Otro factor importante es el tipo de fogón o estufa que usan en los hogares para preparar los alimentos, pues en las comunidades se identificaron hasta seis tipos de fogón que van desde el tradicional, hasta otros más sofisticados como la estufa Lorena. La principal conclusión es que se han sobre explotado los recursos forestales de las comunidades, lo que pone en riesgo la seguridad energética de las comunidades en el mediano plazo, y para

<sup>298</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. \*julio.diaz.pd184@itszongolica.edu.mx

<sup>299</sup> Ingeniería en Desarrollo Comunitario.



revertir esta situación se requieren implementar estrategias de conservación, buenas prácticas de almacenamiento y tecnologías eficientes para la preparación de alimentos en el hogar.

**Palabras clave:** *Quercus*, estufas ahorradoras, bioenergía, biomasa

## Introducción

El consumo de leña para la preparación de alimentos, calentar el hogar, entre otros, es una constante a nivel mundial. Se estima que la mitad de la población del mundo, en su mayoría ubicada en los países en desarrollo, utiliza este tipo de biomasa para cocinar sus alimentos (Ramírez-Quirama y Tabardo-Vergara, 2014). Al rededor del 18% de los bosque del mundo se encuentran en comunidades y grupos indígenas así como el 25% de la cobertura forestal en desarrollo (Paudel, 2018), la colecta de leña es una fuente importante en áreas rurales de muchos países pobres y se estima que a nivel mundial más de 2.4 billones de personas depende directamente de combustibles tradicionales a partir de biomasa para calentar alimentos y regular la temperatura en el hogar, incluso, en los países más pobres el uso de biomasa representa casi la mitad del consumo de energía a nivel residencial (Link *et al.*, 2012). Lo anterior indica que el consumo de leña sigue siendo muy importante principalmente, en los países desarrollo como el caso de México.

En el año 2004, cerca de la cuarta parte de la población mexicana cocinaba con leña, de los cuales alrededor de 19 millones usan este energético de forma exclusiva, mientras que 8 millones lo combinan con gas LP (Masera *et al.*, 2004). Los principales estados consumidores de leña en México son Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana roo, Tabasco, Veracruz, y Yucatán con un alto índice de marginación (Aguirre-Cortés *et al.*, 2018) Estos estados se caracterizan por contar con los índices más altos de marginación a nivel nacional, pues de estos ocho se encuentran en los primeros lugares. Una proyección estimó que, en el año 2010, el uso de leña y carbón lo realizan cerca del 48% de la



demanda residencial de energía (Hernández-Garduño *et al.*, 2017). El uso de leña en México tiene una alta demanda principalmente en el caso de las comunidades indígenas.

La leña es considerada apropiada para el uso de las familias rurales, que son las que mayormente la consumen, ya que viven en comunidades que contienen valiosos recursos forestales, a los que contribuyen en forma vital al desarrollo y bienestar de la sociedad (May, 2013) a través de la generación de ingresos como del empleo, cubriendo necesidades básicas de las comunidades rurales como pueden ser la alimentación, combustible y medicinas, lo que constituye importantes insumos del proceso industrial primario y secundario. Sin embargo, ante el uso desmedido de la leña como combustible se tiene un problema en la eficiencia de este combustible que forma parte de un elemento básico en la cocina de los hogares, para la cocción de alimentos y calefacción.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar y cuantificar el uso de la leña y la disponibilidad en las comunidades rurales estudiadas. Para ello, este trabajo se propuso responder a las siguientes preguntas: por un lado ¿Qué especies vegetales son las que se consumen en el municipio?, ¿Qué cantidad de leña consumen las familias?, y finalmente, ¿Cómo utilizan la leña que tienen disponible para su consumo? La importancia de este estudio radica en la generación de información para implementar estrategias para la conservación de los recursos naturales disponibles, el uso eficiente de leña a nivel hogar, además de otras estrategias relacionadas la salud y el bienestar.

## **Materiales y métodos**

### **Colecta de información**

Se seleccionaron tres comunidades del municipio de Astacinga: Tepeapa, Acatitla y Centro de Astacinga. Estas comunidades se clasificaron en zona rural, semi rural y semi urbana dando un total de 248 hogares, y una muestra de 70 hogares para su aplicación durante los meses de julio a septiembre de 2018. El cuestionario abordó





preguntas relacionadas al consumo y preferencia de leña, así como la ubicación para la colecta, herramientas que utilizan, formas de transporte de leña al hogar, el rol de la familia para colectar leña y cantidad utilizada por la familia. Para el registro de almacenamiento de cantidad de leña se realizó una ficha donde se colectaron las mediciones de ancho, alto, largó de la pila, y el diámetro se midió a partir del tanto de leña que consumía la familia el cual ellos mismo indicaban la cantidad, se mencionaron las especies más comunes que se encontraban dentro de la pila, tanto el nombre científico, nombre en Náhuatl, de esta forma las personas decían por qué compraban o recolectaban esas especies, que beneficios tenían y bajo qué criterios consideraban que era eficiente el árbol para combustible. Por otra parte, se pidió a las personas entrevistadas indicar la cantidad de leña empleada en un día común, la cual fue pesada al momento de la visita con una báscula. Para realizar la estimación de leña en metros cúbicos por cada familia se empleó la siguiente ecuación:

$$V = (L)(A)(H)(Fc)$$

Donde: V= volumen total en m<sup>3</sup>, L= largo de la pila, A= ancho de la pila, H= alto de la pila y Fc= factor de corrección para tomar en cuenta los huecos entre la leña (0.7 es apilado y 0.5 si es espaciosa).

Para la identificación de las especies empleadas se realizaron colectas botánicas para su corroboración o determinación en el herbario del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica y con el apoyo del programa “Mi herbario virtual versión 1.9.8”.

### **Análisis de la información**

La información obtenida del cuestionario se capturó en una base de datos en Excel©. Para obtener datos en cuanto al consumo de leña en familias grandes y pequeñas, así como por cada comunidad se empleó el software R que permitió realizar la comparación de medias usando una prueba de comparación de medias entre grupos para muestras independientes. Mediante el software Atlas. Ti versión 7.5.4© se realizó el análisis cualitativo para recopilar, explorar y analizar la información acerca de las preferencias de consumo, el manejo que las personas le dan a la leña, así como las condiciones en las que se da el proceso de colecta,



almacenamiento y uso de la leña como combustible.

## Resultados y discusión

En relación con la colecta de la leña, las personas se enfrentan a factores como la disponibilidad, preferencias de consumo y distancias que deben recorrer para encontrar estos recursos. En el Cuadro 1 se muestra la lista de las especies de árboles usadas en las localidades para el consumo leña, de las cuales destacan seis (en orden descendente) como las más aprovechadas para este fin por ser abundantes y eficientes como combustible, además de que no generan exceso de humo, duran encendidas en los fogones tradicionales, es de fácil adquisición en terrenos propios y de costo accesible. Los resultados indican que el género *Quercus* es el que prefieren las familias debido a sus cualidades como combustible.

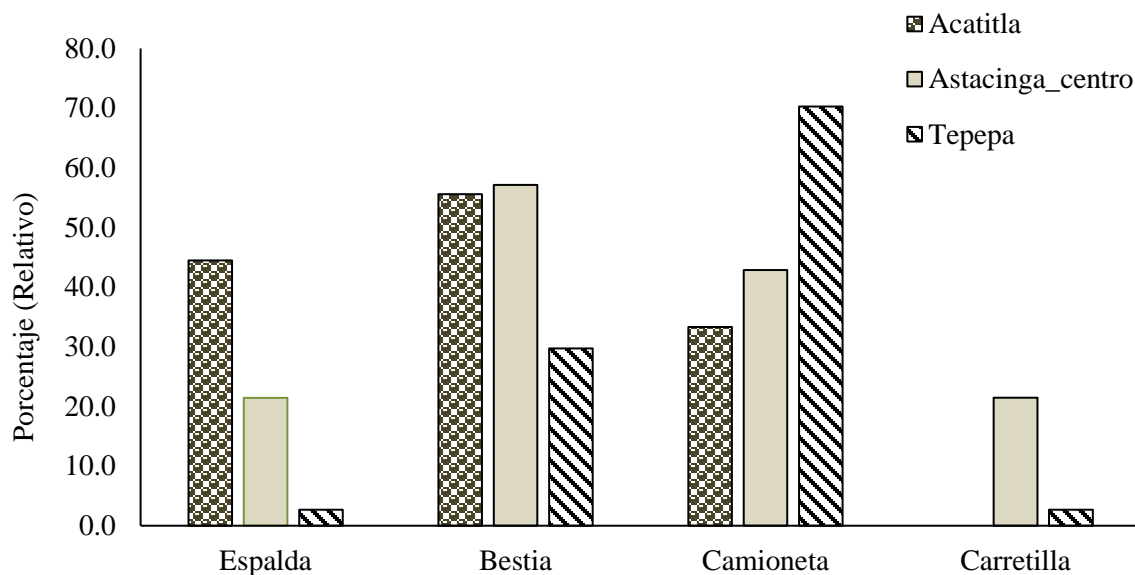
**Cuadro 14. Principales especies (numeradas en orden descendente) usadas como leña en el municipio de Astacinga, Veracruz.**

Nombre común	Familia	Nombre científico
Tamalkuahuitl <sup>1</sup>	Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Neé
Elecuahuitl <sup>2</sup>	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth
Tlaxcal <sup>3</sup>	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>benthamii</i> (Endl) Carriere
Okotl <sup>4</sup>	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schitdl. Cham
Abatl <sup>5</sup>	Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née
Tomakuahuitl <sup>6</sup>	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth
Zahkohkoh	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.
Abatl	Fagaceae	<i>Quercus liebmannii</i> Oerst ex Trel
Tlachpanolxihuitl	Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth
Kapolkuahuitl	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> L.
Okotl	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Shied. ex Schitdl & Cham
Zulexkatl	Scrophulariaceae	<i>Buddleja acuminata</i> Poir
Iztakkuahuitl	Olaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh

Para colectar la leña, las personas usan principalmente herramientas como machetes, hacha, motosierra y también lo hace de forma manual, dependiendo de la especie, el tipo de leña y la disponibilidad de recursos. Al momento de trasladar la leña, éste se hace en la espalda, usando bestias, camioneta o carretilla (Figura 1) dependiendo la

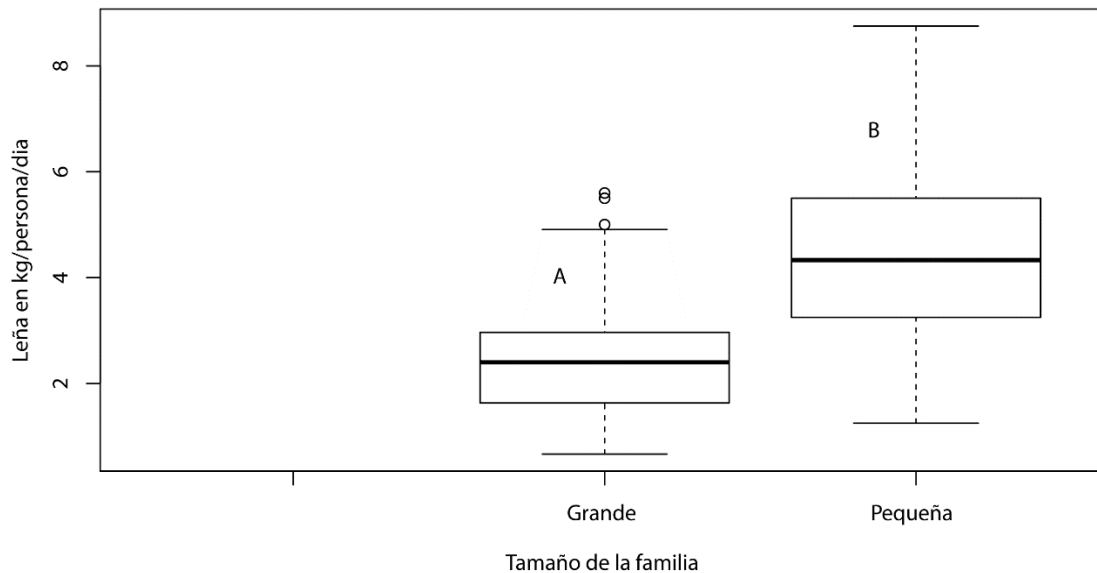


comunidad y la distancia a la cual se encuentra el área de colecta. Las personas de mayor edad mencionan que era común trasladar la leña en la espalda ya que era el único medio con el que contaban y lo hacían de manera rápida, esto asociado también a la cantidad de leña que extraen o recogen; sin embargo, en la actualidad el uso de camionetas se ha generalizado, pero también implica un costo en combustible (gasolina) para el traslado al hogar.



**Figura 1. Formas del traslado de leña al hogar, en cuatro trasportes más comunes que se encuentran en las localidades.**

La eficiencia energética consiste en optimizar los procesos para que al usar la misma cantidad de biomasa se pueda generar mayor energía. Por lo tanto, es importante conocer hasta qué punto el tamaño de la familia determina qué tan eficiente es el uso de la leña como combustible. Considerando que una familia pequeña es de 1-4 integrantes y una familia grande de 5 o más, los resultados indican que las familias grandes hacen un uso más eficiente de la leña en comparación con las familias pequeñas (calculado a partir del consumo por cada hogar y el número de integrantes de la familia), en términos generales, un individuo que pertenece a una familia pequeña consume 4.3 kg, más de leña que un individuo perteneciente a una familia grande, el cual consume 2.6 kg (Figura 2).



**Figura 2. Consumo de leña por persona en el municipio de Astacinga, Veracruz. Diferentes literales indican diferencias significativas ( $p < 0.001$ ).**

En relación con el almacenamiento, en la zona de estudio la disponibilidad de leña varía de acuerdo con la ubicación de la comunidad. La cabecera municipal de Astacinga, por ser un lugar céntrico el almacenamiento tiende a ser de mayores cantidades para poder abastecer a toda la familia en las diferentes actividades que se realizan dentro del hogar y por lo tanto, cuenta con un espacio exclusivo para almacenar, es decir, tiene un techo que cubra en caso de lluvias, cuenta con un soporte para que no tenga contacto con la humedad y se mantiene seca para su uso en el momento que se requiera, generando un mejor rendimiento. Por otra parte, en las comunidades más alejadas no se almacena en grandes cantidades, debido a que tienen mayor disponibilidad y están más cerca de los bosques es más fácil la extracción de leña (Figura 2). Es por ello que en la zona centro se tiene un mayor almacenamiento al comprar cada mes cierta cantidad de leña debido a que tiene una familia grande o por el simple hecho de los que cuentan con un negocio para volver a venderla para las personas que compran por rollo y que utilizan gas LP en combinación con la leña.





a) Almacenamiento de leña bajo techo y con soporte para evitar el contacto con la humedad.



b) Almacenamiento bajo techo, con exposición a la humedad

**Figura 3. Aspecto típico de las formas de almacenamiento de leña en el municipio de Astacinga, Veracruz.**

Finalmente, el uso de la leña está asociado a los tipos de fogones o estufas utilizadas, por lo que se llegó a identificar, en las localidades estudiadas, a seis de las más comunes (Figura 4). Algunas llegan a ser más sofisticadas y otras tradicionales, dependiendo de los recursos económicos de cada familia. En algunos casos, las estufas fueron otorgadas por programas como SEDESOL, SAGARPA, y organizaciones no gubernamentales (ONGs) como Fondo para la Paz, mientras que en otros casos las familias optan por hacer su propio diseño. Debido a esto, existe una gran variedad, por ejemplo, el fogón tradicional que ha sido el más utilizado en los últimos años y preferido para realizar diferentes actividades. Estos fogones están hechos en diferentes diseños y materiales para su construcción, donde los más comunes son contruidos con madera y con distintos tamaños (altura, ancho y largo), y donde se ponen tres piedras para sostener los utensilios. Un alto porcentaje de las familias campesinas optan por este fogón debido a que su construcción y los materiales están disponibles en el hogar y son económicos (Figura 4a).

A partir de 2003 se intensificó la difusión de las estufas de leña, por lo que las instituciones que lo promueven han mejorado las prioridades y necesidades, teniendo un mayor nivel de aceptación (Vázquez-Calvo *et al.*, 2016). Estos programas



se han desarrollado a nivel local y regional con la construcción de estas estufas. Sin embargo, para algunas familias al utilizar estufas mejoradas no han favorecido en mucho ya que se han acostumbrado al uso de fogones tradicional, de tal manera que consideran que es más conveniente por el simple hecho que su construcción es menos costosa y fácil de adquirir, además que las amas de casa realizan varias actividades al mismo tiempo.



a) Fogón tradicional



b) Estufa Lorena



c) Chimenea



d) Estufa Ecológica



e) Estufa Patsari



f) Estufa de aserrín

**Figura 4. Caracterización del tipo de estufas utilizadas en los hogares de las comunidades de Astacinga, Veracruz.**

Las razones que dan las personas sobre las ventajas y desventajas en uso de los diferentes tipos de estufas ahorradoras se presentan en el Cuadro 2. Las estufas ahorradoras en las comunidades rurales tienen grandes ventajas desde mejorar la calidad de vida en las mujeres que están expuestas al humo, hasta tener un control y uso adecuado de la leña; sin embargo, han sido poco aceptadas por su inversión económica y tamaño, algunas de ellas son modificadas por las propias familias, y a pesar de que tiene grandes beneficios, las personas indican que se requiere que tengan mayor capacitación para su correcto uso, así como sensibilización para tener





una cocina sin humo, cuidar la salud de las mujeres y los niños.

## Cuadro 2. Resultados cualitativos obtenidos en Atlas.ti referente a las ventajas y desventajas del tipo de estufas utilizados en las comunidades de Tepeapa, Acatitla y Centro de Astacinga.

Tipo de estufa	Ventajas	Desventajas
Estufa de aserrín	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aprovecha los residuos</li> <li>• No libera humo</li> <li>• Es fácil de llevar todos lados</li> <li>• Es económico y fácil de utilizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aserrín debe estar seco</li> <li>• Una vez encendida no se puede detener la combustión</li> </ul>
Fogón tradicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cocinan de 2 o más alimentos.</li> <li>• Los alimentos tienen un mejor sabor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se concentra el humo dentro del hogar.</li> <li>• El consumo es mayor</li> <li>• Provoca infecciones respiratorias</li> </ul>
Estufa Lorena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se disminuye el riesgo de quemaduras</li> <li>• Conserva el calor más tiempo</li> <li>• Tiene un tamaño en específico del brazuelo</li> <li>• Se recomienda para las familias pequeñas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una pequeña abertura, por lo que se les dificulta limpiarla.</li> <li>• No es eficiente para una familia grande.</li> <li>• Se requiere mayor tiempo para cocinar los alimentos.</li> </ul>
Estufa Patsari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayuda a conservar los bosques</li> <li>• Disminuye enfermedades respiratorias.</li> <li>• Reduce el consumo de leña</li> <li>• Se construye con materiales sencillos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El humo regresa por la entrada de leña</li> <li>• Puede llegar a taparse uno de los orificios</li> <li>• El mantenimiento debe de ser constante, para quitar las cenizas acumuladas.</li> <li>• Las amas de casa no llegan adaptarse por el tamaño.</li> </ul>
Estufa ecológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede trasladar/cambiar de lugar.</li> <li>• Ocupa poco espacio.</li> <li>• Solo necesitan de 3 a 4 leños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene comal de lámina lo que genera que se quemem las tortillas.</li> <li>• Le quitan el comal de lámina.</li> <li>• Se utilizan ramas delgadas.</li> <li>• Se tiene el peligro de sufrir quemaduras debido al calentamiento de los componentes de la estufa.</li> </ul>
Chimenea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impide que el humo se acumule en la cocina.</li> <li>• Tiene un diseño estético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tiene una mayor inversión económica.</li> <li>• Consume igual de leña que un fogón tradicional.</li> </ul>



## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que en el municipio de Astacinga existe un manejo poco eficiente del recurso leña en los tres procesos que se involucran en el uso y manejo de la leña: a) el proceso de colecta y traslado; b) el almacenamiento; y c) la tecnología usada para cocinar los alimentos, calentar el agua o el hogar. Durante la colecta y traslado de la leña las personas prefieren especies con características perdurables y de fácil manejo, las cuales se han vuelto más escasas y de difícil acceso. En relación al almacenamiento, la escasa infraestructura, técnicas de apilado y nulos registros, ocasionan una disminución de la eficiencia energética; y finalmente, el uso casi generalizado de fogones tradicionales incrementa el nivel del consumo de leña, asociándose otros factores tales como costumbres, disponibilidad de mano de obra y cambios en los patrones de convivencia familiar. A pesar de los esfuerzos realizados para incrementar la eficiencia en el uso y manejo de la leña en las comunidades, es claro que se trata de una problemática que involucra factores relacionados con el comportamiento, así como aspectos culturales en relación con la preparación de los alimentos; sin embargo, el uso desmedido y poco eficiente de la biomasa para fines energéticos, pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos en el mediano y largo plazos.

## Agradecimientos

Al Maestro Héctor David Jimeno Sevilla, por el apoyo en la identificación de las especies colectadas y las facilidades otorgadas en el herbario del Tecnológico de Zongolica. Se agradece también a las personas que participaron en el estudio respondiendo el cuestionario y apoyando en la medición. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación de las estudiantes Alondra Itehua Itehua e Isabel Panzo Coyuhua, bajo la dirección del primer autor, así como de los cuerpos académicos de Ingeniería Forestal y Desarrollo Comunitario.





## Literatura citada

- Aguirre-Cortés, E., López-Martínez, J. O., Vargas-Larreta, B., Pat-Fernández, J. M., y Macario-Mendoza, P. 2018. Preferencias de uso de leña en un paisaje cultural en el sur de México. *Revista Chapingo Series Forestales y Del Ambiente* 24:147-160.
- Hernández-Garduño, E., Gómez-García, E., y Campos-Gómez, S. 2017. Prevalence trends of wood use as the main cooking fuel in Mexico, 1990-2013. *Salud Pública de México* 59(1):68-75.
- Link, C. F., Axinn, W. G., and Ghimire, D. J. 2012. Household energy consumption: Community context and the fuelwood transition. *Social Science Research*, 41(3):598-611.
- Masera, O., Díaz, R., y Berrueta, V. 2004. Programa para el uso sustentable de la leña en México: de la construcción de estufas a la apropiación de tecnología. Congreso Mundial de Energía Renovable.
- Paudel, J. 2018. Community-Managed Forests, Household Fuelwood Use and Food. *Ecological Economics* 147:62-73.
- Ramírez-Quirama, J. F., y Tabardo-Vergara, A. L. 2014. Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente Antioqueño. *Revista Producción + Limpia* 9(1):99-114.
- May, T. 2013. Plantas preferidas para leña en la zona de bosque seco de Pedro Santana y Bánica, República Dominicana. Aspectos etnobotánicos y de manejo sustentable. *Ambiente y Desarrollo* 17(33):71-87.
- Vázquez-Calvo, M. A., Cruz-León, A., Santos-Cervantes, C., Pérez-Torres, M. Á., y Sangerman-Jarquín, D. M. 2016. Estufas lorena: uso de leña y conservación de la vegetación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* 16:3159-3172.



## COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE MACROALGAS COSTERAS DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO

Hillary Báez Martínez<sup>300</sup>, Loyda García Ferrer<sup>301</sup>, Eugenio Rangel León<sup>301</sup> y Ana Leticia Platas Pinos<sup>301\*</sup>

### Resumen

Las algas en la actualidad han recibido una fuerte ola mediática negativa debido al descontrol en el arribazón de sargazo en las costas caribeñas peninsulares, ya que se consideran residuo sólido y su disposición sobrepasa las medidas municipales para su control, aunado a procesos adversos de degradación y afectaciones visuales para el turismo de la zona. Sin embargo, son muy conocidos sus beneficios al ser organismos con múltiples compuestos bioactivos de alto interés comercial y tecnológico. No obstante, los trabajos publicados sobre temas de ficología en algas costeras mexicanas se limitan a la evaluación ecológica de las mismas, la literatura se encuentra limitada en su aporte al estudio de componentes bioactivos de importancia biológica, además, de su escaso aporte a temas de salud o nutrición como en el caso de países desarrollados, dejando a un lado la riqueza en biodiversidad mexicana. Por tal motivo, el presente trabajo se identificó y determinó la diversidad y riqueza de especies de macroalgas que arriban a las costas del puerto de Veracruz, con el fin de determinar que especies pudieran ser seleccionadas para su aprovechamiento biotecnológico. Para esto, se realizaron colectas en 8 diferentes puntos de la zona costera conurbada Veracruz-Boca del Río, se realizó la identificación de las especies encontradas con ayuda de técnicas citológicas y claves taxonómicas de la literatura, se determinaron los índices de diversidad de Shannon-Wiever, Dominancia de Simpson y Equidad de especies de Pielou mediante peso de biomasa por unidad de área efectuada con la ayuda de transectos. Los resultados

<sup>300</sup> Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 C.P. 94290, Boca del Río, Ver.  
\*anaplatas@bdelrio.tecnm.mx.

<sup>301</sup> Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Miguel Hidalgo 617, Río Jamapa, 94290 Boca del Río, Ver.



obtenidos del estudio mostraron la presencia de 12 algas ya conocidas en estudios anteriores en arrecifes del PNSAV, 5 clorofitas, 5 rodofitas y 2 feofitas, obteniendo una mayor abundancia para *Ulva rigida* e *Hypnea cervicornis*, alcanzando valores de hasta 500 g/m<sup>2</sup> de biomasa. Además, los estudios de diversidad y dominancia de especies mostraron una baja diversidad y por ende una dominancia de las dos especies observadas, alcanzando dominancias del 80% del peso de biomasa total.

**Palabras clave:** identificación taxonómica, riqueza

## Introducción

Las algas en la actualidad han sido un fenómeno mediático por su incremento en la acumulación costera del sargazo en el Caribe (BBC, 2019), las cuales, debido a sus efectos negativos al ambiente, como la eutroficación de cuerpos acuáticos, incorporación de metales pesados y productos sulfurados derivados de su degradación, así como, la producción de toxinas que todas ellas dan por resultado alteraciones a la salud y contaminación ambiental (González, 1987). Por otro lado, el sector turístico y municipal de las costas mexicanas han considerado a las algas como basura costera en los últimos 30 años, ya que mencionan afectaciones visuales y de mal olor generado por las grandes cantidades que arriban y se descomponen en la costa, lo que para el municipio significan costos operativos de limpieza periódica de playas y su subsecuente incorporación a los recintos de colección de desechos urbanos, lo que termina en su descomposición y acumulación de desechos contaminantes de suelos y mantos acuíferos (Dreckmann y Senties, 2013). El caso de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río no es diferente, mes tras mes, llegan miles de toneladas de algas a la costa del puerto provenientes del Parque Arrecifal Veracruzano (PNSAV), lugar de origen de extensa diversidad de algas, que conlleva a una constante arribada de las mismas que conlleva a los problemas comentados anteriormente.



Sin embargo, es también conocido los usos que se le han dado a estos organismos como fuente de potasio y fósforo para cultivo de hortalizas, extracción de ficocoloides como alginatos, carrageninas y agares, pigmentos naturales como colorantes y fuente antioxidante y ácidos grasos insaturados (PUFA) especialmente los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA), los cuales han tenido una alta demanda en los últimos años en la industria de alimentos, cosmética y la médica (Ibañez y Cifuentes, 2013; Dominguez, 2013).

Además, a los productos derivados de las algas, están han sido consumidas dentro de las dietas orientales desde el siglo IV por los japoneses y el siglo VI por los chinos, teniendo un mercado de consumo en fresco de 6 billones de dólares anuales de acuerdo a lo publicado por la FAO en el 2018, que cuantifica una producción de 12 millones de toneladas anuales (Ferdouse *et al.*, 2018). *Laminaria japónica* (Kelp), *Kappaphycus alvarezii* (Elkhorn), *Undaria pinnatifida* (Wakame), *Porphyra spp.* (Nori) y *Spirulina spp.* (Espirulina) son las principales especies que destacan por su consumo en fresco, sin embargo, el mercado actual abarca alrededor de 221 especies para su uso material de extracción de productos anteriormente mencionados (Ferdouse *et al.*, 2018).

A pesar de lo extenso del mercado de algas, en México no se tiene un registro comercial de empresas que desarrollen o procesen algas con fines productivos, pese a la diversidad de algas mexicanas y, sobre todo, de acuerdo a los reportes en literatura en temas de ficología.

Existen reportes desde el año 1962 donde mencionan la presencia de macroalgas e identifican alrededor de 32 especies de tres familias. En reportes más recientes, Mateo-Cid y colaboradores (1996) describen 5 especies de Cianofitas, 37 especies de Rodofitas, 6 especies de Feofitas y 24 especies de Clorofitas presentes en el arrecife de Isla Verde en el litoral veracruzano del Golfo de México. En 2017 García-López y colaboradores realizan una actualización de la misma zona de estudio para algas verdes (Clorofitas), realizando muestreos en doce localidades de 2006 a 2016, encontrando 93 especies predominando las familias *Cladophoraceae*, *Ulvaceae* y *Caulerpaceae*. Por otro lado, Galicia-García y colaboradores (2013) describe 13 especies de algas verdes y 12 especie de algas pardas colectadas en el arrecife





Cabezo del PNSAV. De lo anterior, nos constata sobre la diversidad de macroalgas que existen en el Golfo de México y más específicamente, de las costas del Puerto de Veracruz. Sin embargo, no se tiene registro de las especies de macroalgas que arriban a la costa del puerto y tampoco del aprovechamiento biotecnológico de las mismas con fines nutracéuticos, farmacéuticos o cosmeceúticos. Por tal motivo, el presente trabajo tiene por objetivo identificar la composición, abundancia y diversidad de macroalgas costeras que arriban a la zona conurbada Veracruz-Boca del Río.

## Materiales y métodos

### Zona de muestreo

Se destinaron 8 puntos de colecta de las macroalgas (Cuadro 1) ubicados dentro de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río y se realizaron con una frecuencia de muestreo de 15 días abarcando los meses de febrero a julio de 2019. Los ejemplares se obtuvieron en diferentes sustratos tales como rocas y arena. Los organismos fueron colectadas a mano y posteriormente colocadas en bolsas de cierre hermético (Ziploc), se etiquetaron y se fijaron con una solución de formaldehído al 4% en agua de mar previamente filtrada y esterilizada. El material fue llevado al laboratorio de Biología del Instituto Tecnológico de Boca del Río, para su posterior observación e identificación.

**Cuadro 1. Puntos de muestreo asignados para muestreo en la costa de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río.**

Puntos de muestreo	Coordenadas
Playa Villa del mar	N 19° 7' 24" W 96° 7' 24"
Playa Martí	N 19° 10' 27" W 96° 7' 11"
Playa La Bamba	N 19° 10' 27" W 96° 7' 11"
Playa Tortuga	N 19° 9' 49" W 96° 6' 13"
Playa Ingenieros	N 19° 8' 59" W 96° 5' 36"
Playa Mocambo	N 19° 7' 59" W 96° 7' 15"
Playa Morro	N 19° 6' 58" W 96° 6' 12"
Playa Vicente Fox	N 19° 6' 33" W 96° 6' 5"



## Identificación de los organismos

La identificación se llevó a cabo mediante cortes transversales y longitudinales de los organismos colectados y se observaron en microscopio estereoscópico Novex P-20 y microscopio óptico Motic B3 Professional realizando aumentos 100X y 400X para la observación y comparación citológica, especialmente células medulares, corticales y pericentrales. Los cortes fueron preparados en semipermanente con una solución grenetina-fenol-glicerol (5 g de grenetina, 200  $\mu$ L de fenol y 500  $\mu$ L de glicerol en 10 mL de agua destilada), colocando una gota de la solución en el portaobjeto conteniendo el fragmento de talo o corte, se deja solidificar por 40 min y se sellan con esmalte de uña negro y cubreobjeto. Se obtuvieron micrografías de las observaciones para su comparación con la literatura. La comparación de la descripción taxonómica se sustentó en los volúmenes de Littler y Littler (2000) y Dawes y Mathieson (2008).

## Análisis de abundancia y diversidad de macroalgas

En cada punto se colectaron los organismos empleando transectos perpendiculares a la costa, en la última línea de marea alta, con cuadrantes de 50 x 50 cm, con un espaciado de 5 m. Con base a la colecta, se determinó la presencia-ausencia de los organismos para determinar la riqueza de especies, además, de la determinación de la biomasa en  $g/m^2$  para la determinación de la abundancia y la diversidad de organismos. Para la determinación de la diversidad de especies se emplearon los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equidad de Pielou ( $J'$ ) y dominancia de Simpson ( $D$ ), bajo las siguientes formulas:

$$H' = \sum \left( \frac{n_i}{N} * \ln \frac{n_i}{N} \right) \quad \text{Ecuación de Shannon-Wiener}$$

$$J' = \frac{H'}{\log S} \quad \text{Ecuación de Pielou}$$

$$D = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \quad \text{Ecuación de Simpson}$$



## Resultados y discusión

En la identificación de las macrolagas encontradas en los arribazones al puerto de Veracruz se encontraron 5 especies de Clorofitas (*Ulva rigida*, *Ulva fasciata*, *Enteromorpha compressa*, *Caulerpa sertularioides* y *Caulerpa racemosa*), 5 especies de Rodofitas (*Acanthophora spicifera*, *Hypnea cervicornis*, *Grateloupia filicina*, *Gracilaria parvispora* y *Gracilaria bursa-pastoris*) y 2 especies de Feofitas (*Padina gymnospora* y *Sargassum fluitans*), destacando las familias Ulvaceae y Caulerpáceae del phylum Clorophyta. Los hallazgos de clorofitas coinciden para los reportes efectuados por García-López *et al.* (2017), quienes también encontraron las mismas especies en el litoral veracruzano, específicamente en sus muestreos en la playa del arrecife Ingeniero, además, de otras ubicaciones como en las costas de Villarrica y Monte Pío, donde se encontraron ambas especies de *Caulerpa* hallados en este trabajo. Para el caso de las algas rodofitas Galicia-García *et al.* (2013), quienes colectaron algas rojas en el arrecife Cabezo del PNSAV, que llegaron a la costa debido a las corrientes marinas. Cabe destacar que las especies de clorofitas y rodofitas que arriban a la costa del puerto son provenientes de los arrecifes de PNSAV de acuerdo a lo observado en la literatura; por otro lado, el caso de las especies feofitas encontradas en el presente coinciden con lo encontrado por Ávila-Ortiz *et al.* (2011) y Mateo *et al.* (2013) para *Padina* y Muñoz-Bautista (2013) y Fernández *et al.* (2017) para *Sargassum*. Sin embargo, los reportes de *Padina* fueron efectuados para Golfo de México y Caribe, así como, las costas de Campeche de acuerdo a los autores y en el caso de Sargazo, los reportes indican presencia en las costas del puerto de Veracruz, pero también, en República Dominicana. Muñoz-Bautista (2013) menciona que el sargazo proviene del Mar del Sargazo localizado en el Atlántico Norte y las corrientes lo desplazan a las costas del Golfo y Caribe, sin embargo, la *Padina* es arrastrada por la mancha de sargazo y desplazándolo de las costas de todo el Golfo de México, lo que origina, posiblemente, la baja diversidad en esta familia de algas con respecto a las otras dos.

En cuanto a las determinaciones de riqueza y abundancia, las colectas mostraron una acumulación de biomasa algal preferentemente en los puntos de playas Martí,



Ingeniero y del Morro, ya que estas son las más próximas a los arrecifes del PNSAV y las formas de las escolleras que se ubican en estas playas provocan la acumulación de la biomasa, encontrándose su presencia de todos los puntos mencionados (Cuadro 2) para *Ulva rigida*, *Gracilaria bursa-pastoris* e *Hypnea cervicornis*, los puntos de Martí e Ingeniero fueron los que tuvieron una mayor cantidad e especies teniendo una riqueza relativa de 7 y 8 especies, respectivamente. Sin embargo, solo *Ulva* fue la única especie que estuvo presente en todos los meses de muestreo para los puntos 2 y 5, por otro lado, *Gracilaria bursa-pastoris* e *Hypnea cervicornis* estuvieron presentes en todos los meses solo para el punto 2. *Padina gymnospora* y *Caulerpa racemosa* fueron dos especies que solo se encontraron durante la colecta en playa Ingeniero (punto 5) y *Sargassum fluitans* solo fue detectada en playa Martí (punto 2).

**Cuadro 2. Presencia porcentual de macroalgas en los puntos de muestreo durante los meses de febrero-julio 2019.**

Especies colectadas	P2. Playa Martí (%)	P5. Playa Ingeniero (%)	P7. Playa Morro (%)
<i>Ulva rigida</i>	100	100	25
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	100	50	25
<i>Sargassum fluitans</i>	25	0	0
<i>Hypnea cervicornis</i>	100	75	25
<i>Enteromorpha compressa</i>	25	25	0
<i>Acanthophora spicifera</i>	75	75	0
<i>Padina gymnospora</i>	0	75	0
<i>Caulerpa racemosa</i>	0	50	0
<i>Gracilaria parvispora</i>	25	25	0

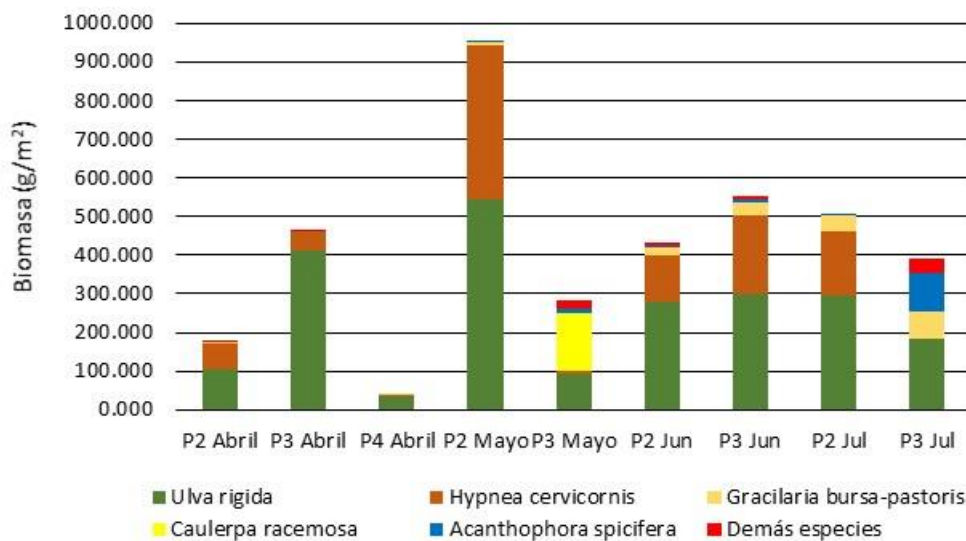
No obstante, la biomasa obtenida (Figura 1) mostró una mayor presencia de *Ulva rigida*, obteniéndose un máximo 545 g/m<sup>2</sup> en el mes de mayo, seguida de *Hypnea cervicornis* con un máximo de 399 g/m<sup>2</sup> en el mismo mes y punto de muestreo. La abundancia de las demás algas no tuvo un aporte al peso total de las algas arribadas. La presencia de las especies de menor peso obtenido se debe, probablemente por el arrastre de las mismas por la estructura ramificada de *Hypnea*, ya que estas fueron encontradas dentro del cuerpo de la última. A pesar de ello, el contenido fue constante y relativamente abundante teniendo pesos de hasta 90 g/m<sup>2</sup>, lo que



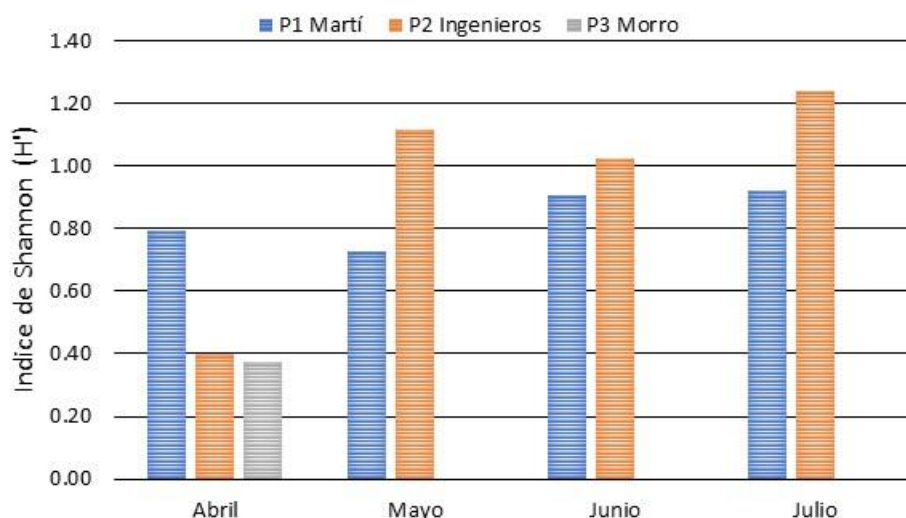


pondera a una colecta considerable si se requiere como materia prima. Es de considerar, que la presencia de biomasa en contenidos por encima de los 50 g/m<sup>2</sup> fue constante en todos los meses, no así en todos los puntos, siendo los de mayor contenido de biomasa los puntos de Martí e Ingeniero.

Los resultados que mostraron los índices de diversidad (Figura 2, 3 y 4) son bajos en comparación a lo observado en la literatura, ya que de acuerdo a las colectas efectuadas por Galicia-García *et al.* (2013) y García-López *et al.* (2017), nos dejan ver una cantidad de especies que supera la riqueza encontrada en este trabajo, sin embargo, no existen reportes de diversidad determinada para las zonas de muestreo, además de que la diversidad depende de la arribada de organismos a las costas. El índice de Shannon (Figura 2) nos muestra un aumento de diversidad conforme avanzó la temporada de arribazón algal, la cual se encuentra entre los meses de febrero a mayo, no obstante, este periodo se alargó hasta el mes de julio debido a la llegada tardía de los primeros “nortes” y escasas lluvias en el mes de abril, siendo estas en el mes de junio y julio, obteniéndose la mayor diversidad relativa en el punto de Ingeniero.

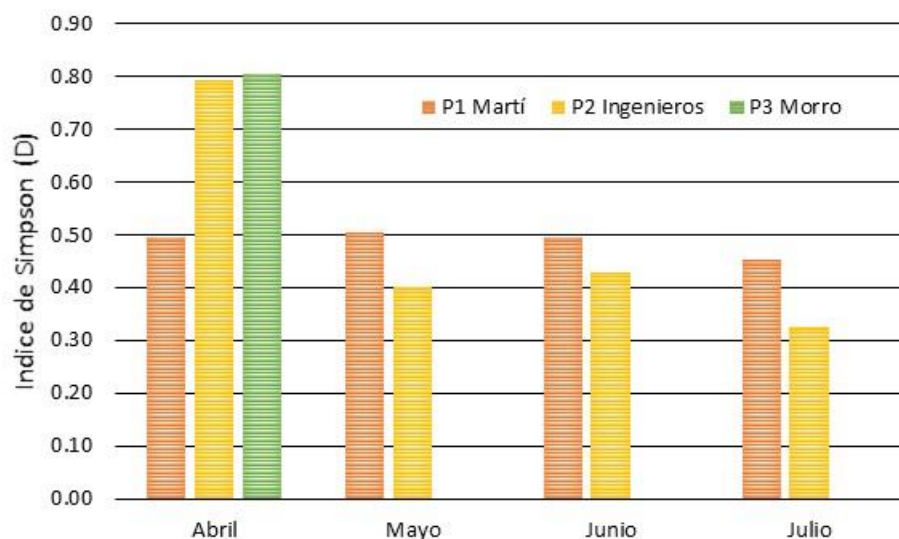


**Figura 1. Abundancia por biomasa colectada en las zonas de muestreo durante los meses de abril a julio de 2019.**



**Figura 2. Diversidad de especies de los puntos colectados en los meses de abril a julio de 2019 determinada a través del índice de Shannon-Wiener.**

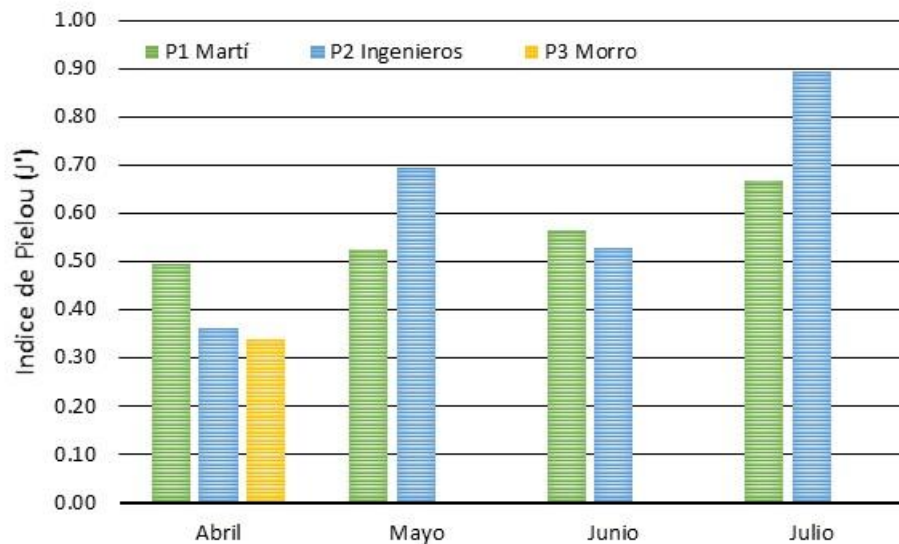
En la Figura 3 se observa la dominancia ejercida por *Ulva rigida* e *Hypnea cervicornis*, determinado en el índice de Simpson, obteniéndose un 80% de la biomasa total en el mes de abril es de estas dos especies. Cuando la diversidad de especies fue aumentando a los siguientes meses la dominancia de *Ulva* e *Hypnea* disminuyó entre un 30 a 40% de la biomasa total.



**Figura 3. Dominancia de especies de los puntos colectados en los meses de abril a julio de 2019 determinada a través del índice de dominancia de Simpson.**



En cuanto a la equidad de especies debido a su biomasa (Figura 4), el índice de Pielou nos muestra como en el mes de abril tuvimos un peso de biomasa homogéneo para las especies colectadas, sin embargo, la equidad fue disminuyendo a través del paso de los meses alcanzando un máximo (90%) en el mes de julio para el punto de Ingeniero, debido al incremento de las dos especies preponderantes en biomasa y un 66% en el caso de Martí para el mismo mes. Lo que nos indica que las algas predominantes en cuanto a crecimiento de la densidad poblacional de *Ulva rigida* e *Hypnea cervicornis* es favorecida por las condiciones climáticas y de hábitat de la región del PNSAV.



**Figura 4. Equidad de especies de los puntos colectados en los meses de abril a julio de 2019 determinada a través del índice de dominancia de Simpson.**

Es importante destacar la dominancia de las familias de Rodofitas y Clorofitas sobre las Feofitas por su origen endémico, teniendo 3 clorofitas y 2 rodofitas como algas de mayor contenido en el arribazón diario al puerto.

Es por ellos que estas dos especies podrían de potencial interés en su próximo estudio como fuente de compuestos nutraceuticos, farmacológicos y/o cosmeceuticos, ya que de acuerdo a la literatura son rico en compuestos bioactivos de interés a la salud y a la alimentación. El siguiente paso convendría en un estudio de identificación de compuestos químicos con potencial interés, así como, su evaluación nutrimental para su consumo animal o humano.



## Conclusiones

En el presente trabajo se logró identificar 12 especies de algas costeras, prevaleciendo las familias Rhodophyta y Chlorophyta. Estas dos familias tienen cada una de ellas a un ejemplar predominante en el contenido de biomasa que llega hasta la costa, lo que posibilita su explotación como fuente de ingredientes funcionales o para su consumo en fresco. La diversidad fue baja en comparación a la riqueza de organismos de los arrecifes aledaños, sin embargo, se obtuvieron ejemplares de las 3 familias de macroalgas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero otorgado a través del proyecto 5536.19-P.

## Literatura citada

- Ávila-Ortiz, A. G., L. E. Mateo-Cid, A. C. Mendoza-González. 2011. Caracterización morfológica de *Padina boergesenii* (Dictyotaceae, Phaeophyceae) en la costa mexicana del golfo de México y mar caribe. *Polibotánica* 31:1-20.
- BBC. 2019. Sargazo en el Caribe: el desastre en México por la marea de algas que invade sus paradisíacas playas. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-48764081> [consultado el 7 de agosto de 2019]
- Dawes, C.J. y A.C. Mathieson. 2008. *The seaweeds of Florida*. University Press of Florida. Gainesville, USA. VIII. 591 p.
- Dominguez, H. 2013. Algae as a source of biologically active ingredients for the formulation of functional foods and nutraceuticals. p. 1-19. *In*: Dominguez, H. (ed.). *Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals*. Woodhead Publishing. Cambridge, UK.





- Dreckmann, K. M. y A. Senties. 2013. Los arribazones de algas marinas en el caribe mexicano: evento biológico natural o basura en las playas. CONABIO. Biodiversitas 107:7-11
- Ferdouse, F., S. Lovstad H., R. Smith, P. Murúa, Z. Yang. 2018. The global status of seaweed production, trade and utilization. Globefish Research Programme Volumen 124. Roma, Italia. 120 p.
- Fernández, F., C. J. Boluda, J. Olivera, L. A. Guillermo, B. Gómez, E. Echavarría, *et al.* 2017. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. Centro Azúcar 44:11-22.
- Galicia-García, C., N. M. Robinson, Y. B. Okolodkov. 2013. New records of red algae (Rhodophyta) for Cabezo Reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. Acta Bot. Mex. 102:39-76
- Galicia-García, C., N. M. Robinson, Y. B. Okolodkov. 2013. New records of red algae (Rhodophyta) for Cabezo Reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. Acta Bot. Mex. 102:39-76.
- García-López, D. Y., L. E. Mateo-Cid, A. C. Mendoza G. 2017. Nuevos registros y lista actualizada de las algas verdes (Chlorophyta) del litoral de Veracruz, México. Gayana Bot. 74(1):41-56.
- Gonzalez, G. J. 1987. Las algas de México. Ciencias 10:16-25
- Ibañez, E. and A. Cifuentes. 2013. Benefits of using algae as natural sources of functional ingredients. J Sci Food Agric 93:703-709.
- Littler, D.S. y M.M. Littler. 2000. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Offshore Graphics, Inc. Washington, D.C., USA. 542 p.
- Mateo, C. L. E., A. C. Mendoza G., C. Galicia G. 1996. Algas marinas de Isla Verde, Veracruz, México. Acta Bot Mex 36:59-75.
- Muñoz-Bautista, A. N. 2013. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna asociada a *Sargassum* (Phaeophyceae: fucales) flotante en el Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del Golfo de México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías-Universidad Veracruzana, Boca del Río, México.



## ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN REGIONES CAFETALERAS DE VERACRUZ, MÉXICO

Juan Angel Tinoco Rueda<sup>302\*</sup> y Esteban Escamilla Prado<sup>302</sup>

### Resumen

El cambio climático es un fenómeno que se está presentando a nivel global y se espera que modifique las características de diversos sistemas naturales y antrópicos. Estudios recientes sugieren que las regiones cafetaleras de México son altamente vulnerables a este fenómeno debido a su dependencia de las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad principalmente, aunado a la diversidad biocultural en donde se desarrolla esta actividad productiva. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la adaptación al cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de las regiones cafetaleras de Veracruz. Para lograr el objetivo planteado se realizó una zonificación agroecológica del café arábigo con tres escenarios de cambio climático, además de un taller participativo con técnicos y productores provenientes de las 10 regiones cafetaleras del estado. Los resultados de la zonificación agroecológica establecen que los escenarios GFDL y HADGEM sugieren una disminución en la aptitud para el café arábigo mientras que el escenario CNRCM establece condiciones para el incremento de la aptitud del aromático. Como resultado del taller participativo se mencionó que los huracanes, heladas y sequías son los principales eventos meteorológicos que han afectado en el pasado a las distintas regiones cafetaleras. Así mismo, se mencionaron posibles estrategias de adaptación al cambio climático por cada una de las áreas productoras del aromático. Con base en la información obtenida se observa que cada región cafetalera presenta su propia dinámica climática y sus correspondientes impactos en los agroecosistemas de café. Se observa que es

---

<sup>302</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente. \*Correo: [tinoco@correo.chapingo.mx](mailto:tinoco@correo.chapingo.mx)



indispensable que cada región desarrolle su plan de adaptación al cambio climático considerando sus condiciones ambientales, sociales, culturales y económicas.

**Palabras clave:** cafecultura, calentamiento global, talleres participativos, escenarios de cambio climático

## Introducción

El clima se define como las condiciones promedio del tiempo atmosférico en un periodo de tiempo (generalmente 30 años), a su vez, el cambio climático se conceptualiza como la modificación en el comportamiento promedio del clima durante un largo periodo de tiempo (Parry *et al.*, 2007). De manera natural han ocurrido cambios en el clima durante la historia de la Tierra, originados por la tectónica de placas, erupciones volcánicas, tormentas solares, cambios en la excentricidad del planeta o por el impacto de meteoritos.

Actualmente se está iniciando un nuevo periodo de cambio climático, aunque a diferencia de los registrados en épocas pasadas, se presenta por efecto de las actividades del humano o antropogénicas (IPCC, 2013). Este cambio climático antropogénico se origina por la creciente concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC y  $\text{SF}_6$ ) en la atmósfera, lo que provoca el incremento de la temperatura mundial. Los GEI producen el efecto invernadero en la atmósfera ya que dejan pasar la radiación solar de onda corta proveniente del espacio, pero al ser reflejada por la superficie terrestre se convierte en radiación de onda larga (infrarroja) y los GEI de la atmósfera absorben parte de esta radiación calentándola. Este efecto invernadero es de suma importancia para el desarrollo de la vida en el planeta, ya que sin la presencia de éste la temperatura promedio del planeta sería de  $-15\text{ }^\circ\text{C}$  aproximadamente.

El proceso de contaminación atmosférica ha provocado que las concentraciones de  $\text{CO}_2$  a nivel mundial pasen de 280 ppm antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, o bien, a 430 ppm si se considera a todos los GEI en



términos de su equivalencia en dióxido de carbono lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. Las principales actividades que liberan GEI a la atmósfera son la quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales, el cultivo de arroz, la producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, uso de fertilizantes, refrigerantes industriales, aparatos de aire acondicionado, la actividad petroquímica, entre otros (Gobierno de la República, 2014; Solomon *et al.*, 2007).

Desde una perspectiva del concepto de vulnerabilidad al cambio climático se reconoce que la configuración agroecológica de los sistemas de producción de café junto con las condiciones socioculturales y económicas de las comunidades donde se desarrollan, definen el nivel de sensibilidad y de capacidad adaptativa de la cafecultura en cada región. Ejemplo de los posibles impactos que se pueden presentar en la cafecultura por efecto del cambio climático son las siguientes: desplazamiento de la aptitud del café a zonas de mayor altitud, afectaciones en el periodo de floración, baja en la fertilidad del suelo, entre otras. Cabe señalar que los impactos esperados no se presentarán en la misma magnitud en todas las regiones cafetaleras, dependerá de las condiciones específicas de cada unidad de producción.

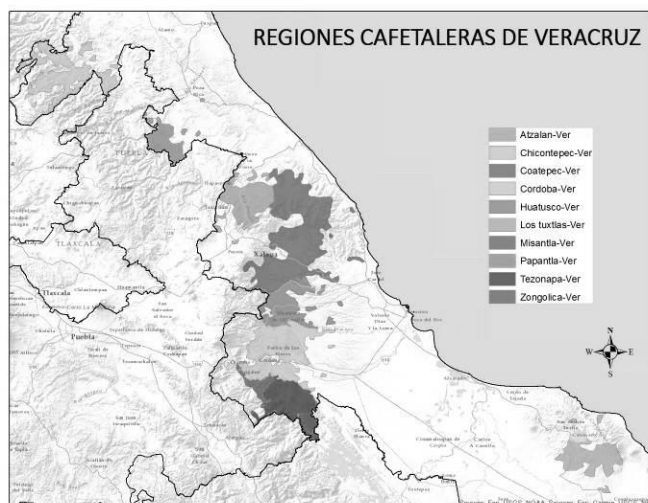
Es por lo anterior que el objetivo de la presente investigación fue evaluar la adaptación al cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de las regiones cafetaleras de Veracruz.

## **Materiales y métodos**

### **Zona de estudio**

El estudio se llevó a cabo en las 10 regiones cafetaleras del estado de Veracruz: Atzalan, Chicontepec, Coatepec, Córdoba, Huatusco, Los Tuxtlas, Misantla, Papantla, Tezonapa y Zongolica. En la Figura 1 se presenta la ubicación de las regiones.





**Figura 18. Regiones cafetaleras de Veracruz.**

### Zonificación agroecológica con escenarios de cambio climático

En el Laboratorio de Geomática del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo se realizó la zonificación agroecológica para el escenario base; se utilizaron tres escenarios de cambio climático para México (GFDL, CNRCM y HADGEM) para el horizonte de tiempo 2015-2039 y trayectoria de concentración representativa (RCP) 8.5 (Fernández *et al.*, 2015). Las variables utilizadas para el proceso de zonificación fueron las siguientes: precipitación anual, temperatura media anual, temperatura mínima promedio mensual y temperatura máxima promedio mensual.

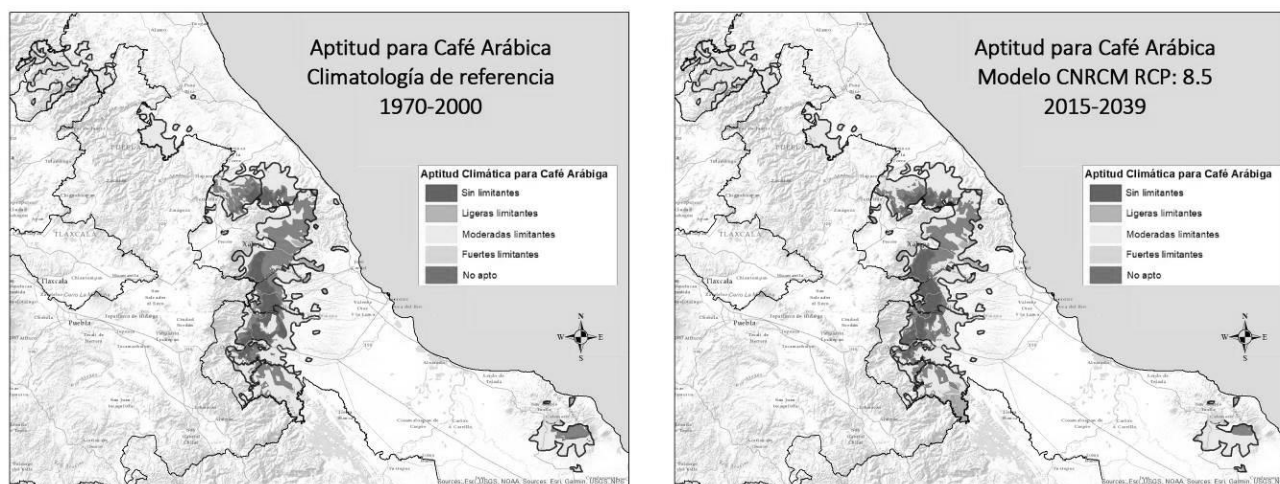
### Taller participativo

El taller participativo se desarrolló en la ciudad de Coatepec en septiembre de 2018. Se abordaron en conjunto con los técnicos y productores asistentes dinámicas para obtener información de los eventos climáticos extremos y las acciones implementadas por los cafeticultores. Como actividad final del taller se les solicitó a los participantes que analizaran las estrategias de mitigación y adaptación y que seleccionaran las que consideraran más importantes a implementar en cada región.

## Resultados y discusión

Como resultado, en la entidad se identificó una disminución del 17% en la aptitud para el café, en donde las regiones con mayor afectación son Los Tuxtlas, Tezonapa y Atzacan. Se observa un desplazamiento de las áreas con mayor aptitud a zonas de mayor altitud. Las regiones Huatusco, Córdoba y Coatepec se observó un incremento en la aptitud para el aromático, en especial en la zona limítrofe con el estado de Puebla. Los factores que determinan estas modificaciones son los cambios esperados en la temperatura máxima promedio y la precipitación. En la Figura 2 se presenta la zonificación agroecológica para el escenario base y el modelo de cambio climático CNRCM.

Como parte de los resultados del taller participativo los asistentes identificaron a las heladas, huracanes y sequías como los tres eventos que mayor impacto negativo han generado en la cafecultura. Con respecto a las estrategias de adaptación se ubicaron al manejo de sombra, renovación de cafetales, obras de conservación de suelos, capacitación de técnicos/productores y nutrición de suelos como las cinco estrategias principales que pueden ayudar a reducir la vulnerabilidad de las regiones cafetaleras de Veracruz al cambio climático.



**Figura 19. Zonificación agroecológica para *Coffea arabica* L. (izquierda-escenario base, derecha-modelo francés CNRCM).**



## Conclusiones

1. El proceso de investigación-acción participativa empleado en la presente investigación permite involucrar a los actores de la producción de café en la toma de decisiones sobre aspectos relacionados a la adaptación al cambio climático.
2. El conjunto de saberes locales en combinación con el análisis de la información climática permite crear una línea temporal en, la cual, los productores pueden identificar los periodos en donde ellos y sus antecesores registraron alteraciones en la temperatura y/o la precipitación y sus impactos en la producción de café.
3. Los modelos cartográficos de los posibles cambios en la distribución espacial del café sugieren un desplazamiento de la zona apta para el cultivo del aromático hacia zonas de mayor altitud, situación que corresponde con lo mencionado por los productores en el taller desarrollado.
4. Se considera que la información generada en el presente trabajo servirá como base para que los productores y técnicos puedan generar su propia estrategia de adaptación al cambio climático y permitirá implementar actividades puntuales en cada una de las regiones.

## Literatura citada

- Fernández, A., J. Zavala., R. Romero R., A. C. Conde y R. I. Trejo. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Gobierno de la República. 2014. Estrategia nacional de cambio climático. Secretaría de Gobernación. México.
- Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). 2013. Cambio climático: informe de síntesis. Cambridge University Press. Suiza.



- Parry, M. L., F. Canziani O., P. Palutikof J., J. van der Linden Pz., y E. Hanson C. 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. E.U.A., Cambridge University Press.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, *et al.* (eds.). 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. E.U.A.





## EROSIÓN HÍDRICA EN LA SUBCUENCA BAJA DEL RÍO TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO

José Isidro Melchor Marroquín<sup>303\*</sup> y Jorge Luis Chagoya Fuentes<sup>304</sup>

### Resumen

En la subcuenca baja del río Tuxpan, las lluvias que ocurren dentro de su área generan gran cantidad de sedimentos que son transportados y depositados en su cauce, situación que reduce su profundidad de tal manera que es necesario su dragado frecuentemente, principalmente en los últimos 11 kilómetros antes de desembocar al mar, ya que es utilizado como canal de navegación para barcos de gran calado que arriban al puerto de Tuxpan, el cual es uno de los tres más importantes de Veracruz. Por lo anterior y como primer paso para tratar de dimensionar el problema de erosión hídrica en la subcuenca del río Tuxpan, se realizó el presente estudio cuyos objetivos fueron identificar las áreas con riesgo de erosión hídrica y estimar la pérdida de suelo, mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ( $A=R*K*LS*C$ ), con la técnica de álgebra de mapas en ARCGIS 10.1. Los resultados indican que el riesgo de erosión hídrica varía de 43.58 a 926.19 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, observándose que los valores de los grados moderado hasta muy alta, son superiores a la clasificación de severidad establecidos por la FAO (1980). La erosión actual promedio de la cuenca es nula y ligera en el 63.71 %, moderada en el 16.85 %, alta en el 18.32 % y muy alta en el 1.08 % de su área. Las áreas más afectadas son las partes alta y media de la subcuenca con mayor pendiente; las menos afectadas son las áreas con vegetación y las partes bajas, planas y zonas pantanosas.

**Palabras clave:** ecuación universal pérdida suelo, álgebra de mapas, ArcGis

<sup>303</sup> Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC-INIFAP. melchor.jose@inifap.gob.mx

\* Autor por correspondencia.

<sup>304</sup> Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Veracruz.



## Introducción

En México, la erosión hídrica del suelo está presente en 22.72 millones de hectáreas, que representa el 11.9% del territorio nacional. Este fenómeno, que se origina por la acción del agua sobre una superficie desprovista de cobertura vegetal, es posiblemente el tipo de erosión más importante de todos, ya que es irreversible y de magnitud significativa. Se calcula que para tener un centímetro de suelo mineral en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, razón por lo que se considera como un recurso natural no renovable dentro de la escala de tiempo humana. (Montes *et al.*, 2011; SEMARNAT, 2013).

Para la planificación del uso del suelo y desarrollo de estrategias de conservación, es necesario estimar las tasas de erosión e identificar las áreas vulnerables. En general, los métodos para evaluar la erosión se dividen en dos: directos e indirectos; los primeros proporcionan datos precisos pero son laboriosos, requieren mucho tiempo y son costosos, ya que la información se obtiene de mediciones a nivel superficial de la erosión; mientras que los indirectos son modelos basados en relaciones estadísticamente significativas entre variables, cuando se cuenta con una razonable base de datos, destacando entre estos, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), que considera en su análisis que el proceso erosivo de un área es el resultado de la interacción de factores naturales (clima, suelo y topografía) y antropogénicos (uso y manejo de la tierra) (Wischmeier y Smith, 1965). Dado que la EUPS es un método que permite obtener un producto en poco tiempo y a bajo costo, es relativamente fácil de aplicar y se utiliza con sistemas de información geográfica (SIG), ya que los factores que integran la ecuación tienen una clara representación geográfica sobre el territorio, ha resultado ser un modelo práctico y accesible que ha sido utilizado a diferentes escalas en diversas partes del mundo (Orúe *et al.*, 2007; Pastrana, 2014).

A partir de que Figueroa *et al.* (1991) adaptaron la EUPS a las condiciones de México, su aplicación para estimar la erosión hídrica en el país se ha generalizado, mediante la técnica de álgebra de mapas dentro de un SIG. Santacruz (2011), menciona que la ventaja de la EUPS es que el índice de erosividad permite considerar de modo más



preciso las diferencias de pluviosidad de una tormenta a otra, o de una estación a otra, cuando se tiene información de la red pluviométrica; mientras que Pérez (2013), señala que el más completo y sofisticado modelo de erosión, es un complejo proceso basado en un programa de computadora llamado Water Erosion Prediction Project (WEPP), el cual calcula sobre una base diaria los procesos hidrológicos, el crecimiento de las plantas y descomposición de los desechos; sin embargo, en su misma complejidad tiene su ventaja y desventaja, ya que si no se cuenta con la información que requiere, se vuelve inoperante y poco confiable. El mismo autor concluye que la EUPS, es un modelo adecuado para estimar la tasa de erosión hídrica, con resultados satisfactorios para la elaboración de planes de manejo y conservación de suelo, razón por la que se aplicó en el presente estudio. De los estudios realizados sobre la estimación de erosión hídrica para diversas condiciones del país, Arellano (1994), con la aplicación directa de la EUPS y cartografía 1:250,000, estimó que la erosión hídrica actual para la costa de Chiapas, México, era de 123 a 2,148 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. En estudios realizados para estimar la erosión hídrica con la técnica de álgebra de mapas en un SIG, Pando *et al.* (2003), estimaron tasas de 23 a 149 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en la microcuenca del Río Potosí, Nuevo León; Flores *et al.* (2003), en la cuenca el Jihuite, Jalisco, estimó de 2.2 hasta 6.7 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; mientras que López (2005) estimó que la erosión hídrica total en la microcuenca El Calabozo, Michoacán, fue 6235 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; Cano *et al.* (2007) estimaron que el 58 % de la superficie de la microcuenca Santa Rita, Nuevo León, tuvo de valores de 50 a 200 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; mientras que Pastrana (2014), menciona un promedio de 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en la cuenca San miguel, Coahuila. La variabilidad de los datos mencionados, como es de esperarse, se debe a las condiciones particulares de los factores climáticos, uso y manejo del suelo y características físicas del terreno. En el norte de Veracruz, el Río Tuxpan aprovecha su desembocadura al mar como canal de navegación (11 km de longitud, 150 m de ancho y 12 m de profundidad), para los barcos de gran calado que ahí arriban y que es el tercero más importante de Veracruz. Anualmente el río incrementa su caudal por las precipitaciones generadas en su cuenca hidrológica, arrastrando gran cantidad de sedimentos que se depositan en los últimos kilómetros de su cauce y reducen su profundidad,



siendo necesario dragarlo anualmente para mantener las condiciones de navegación.

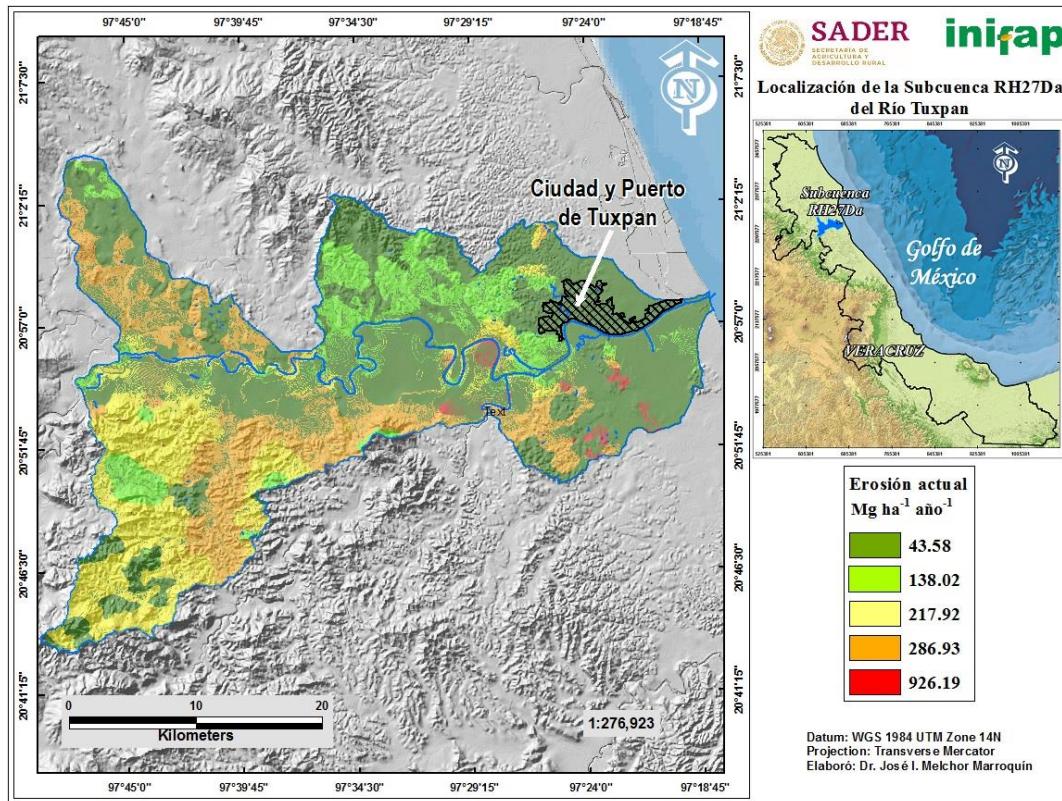
Por otra parte, hasta la fecha no se han realizado estudios sobre evaluación del riesgo de erosión hídrica en el área del Río Tuxpan, debido a lo anterior y como primer paso para dimensionar la cantidad de sedimentos generados en la cuenca, se realizó el presente estudio el cual consistió en estimar la pérdida de suelo e identificar las áreas con riesgo de erosión hídrica, mediante la aplicación de la EUPS con la técnica de álgebra de mapas; la información generada ayudará a la toma de decisiones en planeación y gestión de acciones territoriales, con el propósito de reducir la erosión hídrica y el arrastre de sedimentos hacia el cauce utilizado como canal de navegación.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio**

La subcuenca *Da* se localiza en la región hidrográfica RH27D, Cuenca Río Tuxpan, se ubica entre los paralelos 20° 14' 15" y 21° 2' 20" de latitud Norte y los meridianos 97° 18' 45" y 97° 48' 58" de longitud Oeste (Figura 1). Tiene una superficie total de 903.35 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 223.67 km. Los dos afluentes principales son el Río Vinazco, que nace en el estado de Hidalgo, y el Pantepec, que nace en el estado de Puebla, ambos penetran en territorio veracruzano y en el municipio de Temapache, unen sus aguas conformando el Río Tuxpan cuyo escurrimiento superficial medio anual es de 2,076 millones de m<sup>3</sup> y drena en el Golfo de México.





**Figura 1. Distribución espacial de la erosión hídrica en la Cuenca del Río Tuxpan, Veracruz, México.**

Con base en la clasificación climática de Koeppen, modificada por García (1978), los climas existentes en la cuenca son el Am(f), que corresponde a cálido húmedo, seguido por el Aw(2)x, cálido subhúmedo y (A)C(m)(f) que corresponde a semicálido húmedo. Con base en las normales de precipitación de 19 estaciones climatológicas, ubicadas dentro y alrededor de la cuenca con información de 30 años, se tiene que la precipitación promedio anual es de 1,300 mm, con una máxima y mínima de 2,204.5 y 609. mm, respectivamente (SMN, 2015). El material geológico predominante en la cuenca corresponde a rocas sedimentarias y rocas ígneas intrusivas y extrusivas, constituidas por lutita arenisca, caliza lutita, y arenisca conglomerado. Respecto al relieve, predomina el sistema de topografía de valle de laderas tendidas con llanura, lomerío típico, valle con llanuras, sierra baja volcánica, meseta típica y meseta compleja con lomeríos (INEGI, 2015).



## Insumos cartográficos

Se utilizó material cartográfico obtenido de INEGI (2015), el cual fue procesado con la técnica de álgebra de mapas en el marco del software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012). Esta técnica consiste en crear un mapa raster para cada uno de los componentes de la EUPS, cuyo proceso permite finalmente obtener el mapa raster con los valores de erosión hídrica (Colín *et al.*, 2013).

## Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

La EUPS fue desarrollada por Wischmeier y Smith (1965) y validada para México por Figueroa *et al.* (1991) para estimar la pérdida de suelo promedio anual. La EUPS es un modelo en el que la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis factores expresados en la ecuación 1:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

$A$  = Promedio anual de pérdida de suelo por hectárea expresado en  $Mg * ha^{-1} año^{-1}$ .

$R$  = Factor de erosividad de la lluvia en  $MJ * mm^{-1} / ha^{-1} hr^{-1}$ .

$K$  = Factor de erosionabilidad del suelo.

$S$  = Factor del grado de pendiente, es adimensional.

$L$  = Factor del grado de longitud de la pendiente, es adimensional.

$C$  = Factor del manejo de vegetación, es adimensional.

$P$  = Factor de prácticas mecánicas en el manejo de la vegetación agrícola, es adimensional.

La EUPS estima la erosión hídrica actual cuando se incluyen todos los factores que la integran; en cambio si no se incluye el factor  $P$ , estima la erosión hídrica potencial, es decir, la cantidad de suelo que se estaría perdiendo sin prácticas de conservación de suelo. La clasificación de severidad de la erosión hídrica utilizada fue el propuesto por la FAO (1980), que contempla cinco grados de pérdida de suelo ( $ton * ha^{-1} año^{-1}$ ): Nula (<2), Ligera (2-10), Moderada (10-50), Alta (50-200) y Muy Alta (>200).

El factor  $R$  se determinó con el método de isoyetas de las normales de precipitación obtenidas de las estaciones climatológicas ubicadas dentro y alrededor de la



subcuenca. Posteriormente se generó el mapa raster del factor  $R$  con el software ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012).

El factor  $K$ , se define como la tasa de pérdida de suelo por cada unidad de índice de erosividad, cuando la pendiente y su longitud, la cobertura vegetal y las prácticas de conservación del suelo son constantes e iguales a uno (Figuroa *et al.* 1991). Con base en el conjunto de datos vectoriales edafológico 1:250 mil (INEGI, 2015), los valores del factor  $K$  se asignaron a cada polígono de unidad de suelo de la subcuenca conforme a datos generados por FAO (1980) y actualizados para México por Figuroa *et al.* (1991). El mapa vectorial de suelo de la cuenca con el valor del factor  $K$  incluido, se transformó a capa raster con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012).

Para la determinación del factor  $LS$ , se utilizó el mapa raster de la cuenca obtenido del conjunto de elevaciones mexicano CEM 3.0 (INEGI, 2015). Para el cálculo de los factores  $L$ ,  $S$  y  $LS$ , se siguió la metodología de Renard *et al.* (1996), la cual divide a la subcuenca en una cuadrícula y asigna atributos ambientales como tipo de suelo, ángulo de la pendiente, precipitación y longitud de la pendiente a cada celda (pixel) de dicha cuadrícula. Con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012) se calcularon los ángulos de la pendiente en el CEM 3.0 (INEGI, 2015).

El factor  $C$ , se obtuvo a partir del mapa vectorial de uso de suelo y vegetación Capa Unión Serie V, elaborada para México por INEGI (2015), se extrajeron los polígonos correspondientes a cada clase de uso de suelo y tipo de vegetación existentes en la cuenca, a los que se les asignó el valor de  $C$ , con base a información generada por Figuroa *et al.* (1991) para diferentes regiones del País. Este insumo fue procesado con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012) para obtener el mapa raster del factor  $C$ , con la clasificación y superficie de los polígonos mencionados.

## Resultados y discusión

### Erosividad de la lluvia ( $R$ )

El rango de  $R$  osciló de 9250 a 13337  $\text{MJ} * \text{mm}/\text{ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{año}^{-1}$  por lo que de acuerdo con la clasificación propuesta por Rivera y Gómez (1991), citado por Castelán *et al.* (2014),





la subcuenca tiene clases de erosividad muy severa, cuya distribución va de las áreas de menor a mayor altitud y precipitación. La situación observada indica que para un área que presenta eventos de precipitación de similar intensidad, el comportamiento de la agresividad de la lluvia está influenciado por el clima y el relieve, en sentido estricto, las barreras topográficas; ya que en las regiones planas y de lomeríos cercanas al mar, la precipitación es mayor, a diferencia de aquellas ubicadas en la partes de mayor altitud; en otros casos, el comportamiento del Índice de Erosividad también sufre variaciones cuando para unas mismas condiciones de uso y cobertura del suelo, de pendiente del terreno y de características de los suelos, se presentan eventos lluviosos de diferente intensidad, como ha sido discutido por Galvis (2008) y Castelán *et al.* (2014). Si bien el factor  $R$  puede ser utilizado para definir la erosividad de la lluvia, su finalidad no es utilizarlo como un indicador de las pérdidas de suelo, y por tanto es necesario tener en cuenta los otros factores de la EUPS para los estudios de predicción de la erosión hídrica.

### **Erodabilidad del suelo ( $K$ )**

Con base en el conjunto vectorial edafológico elaborado por el INEGI (2015), en la cuenca existen nueve tipos de suelo; predominando el Feozem háplico, Vertisol pélico, Regosol calcárico, Feozem calcárico y Rendzina. En las zonas altas y de mayor pendiente, se encuentran los suelos Cambisol, Feozem, Luvisol y Regosol, que son susceptibles a la erosión hídrica (SEMARNAT, 2013; Zamudio y Méndez, 2011) los cuales tuvieron el mayor valor de  $K$  y cuya tendencia es similar a la reportado por Santacruz (2011) y Colín *et al.*, (2013).

El valor de  $K$  para la cuenca fluctuó de 0.01 a 0.03  $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}\text{hr}^{-1} / \text{MJ} \cdot \text{mm}^{-1}\text{ha}^{-1}$ ; estos valores corresponden a suelos de textura fina y de acuerdo con Wischmeier y Smith (1978), quienes establecieron un rango para  $K$  de 0 a 0.9, se puede argumentar que la subcuenca en general presenta baja susceptibilidad a la erosión hídrica; ya que suelos de textura fina con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de  $K$  (0.05-0.15), y por lo tanto son resistentes al desprendimiento.





### **Factor de cobertura (C)**

El valor de C fluctuó de 0 a 0.5, donde los valores bajos se asociaron a las áreas con cobertura de bosque (0.001), vegetación secundaria (0.002 a 0.003) y pastizales (0.004), mientras que el máximo valor fue para la agricultura anual y semipermanente (0.5). Lo anterior permite intuir que en el área de estudio los suelos dedicados a la agricultura son los que tienen mayor riesgo a la erosión hídrica, seguidos por los cultivados con pastizales y con menor riesgo aquellos con cobertura arbórea, ya que la vegetación es el elemento natural de protección del suelo contra la erosión, al controlar la energía con que la lluvia impacta sobre el suelo, mejora la capacidad de infiltración y disminuye la escorrentía; así mismo, se menciona que las coberturas más efectivas en el control de la erosión hídrica y la sedimentación en una cuenca son las arbóreas y pastizales con un adecuado manejo (Lianes *et al.* 2009; Roldán y Gómez 2006).

### **Factor de longitud y grado de la pendiente (LS)**

Los resultados obtenidos para el factor *LS* muestran la importancia de la inclinación y la longitud de la pendiente en la susceptibilidad a la erosión hídrica a lo largo de la cuenca. Los valores inferiores de *LS*, oscilan entre 0 y 18 y se presentan en las partes bajas y planas, las cuales tienen la mayor representación; mientras que los máximos valores (18-23), son los que menos predominan en la subcuenca. De acuerdo con lo anterior y considerando al factor *LS* como uno de los más importantes en el proceso de erosión hídrica (Pérez, 2013), se puede deduce que gran parte de la cuenca está expuesta a ese tipo de erosión, ya que los máximos valores de *LS* se asocian a las áreas de mayor pendiente de la zona de estudio, lo cual ha sido observado también en diversos estudios como los de Dumas (2012) y Payet *et al.* (2011).

### **Erosión hídrica**

Se estimó que la erosión hídrica varía de 43.58 a 926.19 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuadro 1), observándose que con excepción de los grados nulo y ligero, que abarcan el 63.71 % de la superficie total de la subcuenca, los demás grados son superiores a la



clasificación de severidad establecida por la FAO (1980), ya que son superiores a 200 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en conjunto contribuyen con 88.73 % de la erosión hídrica total pese a que abarcan el 36.3 % de la superficie total de la subcuenca, esta situación permite inferir que en esa área es prioritario realizar acciones para la conservación de suelos, ya que de no hacerlo, es muy probable que continúe el proceso de erosión hídrica.

**Cuadro 1. Erosión hídrica en la subcuenca RH27Da del Río Tuxpan, Veracruz.**

Variable	Grado de erosión hídrica					Total	Promedio
	Nula	Ligera	Moderada	Alta	Muy Alta		
Erosión hídrica <sup>a</sup>	43.58	138.02	217.92	286.93	926.19	1612.64	322.53
% Superficie	52.43	11.28	16.85	18.32	1.08		
Superficie <sup>b</sup>	47278.99	10177.94	15201.28	16526.03	979.95	90164.19	

<sup>a</sup> Mg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> Hectáreas.

Por otra parte, se encontró que los valores estimados para los grados nulo y ligero siguen una tendencia con los valores medios de erosión hídrica reportados para México, que varían entre 10 y 200 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Montes *et al.*, 2011), mientras que los tres grados restantes son similares a lo reportado por Román (2017), quien consigna valores de 561.89 a 2703.44 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de erosión hídrica en la Subcuenca del río Misantla. La erosión hídrica total y promedio estimada para la cuenca fue de 1612.64 y 322 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 1). Estos resultados son inferiores a los obtenidos en otros estudios y con la misma técnica utilizada en el presente estudio. García *et al.* (2010), reportan una erosión hídrica total de 5,770 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para la cuenca alta del Río Lerma, mientras que Santacruz (2011) obtuvo una erosión hídrica promedio de 16,270.8 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en la cuenca del Río Cohoacan, Chiapas.

Por otra parte, la aplicación de la ecuación en el ambiente del SIG ubicó espacialmente las áreas sujetas a erosión hídrica. Al respecto, se observó que el primer rango de erosión hídrica actual (43.58 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), se presentó tanto en las partes altas como bajas de la subcuenca, sin embargo, es menor a lo reportado por Santacruz (2011), quien encontró en las partes altas de la cuenca Cahoacán, Chiapas, una pérdida de suelo de 16,270 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, mientras que en la parte baja es menor a 1,000 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Lo anterior permite inferir que el cambio en el uso del suelo de la microcuenca no es planificado y es posible que, en el futuro, se eleven los niveles de



erosión hídrica, cuya variabilidad estará en función de los factores climáticos, uso y manejo del suelo y características físicas del terreno.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos para la subcuenca del Río Tuxpan, permiten dar una visión general del riesgo de erosión hídrica al que está expuesta. Mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica se logró estimar las pérdidas del suelo a través del análisis multiplicativo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), donde se visualizaron y localizaron las áreas de mayor susceptibilidad de una manera más práctica a escala de cuenca hidrográfica.

Los resultados obtenidos señalan la urgente necesidad de realizar una adecuada planeación del territorio que conforma la subcuenca del Río Tuxpan, la cual involucre a todas las dependencias gubernamentales relacionadas con el manejo de cuencas, para realizar acciones que reduzcan la degradación del recurso suelo, entre las que se pueden mencionar entre muchas otras las obras de conservación del suelo en áreas agrícolas y la implementación de la agroforestería para disminuir la presión hacia los bosques, retener el suelo y mejorar sus características físicas y químicas.

Finalmente, se considera que la información presentada es una primera estimación del problema de erosión hídrica en la cuenca estudiada, por lo que se considera que puede ser utilizada como una base para iniciar la elaboración de planes, programas y proyectos específicos para la mitigación de pérdida de suelo y control de erosión hídrica en la cuenca, que conduzcan a prolongar la vida útil del canal de navegación del Río Tuxpan. Sin embargo, es recomendable realizar estudios más detallados por dependencias gubernamentales y de investigación, con el propósito de validar o actualizar la información generada en el presente estudio.



## Literatura citada

- Arellano, M.J. 1994. La degradación del suelo por erosión hídrica en Chiapas. Evaluación y principios tecnológicos para su control. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Campos, A. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. Tercera Reimpresión. 456 p.
- Cano, A., O.U. Martínez & A. Quiñonez. 2007. Caracterización y diagnóstico del medio físico de la microcuenca Santa Rita del municipio de Arteaga, Coahuila. Publicación Especial No. 13. INIFAP. México. 62 p.
- Castelán, V.R., V. Tamariz, G. Linares & A. Cruz. 2014. Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. Investigaciones Geográficas. 83:29-41.
- Castro, M.I. 2013. Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 34: 3-16.
- Colín, G.G., L.A. Ibañez, J. Reyes & R. Arteaga. 2013. Diagnóstico de la erosión hídrica de la cuenca del río Pichucalco. Ingeniería Agrícola y Biosistemas. 5(1): 23-31.
- Cortés, T. (1991). Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 168 p.
- Dumas, S.A. 2012. Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río mundo. Trabajo de fin de Máster. Universidad Complutense. Madrid, España. 48 p.
- Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI). 2012. ARcGis 10.1 for Desktop. California, USA.
- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.
- Figueroa, S.B., A. Amante, H.G. Cortes, J. Pimentel, E.S. Osuna, J.M. Rodríguez & F.J. Morales. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH-Colegio de Postgraduados. México. 150 p.
- Figueroa-Jáuregui, M. L., Ibañez-Castillo, L. A., Arteaga-Ramírez, R., Arellano-Monterrosa J. L. & Vázquez-Peña, M. 2011. Cambio de Uso de Suelo en la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, México. Agrociencia 45: 531-544.





- Flores, L.H. E., M. Martínez, J.L. Oropeza, E. Mejía & R. López. 2003. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. *Terra* 21: 233-244.
- García, E. 1978. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 91 p.
- García, J.A., C. Díaz, M. Hernández & E. Quentín. 2010. Erosión y sedimentación en el Curso Alto del río Lerma, Estado de México. *Aqua-LAC*. 2(2): 45- 55.
- Heras, R.R. 1976. Hidrología y Recursos Hidráulicos en Capítulo 1 de Estadística Aplicada en Hidrología, tema 5: relación entre elementos hidrológicos y elementos físicos geográficos. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid España. pp. 78-79.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Conjunto de datos vectoriales de edafología, uso del suelo, topográficos, hidrología y geología. México. 25/11/2015.  
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/default.aspx>, e-mail:  
atencion.usuarios@inegi.org.mx.
- Lianes, E., M. Marchamalo & M. Roldán. 2009. Evaluación del factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río Birrís, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 33(2): 217-235.
- López, G.A.D. 2005. Estimación de la erosión hídrica para diferentes escenarios de manejo en la microcuenca "El Calabozo" municipio de Morelia, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 114 p.
- McCool, D. K., G.R. Foster, C.K. Mutchler & L.D. Meyer. 1989. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Trans. ASAE*. 32 (5): 1571-1576.
- Montes, L.M.L., E.M. Uribe & E. García. 2011. Mapa Nacional de erosión potencial. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2: 5-17.
- Pando, M., M. Gutiérrez, A. Maldonado, J.L. Palacio & A.E. Estrada. 2003. Comparación de métodos en la estimación de erosión hídrica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*. 51: 23-36.



- Pastrana, O.O. 2014. Determinación de la erosión hídrica potencial y actual a través de los sistemas de información geográfica. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 127 p.
- Payet, E., P. Dumas & G. Pennober. 2011. Modélisation de l'érosion hydrique des sols su un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana. *Vertigo- La revue électronique en sciences de l'environnement*, 11(3), 1-26.
- Pérez, N.S. 2013. Erosión hídrica en cuencas costeras de Chiapas y estrategias para su restauración hidrológico-ambiental. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 356 p.
- Ramírez, S. D. 2012. Estimación de la producción de sedimentos en cinco microcuencas del Río Jamapa bajo seis condiciones de uso del suelo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 93 p.
- Renard, K.G., L.D. Meyer & G.R. Foster. 1996. Chapter 1. Introduction and history. pp. 1-18. *In: Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with revised universal soil erosion equation*. Agriculture Handbook 703. US Department of Agriculture-ARS. Tucson, AZ.
- Román, O.M.E. 2017. Estimación de la erosión hídrica en la subcuenca del Río Misantla mediante un SIG. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Martínez de la Torre. Martínez de la Torre, Veracruz. 100 p.
- Santacruz, D.L.G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la Cuenca del Río Cahoacán. Mexico. *Aqua-Lac*. 3 (1): 45-54.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. México D.F. 360 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2014. Inventario Estatal Forestal y de Suelos Veracruz de Ignacio de la Llave 2013. México, D. F. 224 p.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Normales de Precipitación. 25/11/2015. [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75),  
e-mail: Webmaster.SMN@conagua.gob.mx
- Wischmeier W. H. & D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. *Agr. Handbook 537*. U.S. Dept. Agr. Washington, D.C. 67 p.



- Wischmeier, W. H. & D.D. Smith. 1965. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture Handbook, No. 282. 47 p.
- Zamudio, V. & E. Méndez. 2011. La vulnerabilidad de erosión de suelos agrícolas en la región centro-sur del estado de Nayarit, México. Ambiente y Desarrollo. 15(28):11-40.

# Biotecnología







## EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE RIZOMAS DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) DE DESECHO POR ULTRASONIDO

Tonantzin Marcos Ramírez<sup>305</sup>, Rosa María Carrasco Pacheco<sup>305</sup>, Karina Bustos Ramírez<sup>305</sup>, Karen Aylin Vargas García<sup>305</sup> y Elizabeth del Carmen Varela Santos<sup>305\*</sup>

### Resumen

Los rizomas de cúrcuma son ricos en almidón, sin embargo, son utilizados principalmente como colorantes, agentes saborizantes y productos farmacéuticos, aprovechando menos del 50% de la raíz que en su mayoría está compuesta por carbohidratos. En este sentido, el uso de tecnologías emergentes como el ultrasonido, tienen el potencial para modificar las propiedades fisicoquímicas de los sistemas alimentarios, como es el caso de la cúrcuma, que por sus componentes funcionales representa una alternativa promisoriosa. Con base en ello, el objetivo de la investigación fue el estudio del almidón a partir de rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) modificado por ultrasonido. Se empleó un diseño unifactorial con una  $p < 0.05$ . Para las condiciones de procesamiento, en la obtención de almidón se acondicionó la materia prima cortando rodajas de 3 mm de espesor, secadas durante 12 horas a 35°C y reducidas en tamaño de partícula a 350  $\mu\text{m}$ . El almidón fue extraído por triplicado aplicando ultrasonido de baño a 27 kHz de potencia por 10, 20 y 30 minutos (T1, T2, T3) a 50°C respectivamente y una muestra control sin ultrasonido (vía húmeda). Los análisis fisicoquímicos se realizaron por método espectrofotométrico y diferencia de peso; la extracción se realizó por triplicado. Los resultados mostraron un mayor rendimiento de almidón del orden de  $23.65 \pm 0.23\%$  a los 30 minutos, mostrando diferencia significativa en relación a los otros dos tratamientos ultrasónicos ( $20.89 \pm 0.39\%$  T1,  $21.90 \pm 1.062\%$  T2 y el control  $12.73 \pm 0.08\%$ ). El contenido porcentual de amilosa fue de  $43.77 \pm 1.83\%$  para T3, sin embargo,

<sup>305</sup> Subdirección de posgrado e investigación. TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

\*Autor para correspondencia: elivarelas@gmail.com



no mostró diferencia significativa con T2 ( $39.10 \pm 3.45\%$ ), pero si con T1 ( $32.33 \pm 0.46\%$ ) y con el control ( $23.88 \pm 0.77\%$ ). Se concluye que el almidón tratado con ultrasonido de baño mostró aumento significativo en comparación del método convencional en los tres tiempos a los que fue aplicado, tanto en su rendimiento como en porcentaje de amilosa, convirtiéndolo en un almidón aplicable en la industria de alimentos.

**Palabras clave:** amilosa, rendimiento, industria

## Introducción

La Cúrcuma (*Curcuma longa* L.) perteneciente a la familia *Zingiberaceae*, es una planta herbácea perenne con rizomas gruesos y carnosos. Cultivada principalmente en las partes tropicales de la India (Sahoo *et al.*, 2016). La *Curcuma longa* L. es una de las especies de cúrcuma más investigadas, debido a sus múltiples usos como colorante y agente saborizante (Zhang *et al.*, 2017). Los extractos de estas plantas tienen actividades antiinflamatorias, antifúngicas, inmunomoduladoras, antioxidantes, antimutagénicas entre otras, gracias a que sus rizomas son fuente rica de compuestos fenólicos (Rajesh *et al.*, 2013). La extracción de curcuminoides de los rizomas de cúrcuma genera un subproducto, almidón, que es el constituyente predominante en la raíz con un 78–85% (Silveira-Hornung *et al.*, 2018). Los almidones se emplean como materia prima e ingrediente funcional en muchas aplicaciones. Se utilizan como hidrocoloides, espesantes, emulsionantes y agentes de recubrimiento en aplicaciones farmacéuticas y alimentarias (Emerald-Franklin *et al.*, 2017). Los almidones de raíces y tubérculos se gelatinizan a temperaturas relativamente bajas, con una hinchazón rápida y uniforme de los gránulos. También exhiben un perfil de alta viscosidad y una alta transparencia de la pasta en comparación con los almidones de cereales; aunque se retrotraen fácilmente, estos almidones tienen propiedades fisicoquímicas únicas debido a su relación amilosa-amilopectina (Linton-Charles *et al.*, 2016). Para la obtención de almidón en raíces y



tubérculos se debe tener en cuenta que los métodos convencionales como extracción basada en agua, método alcalino (Malumba *et al.*, 2017), por agua caliente (Kang *et al.*, 2019) y métodos enzimáticos (Buksa, 2018) tienen desventajas por el largo tiempo de extracción, altas temperaturas y costos elevados (Pranoto *et al.*, 2014), además que el uso del almidón en su forma nativa tiene ciertas limitaciones. La extracción asistida por ultrasonido en cambio es un nuevo método desarrollado con ventajas para economizar el consumo de energía y acortar la duración de la extracción (Kang *et al.*, 2019) además de tener el potencial para modificar las propiedades fisicoquímicas (Zhu *et al.*, 2018). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del proceso de ultrasonido sobre el almidón extraído a partir de rizomas de cúrcuma.

## **Materiales y métodos**

### **Preparación de la muestra**

Los rizomas de la cúrcuma, *Curcuma longa* L, fueron adquiridos de un comercio local ubicado en el municipio de Tierra Blanca, Ver., México. Para la desinfección de la superficie fueron lavados con agua e hipoclorito en relación 1:10 v/v, posteriormente con ayuda de un cortador de fruta se realizaron cortes en rodajas de aproximadamente 3 mm de espesor, finalmente fue sometido a secado durante 12 h a 40°C. finalmente se redujo el tamaño de partícula (150 micras) en un molino de cuchillas y tamizado.

### **Caracterización fisicoquímica de los rizomas de cúrcuma**

Se determinó el contenido de humedad por el método termogravimétrico, el contenido de cenizas mediante cenizas totales, la cuantificación de carbohidratos por la técnica de fenol-sulfúrico, lípidos por método soxhlet y la fibra cruda mediante la NMX-F-090-S-1978.



### Extracción del almidón por ultrasonido

La extracción de almidón de Cúrcuma asistida por ultrasonido de baño se realizó con el método descrito por Esquivel-González, *et al.*, (2017) en combinación con Sit *et al.*, (2014). Se pesaron 10 g de polvo de Cúrcuma en relación 1:10 p/v con agua purificada, depositados dentro de un vaso de precipitado, la suspensión fue sometida a baño ultrasónico durante 10, 20 y 30 min a 50 °C. Posterior al pretratamiento las muestras fueron lavadas y tamizadas hasta obtener por decantación almidón de Cúrcuma, se centrifugo el último lavado a 3200 rpm durante 10 min. Finalmente, el producto ubicado en el fondo de los tubos cónicos fue secado a 45 °C por 2 h.

### Rendimiento de almidón

El rendimiento de extracción de almidón se evaluó basándose en la técnica utilizada por Souza de Castro *et al.*, (2018) con la ecuación:

$$RA = \frac{MFA}{MIC} * 100$$

Donde: MFA= Masa final del almidón; MIC= Masa inicial de Cúrcuma sometida al proceso expresada en porcentaje.

### Determinación del contenido de amilosa

El contenido de amilosa se midió utilizando el método colorimétrico con afinidad al yodo (Boukhelkhal *et al.*, 2017). En un matraz aforado de 100 mL se añadieron aproximadamente 0,1 g de muestra de almidón, 1 mL de etanol puro y 9 mL de hidróxido de sodio 1 N, llevado a ebullición durante 10 minutos a baño maría, dejando enfriar agregando agua hasta llegar al aforo. Se tomó 5 mL de la solución madre a los cuales se les agregó 1 mL de solución de ácido acético 1 N y 2 mL de solución de yodo y se leyó la absorbancia (A) a 630 nm utilizando el lector de placas HumaReader HS. El contenido de amilosa se calculó mediante la siguiente relación:

$$Amilosa(\%) = 3.06 * Valor\ de\ absorbancia * 20$$





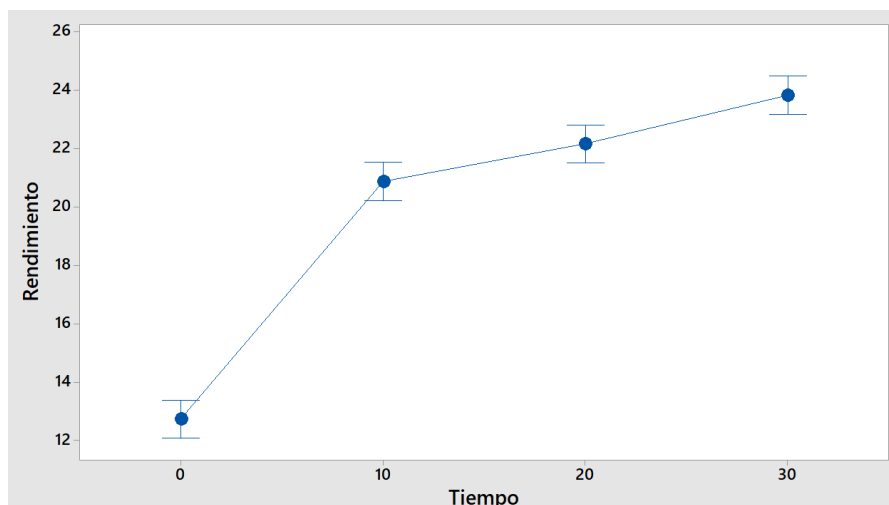
## Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de la materia prima, observando que el compuesto predominante en los rizomas de cúrcuma son los carbohidratos ocupando 69%, haciéndolo el candidato ideal para la extracción de almidón. Los resultados obtenidos en la caracterización entran dentro de los parámetros que debe contener de cada componente según Ravindran *et al.*, (2007); Imoru *et al.*, (2018); Ahamefula *et al.*, (2014).

**Cuadro 1. Composición química de la Cúrcuma.**

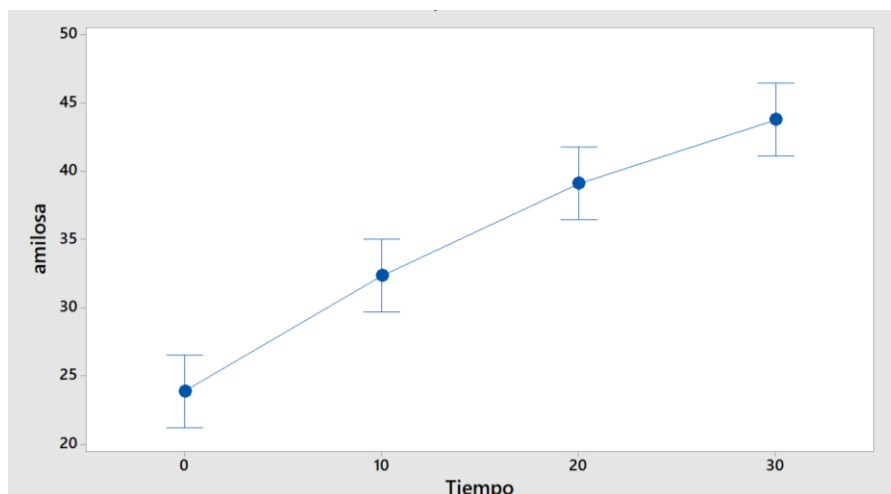
Compuesto	Media
Humedad	13.24 ± 0.0026
Carbohidratos	69.81 ± 0.8986
Proteína	6.13
Lípidos	4.92 ± 0.4362
Fibra	3.33 ± 0.2004
Cenizas	2.45 ± 0.2090
Total	99.89

Se observó que el rendimiento de almidón de cúrcuma extraído con ultrasonido aumentó significativamente en comparación al método convencional desde el minuto 10; sin embargo, el mayor rendimiento se logró en el periodo de exposición más prolongado a las ondas ultrasónicas que fue de 30 minutos (Figura 1), lo que podría deberse a una mayor degradación de los materiales celulósicos al aumentar el tiempo, liberando así más almidón de las células (Sit *et al.*, 2014).



**Figura 1. Intervalos de rendimiento vs tiempo de exposición al tratamiento ultrasónico.**

El contenido de amilosa aparente en muestras de almidón nativas y sonicadas siguiendo el diseño experimental unifactorial mostraron diferencias significativas entre la muestra control, T1 y T2, sin embargo, no se mostró diferencia entre T2 y T3 (Figura 2). El aumento se puede deber a la división de las cadenas ramificadas de la amilopectina exponiendo las cadenas internas alargadas al yodo (Falsafi *et al.*, 2019). Siendo visible a simple vista por la intensidad de color. El aumento del contenido de amilosa después del tratamiento ultrasónico ha sido reportado por otros autores (Ríos-Romero *et al.*, 2016), este aumento le otorga propiedades funcionales por su modificación en la relación amilosa/amilopectina con respecto al almidón extraído por método convencional.



**Figura 2. Efecto del tiempo de proceso con ultrasonido respecto al contenido de amilosa.**

## Conclusiones

La caracterización fisicoquímica de los rizomas de Cúrcuma permitió confirmar el alto contenido de carbohidratos tal como lo menciona la literatura. Aunado a ello, se estableció el procesamiento de extracción de almidón, donde con el acondicionamiento de la materia prima se obtuvo almidón de rizoma de Cúrcuma por tratamiento ultrasónico de baño, permitiendo duplicar el porcentaje de rendimiento en comparación del método convencional; asimismo se presentó mayor concentración de amilosa, modificando la relación amilosa-amilopectina del almidón, elevando las oportunidades de aplicación en la industria de alimentos, además de reducir los periodos de obtención de almidón. La aplicación de tecnologías emergentes como el ultrasonido son técnicas novedosas para la extracción de almidón utilizando menos recursos y ofreciendo mejores resultados tanto en rendimiento como en las propiedades funcionales.



## Literatura citada

- Ahamefula, I., Onwuka, G. I., & Chibuzo, N. 2014. Nutritional Composition of Tumeric (*Curcuma longa*) and its Antimicrobial Properties. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 1085-1089.
- Boukhelkhal, M., & Moulai Mostefa, N. 2017. Physicochemical characterization of starch isolated from soft acorns of holm oak (*Quercus ilex subsp. ballota* (Desf.) Samp.) grown in Algeria. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1995-2005.
- Buksa, K. 2018. Extraction and characterization of rye grain starch and its susceptibility to resistant starch formation. *Carbohydrate Polymers*, 184-192.
- Emerald Franklin, M. E., Pushpadass, H. A., Kumar, B., Kulkarni, S., Muthurayappa, M., Kandasamy, R., . . . Vellingiri, P. 2017. Physicochemical, thermal, pasting and microstructural characterization of commercial *Curcuma angustifolia* starch. *Food Hydrocolloids*, 27-36.
- Esquivel-González, B. E., Rutiaga Quiñones, O. M., Rocha Guzmán, N. E., Median Torres, L., Varela Santos, E. d., & Ochoa Martínez, L. A. 2017. Natural dye ultrasound extraction from beetroot: role of extraction solvent pH on color and enzyme inactivation. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 784-796.
- Falsafi, S. R., Maghsoudlou, Y., Rostamabadi, H., Rostamabadi, M. M., Hamedi, H., Mohammad, S., & Hosseini, H. 2019. Preparation of physically modified oat starch with different sonication treatments. *Food Hydrocolloids*, 311-320.
- Imoru, A., Onibi, G. E., & Osho, I. B. 2018. Nutritional and Biochemical Compositions of Turmeric (*Curcuma longa* Linn) Rhizome powder – A Promising Animal Feed Additive. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.
- Kang, Q., Chen, S., Li, S., Wang, B., Liu, X., Hao, L., & Lu, J. 2019. Comparison on characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Ganoderma lucidum* by ultrasound and conventional extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1137-1144.
- Linton Charles, A., Cato, K., Huang, T.-c., Chang, Y.-H., Ciou, J.-Y., Chang, J.-S., & Lin, H.-H. 2016. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. *Food Hydrocolloids*, 187-191.





- Malumba, P., Doran, L., Zanmenou, W., Odjo, S., Katanga, J., Blecker, C., & Béra, F. 2017. Morphological, structural and functional properties of starch granules extracted from the tubers and seeds of *Sphenostylis stenocarpa*. *Carbohydrate Polymers*, 286-294.
- Pranoto, Y., Rahmayuni, & Haryadi and Rakshit, S. K. 2014. Physicochemical properties of heat moisture treated sweet potato starches of selected Indonesian varieties. *International Food Research Journal*, 2031-2038.
- Rajesh, H., Rao, S. N., Megha-Rani, N., Prathima, K. S., Rejeesh, E. P., & Chandrashekar, R. (2013). Phytochemical analysis of methanolic extract of *Cúrcuma Longa* Linn rizome. *International Journal of Universañ Pharmacy and Bio Sciences*, 39-45.
- Ravindran, P. N., Babu, N. K., & Sivaraman, K. 2007. *Turmeric. The Genus Curcuma*. Boca raton: Taylor & Francis Group.
- Ríos Romero, E. A., Ochoa, A., & Morales Castro, J. 2016. Efecto del tratamiento ultrasonico sobre las propiedades funcionales y estructurales de almidosn procedente de diversas fuentes. *Biotecnia*, 16-23.
- Sahoo, A., Jena, S., Sahoo, S., Nayak, S., & Kar, B. 2016. Resequencing of *Curcuma longa* L. cv. Kedaram through transcriptome profiling reveals various novel transcripts. *Genomics Data*, 160-161.
- Silveira Hornung, P., Masisi, K., Nkhata Malunga, L., Beta, T., & Hoffman Ribani, R. 2018. Natural bioactive starch film from Amazon turmeric (*Curcuma longa* L.). *Polym Bull*, 4735-4752.
- Sit, N., Sudip, M., & Sankar Chandra, D. 2014. Yield and Functional Properties of Taro Starch as Affected by Ultrasound. *Food and Bioprocess Technology*, 1950-1958.
- Souza de Castro, D., Dos Santos Moreira, I., de Melo Silva, L. M., Pereira Lima, J., Pereira da Silva, W., Palmeira, G. J., & Feitosa de Figueiredo, R. M. 2018. Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp. *Food Research International*.
- Zhang, L., Yang, Z., Chen, F., Su, P., Chen, D., Pan, W., . . . Du, Z. 2017. Composition and bioactivity assessment of essential oils of *Curcuma longa* L. collected in China. *Industrial Crops and Products*, 60-73.
- Zhu, F., & Li, H. 2018. Modification of quinoa flour functionality using ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*.



## EXPRESIÓN DE LOS GENES *rpoS* Y *cspA* EN *Vibrio parahaemolyticus* DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Francisco G. Alarcón Elvira<sup>306</sup>, Violeta T. Pardío Sedas<sup>306\*</sup>, David Martínez Herrera<sup>306</sup>, Rodolfo Quintana Castro<sup>307</sup>, Rosa M. Oliart Ros<sup>308</sup>, Karla M. López Hernández<sup>306</sup>, Argel Flores Primo<sup>306</sup> y Karen Ramírez Elvira<sup>306</sup>

### Resumen

*Vibrio parahaemolyticus* es una bacteria patógena causante de enfermedades como gastroenteritis asociadas con el consumo de mariscos crudos, mal cocidos ó marinados. Estudios *in vitro* indican que *V. parahaemolyticus* expresa los genes *rpoS* y *cspA* en respuesta al choque por frío a 10 y 4°C, respectivamente. Sin embargo, reportes de la expresión de estos genes y su asociación con la adaptación y virulencia de *V. parahaemolyticus* a temperaturas de refrigeración son escasos. El objetivo de este estudio fue evaluar expresión de los genes *rpoS* y *cspA* inducida por el choque por frío en cepas de *V. parahaemolyticus* no patogénicas (*Vp-tlh*) y patogénicas (*Vp-tdh* y *Vp-trh*) aisladas de ostión (*Crassostrea virginica*) y almacenadas a 7±1°C durante 216 h. La expresión de los genes *rpoS* y *cspA* se determinó mediante transcripción reversa y reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR). A las 24 h de almacenamiento se observó la inducción (2.9-veces) por el choque al frío en la transcripción del gen *rpoS* en la cepa no patogénica (*Vp-tlh*), manteniéndose baja (-0.6 a 0.9-veces) hasta las 216 h, mientras que el gen *cspA* se indujo a las 24 h (50.0-veces), a las 168 y 216 h (1.9 y 6.2, respectivamente). Se observó una disminución en la regulación del gen *rpoS* de la cepa patogénica (*Vp-tdh*) a las 24 h (-0.8-veces), pero se indujo a las 72, 120 y 168 h (2.3, 4.1 y 4.0-veces, respectivamente). Sin embargo, la transcripción del gen *cspA* fue reprimida (-3.0-

<sup>306</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. \*[vpardio@yahoo.com.mx](mailto:vpardio@yahoo.com.mx), [vpardio@uv.mx](mailto:vpardio@uv.mx)

<sup>307</sup> Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana.

<sup>308</sup> Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz.



veces) a las 24 h hasta las 216 h (-2.5-veces). La regulación del gen *rpoS* en la cepa patogénica (*Vp-trh*) disminuyó -1.2-veces a las 24 h y se mantuvo baja hasta las 216 h (-0.6 a -1.3-veces). Se observó represión (-2.3-veces) en la transcripción del gen *cspA* a las 24 h, pero se indujo a las 72, 120, 168 y 216 h (7.7, 10.5, 17.5, 5.8-veces, respectivamente). Los resultados indican que los genes *rpoS* y *cspA* participan en la adaptación de las cepas de *V. parahaemolyticus* al frío y su expresión varía dependiendo de su patogenicidad.

**Palabras clave:** transcripción diferencial, choque por frío, estrés, ARN chaperonas

## Introducción

*Vibrio parahemolítico* es una bacteria que habita naturalmente en ambientes acuáticos en todo el mundo (Wang *et al.*, 2015; Aagesen *et al.*, 2017). Este microorganismo es la causa principal de gastroenteritis en todo el mundo y se adquiere por consumo de mariscos crudos o mal cocidos incluyendo peces, crustáceos y moluscos (Franco *et al.*, 2003; Su y Liu, 2007; Mala *et al.*, 2016). La virulencia de *V. parahaemolyticus*, depende de la presencia de la hemolisina directa termoestable (TDH) codificada por el gen *tdh* y la hemolisina directa termoestable relacionada (TRH) codificada por el gen *trh*. Los genes *trh* y *tdh* comparten aproximadamente el 70% de homología (Raghunath, 2015). Debido a la rápida distribución mundial de las cepas patogénicas de *V. parahaemolyticus* y el riesgo que representa este patógeno, es indispensable garantizar la seguridad de los mariscos (Kang *et al.*, 2017). La encuesta más reciente sobre enfermedades transmitidas por alimentos demostró que los patógenos alimentarios representaron más del 80% enfermedades en la industria alimentaria. La resistencia de estos patógenos a los ambientes adversos representa un peligro para la seguridad alimentaria y aún más para control microbiano (Zhong *et al.*, 2017). Diversos estudios han demostrado que existe una variación estacional en la supervivencia y la virulencia de *V. parahaemolyticus*, probablemente causada por



una respuesta de la expresión génica al estrés ambiental (Mazzon *et al.*, 2012; López *et al.*, 2015). Las alteraciones en las condiciones ambientales han provocado que las bacterias patógenas puedan adaptarse a diversos cambios de temperatura. La respuesta a la adaptación al estrés ambiental permite la expresión de genes específicos (Mazzon *et al.*, 2012). La respuesta celular a estas condiciones de estrés se caracteriza por cambios en la expresión génica. Esta condición de estrés modifica la fisiología general de la célula y genera señales que son detectadas por sensores específicos que traducen la señal hacia diferentes vías de los mecanismos de reprogramación de la expresión génica. Esta reprogramación permite a la célula sobrevivir y adaptar su fisiología a las nuevas condiciones ambientales (Gómez, 2006). Diversos estudios han demostrado que varias bacterias patógenas muestran respuestas fisiológicas complejas a los cambios rápidos de temperatura, como una disminución en la fluidez de la membrana, estabilidad de las estructuras secundarias de los ácidos nucleicos, lo que conduce a una menor eficiencia de la transcripción y traducción de genes, obstaculizando la función de los ribosomas, lo que se conoce como respuesta al choque por frío (Phadtare *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2009). De ahí que la inocuidad de los alimentos marinos puede verse comprometida debido a que las cepas de *V. parahaemolyticus* varían en su capacidad para sobrevivir y crecer a bajas temperaturas. Varios estudios han encontrado que durante el almacenamiento en frío (4 y 10 °C), las cepas de *V. parahaemolyticus* entran en un estado de estrés fisiológico, respuesta que implica cambios en la expresión génica alterando drásticamente los parámetros físicos y biológicos de la célula. La expresión de genes reguladores del estrés como *rpoS* controla la transcripción de genes específicos, como el gen *cspA*, implicados en un sistema de adaptación al choque frío (Phadtare *et al.*, 1999; Horn *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2009). Existen pocos estudios relacionados con la expresión de los genes *rpoS* y *cspA* inducidos por choque al frío durante el almacenamiento refrigerado en cepas de *V. parahaemolyticus* procedentes de Ostión Americano (*Crassostrea virginica*). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar los niveles de expresión *in vitro* de los genes *rpoS* y *cspA* en cepas no patogénicas (*Vp-tlh*) y patogénicas (*Vp-tdh* y *Vp-trh*) de *V. parahaemolyticus* aisladas de Ostión Americano (*C. virginica*)





inducidos por choque al frío en el almacenamiento a 7°C para evaluar si esta temperatura, que es la establecida en la Norma Mexicana NOM-242-SSA1-2009 (SSA, 2009) para los productos marinos refrigerados, inhibe o favorece la adaptación de *V. parahaemolyticus* a esta temperatura a través de la transcripción diferencial de estos genes.

## **Materiales y métodos**

### **Zona de estudio y recolección de la muestra**

Las cepas ambientales de *V. parahaemolyticus* utilizadas en este estudio fueron aisladas de Ostión Americano (*C. virginica*) en los meses de julio y octubre durante la época de lluvias, recolectados de los bancos en producción en el Sistema Laguna de Mandinga (MLS) en el estado de Veracruz, México. El clima en la región es tropical. Un total de 500 ostiones de tamaño legal medio (7-8 cm de largo NMX-FF-001-SCFI-2011; SE, 2011), fueron cosechados por buceo de los bancos del Canal de Mandinga y transportados inmediatamente en hieleras al laboratorio de acuerdo con la Norma Mexicana de la Secretaría de Salud (NOM-109-SSA1-1994) (SSA, 1994). Los ostiones muertos o vacíos fueron desechados y los ostiones restantes fueron lavados y enjuagados bajo el agua para remover balanos y algas adheridas a la concha. Dentro de las 2 h de recolección fueron analizados para la identificar la presencia de *V. parahaemolyticus*.

### **Aislamiento y purificación de *V. parahaemolyticus* del ostión**

Se desconcharon 100 ostiones en condiciones asépticas y se tomaron 200 g de muestra de ostión (150 g de carne y 50 g de líquido intravalvar) que se mezclaron con 200 mL buffer fosfato de potasio (PBS) por 120 s para obtener una dilución de 1:1. Al homogeneizado de ostiones se agregó agua peptonada alcalina en una serie de diluciones del NMP de tres-tubos preparada hasta 1:10<sup>3</sup>. Los tubos se incubaron a 35°C durante 24 h. Después de la incubación, se realizó el aislamiento de *V. parahemolyticus* de acuerdo a López *et al.* (2015). Los aislamientos positivos



presuntivos fueron identificados como *V. parahemolyticus* y confirmados por reacción en cadena de la polimerasa convencional (PCR). Los genes *tlh+*, *tdh+/trh-*, *tdh/trh+* y *tdh+/trh+* se utilizaron para distinguir el genotipo de los aislados según el procedimiento descrito por Bej *et al.*, (1999) y el gen *orf8+* se determinó por separado según Myers *et al.*, (2003). El ADN de la cepa *V. parahaemolyticus* CAIM 1772 se utilizó como control positivo para los genes no patógenos (*tlh*) y patógenos (*tdh*, *trh*) y el ADN de la cepa *V. parahaemolyticus* CAIM 1400 se utilizó como un control positivo para el gen *orf8*. Las cepas de control pertenecen a la Colección Importantes de Microorganismos Acuáticos (CAIM, [www.ciad.mx/caim](http://www.ciad.mx/caim)). Después del aislamiento, los aislamientos positivos de *V. parahaemolyticus* se incubaron a 35°C durante 24 h hasta su purificación. Después de 24 h de incubación, las cepas de *V. parahaemolyticus* aisladas de Ostión Americano (*C. virginica*) fueron purificadas según el procedimiento de Alarcón *et al.*, (2017). Los aislamientos presuntivos a *V. parahaemolyticus* *tlh*, *tdh* y *trh*, fueron sometidos a extracción de ADN, purificación y la confirmación por el análisis de PCR según lo descrito por López *et al.*, (2015). Las cepas confirmadas como positivas se mantuvieron y cultivaron rutinariamente en el agar de soja tripticaseína (TSA) (BIOXON Becton Dickinson S.A de C.V., México) a 35°C. En el estudio de choque por frío se utilizaron cepas positivas a genes no patogénicos (*tlh*) y genes patogénicos (*tdh* y *trh*).

### **Almacenamiento a temperatura de refrigeración y expresión de genes**

En este estudio se utilizaron cepas no patogénicas de *V. parahaemolyticus* (*Vp-tlh*) y patogénicas (*Vp-tdh* y *Vp-trh*) aisladas de Ostión Americano (*C. virginica*). Las cepas fueron inoculadas por separado en 25 mL de caldo triptona de soja (TSB) (Laboratorios BBL/Difco, Sparks, MD, USA) complementado con 3 % de NaCl a 35°C durante 24 h. Después de la incubación, los cultivos diluidos de (*Vp-tlh*) y (*Vp-tdh* y *Vp-trh*) alcanzaron una población de  $10^{2-3}$  logUFC/mL. A continuación, se inocularon 50 mL de cada cultivo en caldo de soja triptona complementado con 3 % de NaCl y se incubaron a 35°C durante 2 h. Después del período de incubación, las células se transfirieron al almacenamiento a 7°C (choque frío) durante 216 h (9 días). En intervalos de tiempo desde el crecimiento inicial hasta 216 h (0, 24, 72, 120, 168 y 216



h) se tomaron 12 mL de cada cultivo y se centrifugaron a 13.200 rpm durante 15 min a 4°C para obtener un pellet. El pellet fue sometido al protocolo de extracción de ARN para cuantificar la expresión de los genes regulador al estrés (*rpoS*) y choque por frío (*cspA*) por PCR de transcriptasa inversa (RT-PCR) descritos a continuación. La ausencia de contaminación del ADN en las muestras de ARN fue verificada por PCR.

### **Extracción de ARN y RT-PCR**

El ARN de las células de *V. parahaemolyticus* se extrajo utilizando TRIzol® Reagent (Invitrogen, Carlsbad, CA, EE. UU) por disolución mecánica siguiendo el procedimiento descrito por Chomczynski y Sacchi (1986) con modificaciones, el cual se cuantificó utilizando un espectrofotómetro NanoDrop ND 2000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Las reacciones de síntesis de ARN se realizaron utilizando el kit iTaq Universal SYBER Green On-Step (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA). Las reacciones RT-PCR se llevaron a cabo en un sistema de PCR en tiempo real StepOne (Applied Biosystems, Waltham, MA, USA). Cada sistema de reacción consistió en 7.5 µL de mezcla de reacción iTaq Universal SYBER Green (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA), 0.45 µL para cada cebador de 300 µM, 5.41 µL de agua libre de RNasa y 1 µL de ARN. La reacción de RT-PCR se realizó con volúmenes de 15 µL con el siguiente protocolo: 50 °C durante 10 min, 95 °C durante 1 min, 95°C para 15 s, 60°C para 60 s seguidos de 40 ciclos. El análisis de la curva de fusión se realizó después de cada reacción RT-PCT para confirmar que sólo se detectaron productos RT-PCR. Los cebadores utilizados para la identificación de *V. parahaemolyticus* y el gen regulador del estrés, el gen de choque por frío y el gen constitutivo en *V. parahaemolyticus* se describen en el Cuadro 1.

### **Análisis de datos**

Los datos de la expresión del gen de referencia se obtuvieron con los valores límite del ciclo (Ct). Las eficiencias de amplificación se calcularon utilizando el software de cuantificación relativa proporcionado en el software StepOne Real Time PCR (Applied Biosystems). Para el análisis de la expresión de los genes, se utilizó el



método Delta Delta Ct ( $\Delta\Delta Ct$ ). Los datos se transformaron y presentaron como el cambio en la expresión de genes normalizado al gen de endógeno de referencia (*pvuA*) y en el nivel de expresión al tiempo 0. Los genes con un valor *p* ajustado de 0.05 y un cambio de intensidad absoluto  $\log^2 \geq 1.5$  se consideraron inducidos diferencialmente, mientras que los genes con un cambio de intensidad absoluto de  $\leq -1.5$  se consideraron como una baja regulación o reprimidos. Se evaluaron los datos normalizados de la cuantificación relativa de la expresión génica del gen regulador del estrés (*rpoS*) y el gen de choque por frío (*cspA*) utilizando el análisis de la varianza y la prueba de Tukey para detectar diferencias a través del tiempo de almacenamiento. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico Minitab v.17 a un nivel de significancia de ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 1. Cebadores utilizados para el análisis molecular de cepas no patogénicas y patogénicas de *Vibrio parahaemolyticus* aislados de ostión americano (*Crassostrea virginica*) y almacenadas a 7°C.**

Genes	Secuencia (5´-3´)	T <sub>m</sub> (°C)	Cepas positivas	Referencias
<i>tlh</i>	tl-f AAA GCG GAT TAT GCA GAA GCA CTG tl-r GCT ACT TTC TAG CAT TTT CTC TGC	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>tdh</i>	L-tdh GTA AAG GTC TCT GAC TTT TGG AC R-tdh TGG AAT AGA ACC TTC ATC TTC ACC	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>trh</i>	trh-f TTG GCT TCG ATA TTT TCA GTA TCT trh-r CAT AAC AAA CAT ATG CCC ATT TCC G	58	CAIM 1772	Bej <i>et al.</i> , 1999
<i>orf8</i>	F-O3MM824 AGG ACG CAG TTA CGC TTG ATG R-O3MM1192 CTA ACG CAT TGT CCC TTT GTA G	60	CAIM 1400	Myers <i>et al.</i> , 2003
Gen regulador				
<i>rpoS</i>	Fw-GACAATGCGTCAGAGACG Rv-GAGGTGAGAAGCCAATTTTC	56	--	Ma <i>et al.</i> , 2015
Gen constitutivo				
<i>pvuA</i>	156F-CAAACACTCACTCAGACTCCA 156R-CGAACCGATTCAACACG	56	--	Coutard <i>et al.</i> , 2007b
Gen choque por frío				
<i>cspA</i>	F-TATCGTTGCTGACGGTTTCA R-TCAGTCGCTTGAGGACCTTT	56	--	Meng <i>et al.</i> , 2015

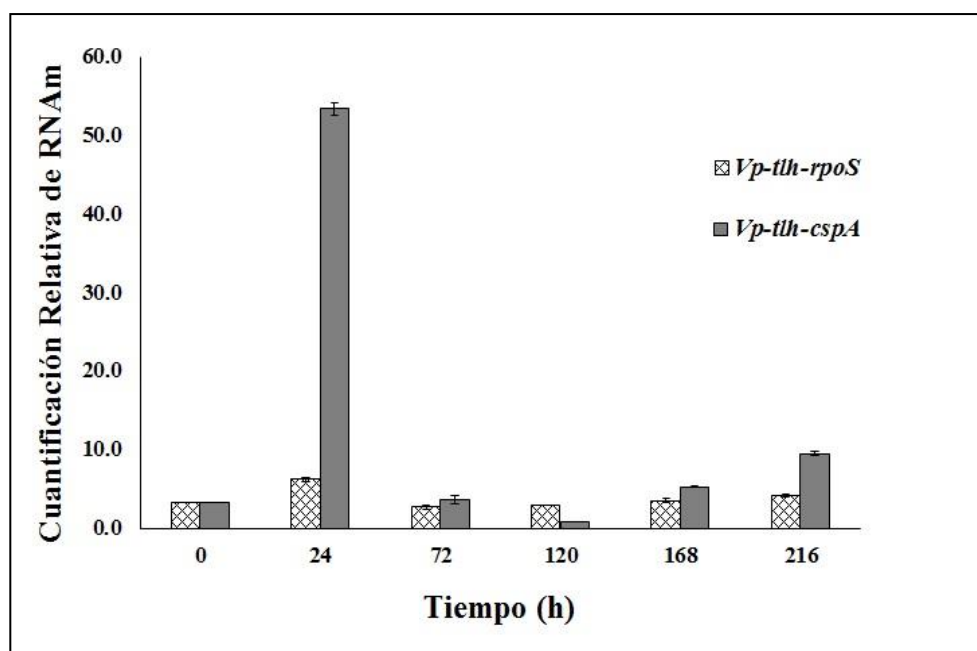




## Resultados y discusión

### Expresión de genes *in vitro*

En la Figura 1 se muestra la expresión diferencial de los genes *rpos* y *cspA* de la cepa no patogénica de *V. parahaemolyticus* (*Vp-tlh*) durante 216 h almacenada a 7°C. La expresión del gen *rpoS* en la cepa no patogénica a las 0 h (3.3) aumentó ( $p < 0.05$ ) a las 24 h (6.2), observándose una inducción ( $p < 0.05$ ) en el nivel transcripcional (2.9-veces). La regulación del gen *rpoS* disminuyó -0.6 y -0.3-veces a las 72 y 120 h, respectivamente, y se mantuvo baja hasta las 216 h (-0.1 - 0.9-veces). Mientras tanto, la expresión del gen *cspA* a 0 h (3.3) incrementó ( $P < 0.05$ ) a las 24 h (53.3), observándose una inducción (50.0-veces) ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, el gen fue reprimido a las 120 h (-2.5-veces), para nuevamente inducirse ( $p < 0.05$ ) a las 168 y 216 h (1.9 y 6.2, respectivamente).

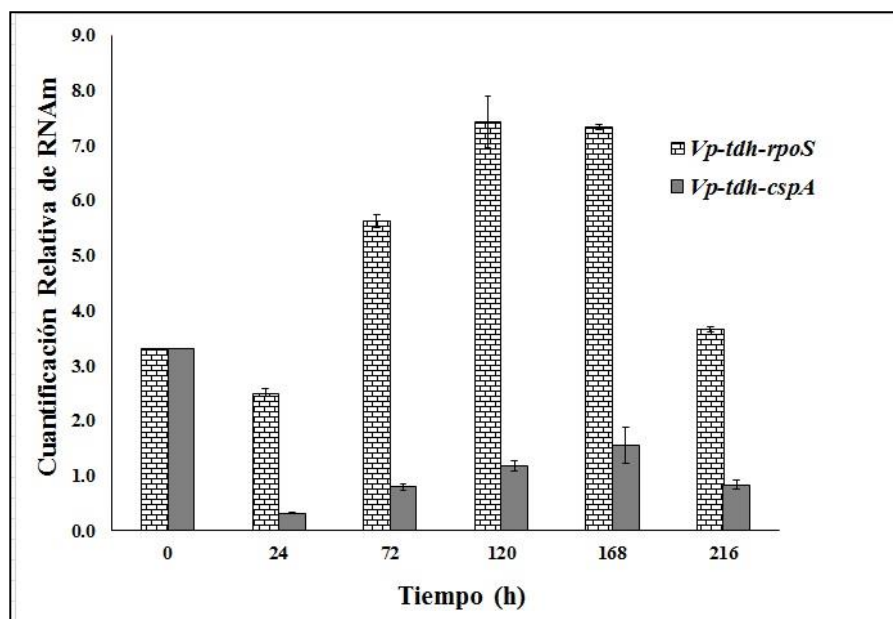


**Figura 1. Expresión diferencial de los genes *rpos* y *CspA* de la cepa de *V. parahaemolyticus* no patogénico (*Vp-tlh*) por shock al frío durante el almacenamiento refrigerado a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  por 216 h en caldo triptona.**

Las barras de error son las desviaciones estándar de las tres réplicas independientes. Los niveles de la expresión relativa se calcularon con respecto a la expresión del gen constitutivo *pvuA*, el cual fue utilizado como un gen endógeno de referencia.



En la Figura 2 se observa que la expresión relativa del gen *rpoS* en la cepa patogénica (*Vp-tdh*) a las 0 h (3.3) disminuyó ( $p < 0.05$ ) a las 72 h (2.5), observándose una mayor ( $p < 0.05$ ) expresión a las 120 y 168 h (7.44 y 7.34 respectivamente). Los niveles de transcripción del gen *rpoS* mostraron una baja regulación a las 24 h (-0.8-veces) pero se indujo a las 72, 120 y 168 h (2.31 4.1 y 4.0-veces respectivamente) y bajó a las 216 h (-0.3-veces). Al mismo tiempo, se observó que disminuyó ( $p > 0.05$ ) la expresión del gen *cspA* a 0 h de 3.32 a 0.32 a las 24 h y a 0.82, 0.18, 1.57 y 0.84 a las 72, 120, 168 y 216 h, respectivamente. Por lo que la transcripción del gen *cspA* se reprimió por -3.0 veces a las 24 h como respuesta al choque por frío y que se mantuvo durante hasta las 216 h (-2.5-veces).



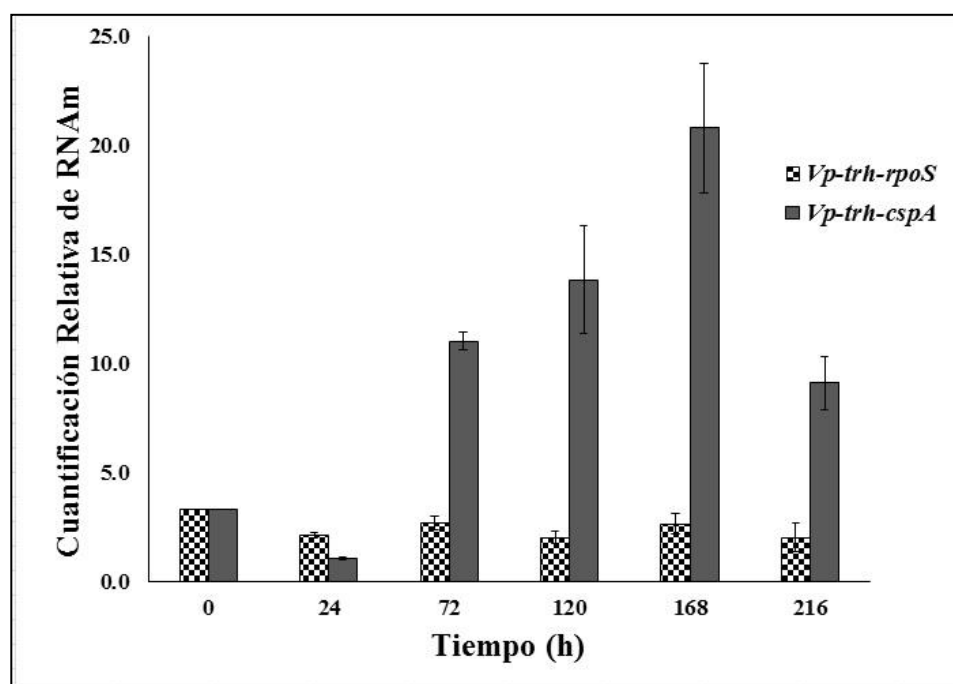
**Figura 2. Expresión diferencial de los genes *rpos* y *CspA* de la cepa de *V. parahaemolyticus* patogénico (*Vp-tdh*) por shock al frío durante el almacenamiento refrigerado a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  por 216 h en caldo triptona.**

Las barras de error son las desviaciones estándar de las tres réplicas independientes. Los niveles de la expresión relativa se calcularon con respecto a la expresión del gen constitutivo *pvuA*, el cual fue utilizado como un gen endógeno de referencia.

En la Figura 3 se muestra la expresión relativa del gen *rpoS* en la cepa patogénica (*Vp-trh*) a las 0 h (3.3) que disminuyó ( $p > 0.05$ ) a las 24 h (2.1). Los niveles de transcripción del gen *rpoS* se reprimieron por -1.22-veces a las 24 h, manteniéndose



con una baja regulación hasta las 216 h de almacenamiento (-0.6 a -1.3-veces). En contraste, la expresión del gen *cspA* a las 0 h (3.3) disminuyó ( $p < 0.05$ ) a las 24 h (1.03), pero se observó una mayor ( $p < 0.05$ ) expresión a las 72, 120, 168 y 216 h (11.0, 13.8, 20.8 y 9.1, respectivamente), por lo que el gen *cspA* se indujo a las 72, 120, 168 y 216 h (7.7, 10.5, 17.5 y 5.8-veces, respectivamente).



**Figura 3. Expresión diferencial de los genes *rpoS* y *CspA* de la cepa de *V. parahaemolyticus* patogénico (*Vp-trh*) por shock al frío durante el almacenamiento refrigerado a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  por 216 h en caldo triptona.**

Las barras de error son las desviaciones estándar de las tres réplicas independientes. Los niveles de la expresión relativa se calcularon con respecto a la expresión del gen constitutivo *pvuA*, el cual fue utilizado como un gen endógeno de referencia.

Como se aprecia en las Figuras 1, 2 y 3 existe una regulación diferencial en los genes *cspA* y *rpoS* entre las cepas (*Vp-tlh*), (*Vp-tdh*) y (*Vp-trh*), observándose una inducción regulada en el gen *cspA* a las 24, 168 y 216 h en la cepa (*Vp-tlh*) y de las 72 a las 216 h en la cepa (*Vp-trh*), mientras que este gen resultó reprimido en la cepa (*Vp-tdh*) de las 24 a las 216 h de almacenamiento refrigerado. Se ha reportado que frío causa la formación y la estabilización de estructuras secundarias en el ARN, que interfiere



con un enlace ribosomal, elongación y translación terminal eficientes. Por ello provoca una inhibición transitoria en la mayoría de la síntesis de proteínas, lo que resulta en un retraso de crecimiento llamado fase de aclimatación o fase lag. Las bacterias poseen proteínas de choque al frío conocidas como chaperonas ARN (CspA o sus homólogas) que se enlazan coordinadamente a los transcritos de mRNA nacientes para prevenir la formación de estructuras de mRNA secundario (Weber y Marahiel, 2003). El gen *cspA*, un gen *csp I*, decodifica a la proteína de choque al frío CspA la cual ha sido considerada como una chaperona ARN que se acumula durante el crecimiento a bajas temperaturas y modula tanto la transcripción como la translación de los genes específicos requeridos para la sobrevivencia de la bacteria a bajas temperaturas (Michaux *et al.*, 2012).

Las proteínas del choque por frío (CSPs) o chaperonas han sido identificadas como determinantes principales de la patogenicidad en varias bacterias causantes de enfermedades, incluyendo *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Brucella melitensis* y *Listeria monocytogenes*. La eliminación del gen *cspA* induce alteraciones en la expresión de un conjunto genes asociados con diversas funciones biológicas como la patogenicidad, la regulación del estrés, la secreción de metabolitos secundarios y la transducción de señales (Wu *et al.*, 2019). Esto explicaría que en la cepa (*Vp-tlh*) el gen *cspA* se indujera 50.0-veces a las 24, 168 y 216 h mientras que en la cepa (*Vp-trh*) por 7.7, 10.5, 17.5 y 17.5-veces a las 72, 120 y 168 h, respectivamente. Xie *et al.* (2019) señala que el perfil de la expresión génica en las cepas patogénicas es mayor debido a que necesitan movilizar más recursos genéticos para protegerse del estrés por frío. Respecto a la cepa (*Vp-tdh*), la expresión del gen *cspA* se reprimió durante las 216 h de almacenamiento (-2.4-veces en promedio); sin embargo, el gen *rpoS* se indujo 2.3, 4.1 y 4.0-veces a las 72, 120 y 168 h.

Varios estudios han sugerido que el gen *rpoS*, un gen regulador general del estrés, es el factor sigma crucial para la sobrevivencia bajo varias condiciones de estrés, especialmente en la fase estacionaria, que correspondería en este estudio a partir de las 72 h de almacenamiento. A medida que las células entran a la fase estacionaria, los niveles de *rpoS* comienzan a aumentar y se desencadena la





expresión de diversos genes (Richard y Foster, 2003). Este gen contribuye al manejo de factores comunes durante la adaptación bacteriana, incluyendo los factores de adhesión y la excreción de enzimas extracelulares, como lipasas y proteasas, cuando la bacteria está luchando con condiciones extremas en el entorno circundante. Más aún, el gen *rpoS* puede mediar la virulencia ya sea directamente controlando la expresión de factores de virulencia o indirectamente mediante la estimulación de una respuesta de adaptación rápida para mejorar la sobrevivencia (Coutard *et al.*, 2007). Esta respuesta se observó en la cepa (*Vp-trh*) en la cual la expresión en el gen *rpoS* disminuyó a las 24 h (-1.2-veces) que se mantuvo baja durante las 216 h de almacenamiento (-0.9-veces en promedio), pero el gen *cspA* mostró una mayor inducción en la expresión a las 72, 120, 168 y 216 h (7.7, 10.5, 17.5, 5.8-veces, respectivamente) aunque la expresión de este gen se reprimió a las 24 h (-2.3). La expresión observada en la cepa (*Vp-trh*) difirió de la cepa (*Vp-tdh*). Aún más, solamente la expresión de la cepa (*Vp-tlh*) presentó inducción en los genes *rpos* y *CspA* a las 24 h por el shock al frío. Estos resultados pueden reflejar un incremento en la expresión de genes que estaban menos expresados antes del choque al frío. Esta diferencia en la expresión génica entre las cepas pudo haberse debido a que en la época de lluvias la salinidad del agua en la laguna disminuye (7.4‰) (López *et al.*, 2015). La salinidad óptima para el crecimiento de *V. parahaemolyticus* en el ostión es 23‰ aunque se han reportado que salinidades del 10 al 36‰ permiten niveles relativamente altos en ostiones (Martínez *et al.*, 2010). En este sentido, la cepa (*Vp-trh*) podría haber estado mejor adaptada a este estrés que la cepa (*Vp-tdh*), lo que ocasionó su mejor adaptación al frío durante el almacenamiento. De acuerdo con Dong y Schellhorn (2010) la regulación de la expresión génica es un fenómeno adaptativo que se observa en las bacterias después de la exposición al estrés ambiental. Yang *et al.*, (2009) reportaron que el gen *cspA* de una cepa de *V. parahaemolyticus tdh+* O3:K6 pandémico mostró una inducción de 30-veces en su nivel transcripcional a 10°C, pero que debajo de esta temperatura se detuvo el crecimiento. En contraste, los resultados del presente estudio explicarían lo observado en un estudio previo en el cual reportamos que la densidad patogénica de *V. parahaemolyticus trh+* en ostiones refrigerados a 7°C incrementó ( $p < 0.05$ ) de



0.477 a 0.519  $\log_{10}$ NMP/g de las 0 h a las 72 h, así como la densidad patogénica *tdh+* incrementó ( $p < 0.05$ ) de -0.824 a 0.519  $\log_{10}$ NMP/g en las mismas horas de almacenamiento (Flores *et al.*, 2015). En este contexto, los resultados del presente estudio indican que la transcripción diferencial de los genes *cspA* y *rpoS* durante el almacenamiento a 7°C involucra cambios en la expresión génica como una respuesta al estrés por frío, lo que contribuye a la sobrevivencia de cepas patogénicas y no patogénicas de *V. parahaemolyticus*. Estos resultados son relevantes, especialmente si se considera el extendido uso de bajas temperaturas para almacenar y conservar los mariscos.

Las normas internacionales actuales para el almacenamiento y el transporte de mariscos destinados al consumo humano señalan que deben mantenerse a temperaturas inferiores a 15.5°C para limitar el crecimiento bacteriano a un límite inferior a 5 UFC/g de células *tdh+* (U.S. FDA NSSP, 2013). De acuerdo con la Norma Mexicana NOM-242-SSA1-2009 (SSA, 2009), los ostiones cosechados deben mantenerse frescos y almacenados adecuadamente a 7°C por 7 días con un límite inferior de  $10^4$  NMP/g. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de este estudio, las cepas patogénicas de *V. parahaemolyticus* (*Vp-tdh*) y (*Vp-trh*) tuvieron una mayor expresión en los genes *rpoS* y *cspA* en respuesta al estrés por frío y a lo largo del almacenamiento a 7°C, logrando una adaptación al frío, lo que indica que *V. parahaemolyticus* tiene la capacidad de sobrevivir a bajas temperaturas.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que el gen de choque por frío *cspA* y el gen del estrés *rpoS* de *V. parahaemolyticus* (*Vp-tlh*), (*Vp-tdh*) y (*Vp-trh*) son inducibles *in vitro*. A la 24 h de almacenamiento a 7°C se detectaron niveles de inducción en los genes *rpoS* y *cspA* de *V. parahaemolyticus* (*Vp-tlh*) por el shock al frío. En contraste, la transcripción de ambos genes fue reprimida en las cepas (*Vp-tdh*) y (*Vp-trh*). Se observó una regulación diferencial de ambos genes entre las tres cepas de *V. parahaemolyticus*. La regulación del gen *rpoS* se mantuvo baja en la cepa (*Vp-tlh*)



y (*Vp-trh*) hasta las 216 h, mientras que en la cepa (*Vp-tdh*) se indujo de las 72 a las 168 h. La regulación del gen *cspA* se indujo en las cepas (*Vp-tlh*) y (*Vp-trh*), pero fue reprimida en la cepa (*Vp-tdh*) durante el almacenamiento. Los resultados sugieren que la expresión inducida del gen *cspA* y *rpoS* parece ser esencial para la adaptación al frío de *V. parahaemolyticus* y que la rápida recuperación de la alteración en el metabolismo bacteriano al estrés varía con la patogenicidad de *V. parahaemolyticus*.

Considerando estos resultados, las cepas de *V. parahaemolyticus* patogénicas tienen capacidad para adaptarse a bajas temperaturas, lo cual varía dependiendo de los cambios en la expresión en función de su patogenicidad. Por lo tanto, la refrigeración por sí sola a esta temperatura no limita la sobrevivencia de este patógeno, por lo que el uso de 7°C como la temperatura estipulada por la normatividad para almacenar mariscos debería ser revisada por las autoridades sanitarias con la finalidad de proteger la salud del consumidor.

### Literatura citada

- Aagesen, A. M., S. Phuvasate, Y. C. Su., C.C. Häse. 2017. Characterizing the adherence profiles of virulent *Vibrio parahaemolyticus* isolates. *Microb Ecol.* 75(1):152-162.
- Alarcón, E. F.G., V.T. Pardío, S., D. Martínez, H., R. Quintana, C., R. M. Oliart., R., K. M. López, H. *et al.*, 2017. Cinética de crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus* *tlh* y *tdh* durante el almacenamiento refrigerado. P. 17. In: Memoria del Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria 2017. Chihuahua, Chi., México.
- Bej, A. K., D.P. Patterson, C.W. Brasher, M. Vickery, C. L., D. Jones, D. C. Kaysner. 1999. Detection of total and hemolysin producing *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish using multiplex PCR amplification of *tlh*, *tdh* and *trh*. *J. Microbiol. Meth.* 36:215-225.
- Chomczynski, P. and N., Sacchi. 1987. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate phenol chloroform extraction, *Anal. Biochem.* 162:156-159.



- Coutard, F., S. Lozach, M. Pommepuy, D. Hervio-Heath. 2007. Real-time reverse transcription-PCR for transcriptional expression analysis of virulence and housekeeping genes in viable but nonculturable *Vibrio parahaemolyticus* after recovery of culturability. *Appl. Environ. Microbiol.* 73:5183-5189.
- Dong, T., and H. E. Schellhorn. 2010. Role of RpoS in virulence of pathogens. *Infect Immun.* 78: 887-897.
- Flores, P. A., V. T. Pardío, S., K. López, H., L. Lizárraga, P., R. Uscanga, S. 2015. Crecimiento y sobrevivencia de *Vibrio parahaemolyticus* en ostión americano (*Crassostrea virginica*) almacenado en refrigeración. *Salud Pública de México* 57:211-218.
- Franco, M. J., J. J. Flores, A., H.G. Suárez, F. M. A. Puc, N. M. Hereida, & R. M. L. Vivas. 2003. Prevalencia de las especies *Vibrio hollisae*, *V. mimicus* y *V. vulnificus* en alimentos marinos de origen animal de marisquerías de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. Salud Pública y Nutrición.* <http://www.respyn.uanl.mx/iv/1/articulos/vibriosis.html> [consultado el 25 de mayo de 2019].
- Gómez, E.C. 2006. El choque frío y la regulación post-transcripcional en *Escherichia coli*. *Rev. Latinoam. Microbiol. México, DF.* 48(2):162-172.
- Horn, G., R. Hofweber, W. Kremer, H. R. Kalbitzer. 2007. Structure and function of bacterial cold shock proteins. *Cell. Mol. Life Sci.* 64:1457-1470.
- Kang, C. H., Y. Shin., S. Jang., H. Yu., S. Kim., S. An *et al.* 2017. Characterization of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from oysters in Korea: Resistance to various antibiotics and prevalence of virulence genes. *Mar. Pollut. Bull.* 118(1): 261-266.
- López, H. K., V. T. Pardío, S., L. Lizárraga P., J. Williams, J., D. Martínez, H., A. Flores, P. *et al* 2015. Environmental parameters influence on the dynamics of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* densities in *Crassostrea virginica* harvested from Mexico's Gulf coast. *Mar. Poll. Bull.* 91:317-329.
- Ma, Y. J., X. H. Sun., X. Y. Xu., Y. Zhao., Y. J. Pan., C. A. Hwang *et al.* 2015. Investigation of reference genes in *Vibrio parahaemolyticus* for gene expression analysis using quantitative RT-PCR. *PLoS One.* 10: e0144362.





- Mala, W., M. Alam., S. Angkititrakul., S. Wongwajana., V. Lulitanond., S. Huttayananont *et al.* 2016. Serogroup, virulence, and molecular traits of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from clinical and cockle sources in northeastern Thailand. *Infect. Genet. Evol.* 39:212–218.
- Martínez-Urtaza, J., J. Bowers, J. Trinanes, A. DePaola. 2010. Climate anomalies and the increasing risk of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* illnesses. *Food Res. Int.* 43:1780–1790.
- Mazzon, R. R., E. Lang, A., C. Silva, A. and M. Marques, V. 2012. Cold shock genes *cspA* and *cspB* from *Caulobacter crescentus* are posttranscriptionally regulated and important for cold adaptation. *J Bacteriol* 194:6507–6517.
- Meng, L., T. Alter., T. Aho., S. Huehn. 2015. Gene expression profiles of *Vibrio parahaemolyticus* in viable but non-culturable state. *FEMS Microbiol. Ecol.* 91:1-12.
- Michaux, C., C. Martini, K. Shioya, S. Ahmed, A. Budin, P. Cosette *et al.* 2012. CspR, a cold shock RNA-binding protein involved in the ong-term survival and the virulence of *Enterococcus faecalis*. *J. Bacteriol.* 194:6900–6908.
- Myers, M. L., G. Panicker., and A. Bej, K. 2003. PCR detection of a newly emerged pandemic *Vibrio parahaemolyticus* O3: K6 pathogen in pure cultures and seeded waters from the Gulf of Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:2194-2200.
- Phadtare, S., J. Alsina., and M. Inouye. 1999. Cold-shock response and cold-shock proteins. *Curr. Opin. Microbiol.* 2:175-180.
- Raghunath, P. 2015. Roles of thermostable direct hemolysin (TDH) and TDH-related hemolysin (TRH) in *Vibrio parahaemolyticus*. *Front. Microbiol.* 5:1-4.
- Richard, H. T., and J. Foster, W. 2003. Acid resistance in *Escherichia coli*. *Advances in applied microbiology*, 52:167-186.
- SE, 2011. Secretaría de Economía. Gobierno de México. NMX-FF-001-SCFI-2011 <http://www.economia.gob.mx/> [consultado el 25 de mayo de 2019].
- SSA, 2009. Secretaría de Salud. Gobierno de México. NOM-242-SSA1-2009. <http://portal.salud.gob.mx/> [consultado el 25 de mayo de 2019].
- SSA, 1994. Secretaría de Salud. Gobierno de México. NOM-109-SSA1-1994. <http://portal.salud.gob.mx/> [consultado el 25 de mayo de 2019].
- Su, Y., and C. Liu. 2007. *Vibrio parahaemolyticus*: a concern of seafood safety. *Food Microbiol.* 24, 549–558.



- United States Food and Drug Administration National Shellfish Sanitation Program. Guide for the Control of Molluscan Shellfish: 2017 Revision. <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm>. [consultado el 25 de mayo de 2019].
- Wang, R., Y. Zhong., X. G.u., J. Yuan., A. F. Saeed., and S. Wang. 2015. The pathogenesis, detection, and prevention of *Vibrio parahaemolyticus*. *Front. Microbiol.* 6:1-12.
- Weber, M. H. and M. A. Marahiel. 2003. Bacterial cold shock responses. *Sci Prog.* 86: 9-75.
- Wu, L., L. Ma., X. Li., Z. Huang., and X. Gao. (2019). Contribution of the cold shock protein CspA to virulence in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Mol. Plant Pathol.* 20(3):382-391.
- Xie, T., P. Rui., Q. Wu, J. Zhang., T. Lei. *et al.* 2019. Cold tolerance regulated by the pyruvate metabolism in *Vibrio parahaemolyticus*. *Frontiers in Microbiol.* 10:178.
- Yang, L., D. Zhou., X. Liu., H. Han., L. Zhan., Z. Guo., L. Zhang. *et al.* 2009. Cold-induced gene expression profiles of *Vibrio parahaemolyticus*: a time-course analysis. *FEMS Microbiol. Lett.* 291:50-58.
- Zhong, H., Y. Zhong., Q. Deng., Z. Zhou., X. Guan., M. Yan. *et al.* 2017. Virulence of thermolabile haemolysin *tlh*, gastroenteritis related pathogenicity *tdh* and *trh* of the pathogens *Vibrio parahemolyticus* in Viable but Non-Culturable (VBNC) state. *Microb. Pathog.* 111:352-356.



## USO DE UNA SISTEMA BIOELECTROQUÍMICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL ACUÍCOLA

C. A. Morando Grijalva<sup>309</sup>, M.G. Valdivia Guzmán<sup>309</sup>, M. Corro Sánchez<sup>309</sup>, A. L. Vázquez Larios<sup>309\*</sup>, R. Alcántara Hernández<sup>310</sup>, L. A. Ortega Clemente<sup>311</sup> y P. N. Robledo Narváez<sup>309</sup>

### Resumen

En el presente trabajo se aplicó un sistema bioelectroquímico (SB) y dos tipos de microalgas: *Chlamydomonas* (CH) y *Chlorella vulgaris* (CV), para el tratamiento de agua residual acuícola. El sistema bioelectroquímico fue inoculado con sedimento lagunar previamente enriquecido y agua residual de Tilapia con 240 mg/L (DQO), 2.4 mg/L ( $\text{NH}_4^+$ ), 19 mg/L ( $\text{NO}_2^-$ ), 123 mg/L ( $\text{NO}_3^-$ ), 18 mg/L ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y pH de 6.7. Se lograron obtener densidades de potencia máxima de 73.67 y 758.95  $\text{mWm}^{-2}$ , para *Chlamydomonas* (CH) y *Chlorella vulgaris* (CV), respectivamente. El sistema mostro porcentajes de remoción de nutrientes del 70, 53, 85 y 93% para  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , respectivamente, en cámara catódica. Un sistema bioelectroquímico se muestra como alternativa para el tratamiento de aguas residuales con altos porcentajes de remoción.

**Palabras clave:** agua residual acuícola, sistema bioelectroquímico, remoción de nutrientes

### Introducción

La acuicultura es una actividad que va en aumento, debido a que se obtienen alimentos ricos en proteínas y ácidos grasos a bajo precio, esta práctica requiere

---

<sup>309</sup>

<sup>310</sup>

<sup>311</sup> Instituto Tecnológico Nacional de México, Sede Boca del Río. \*isajim09@yahoo.com.mx



grandes cantidades de agua para su desarrollo lo que la vuelve en una actividad de gran impacto ambiental, principalmente por la cantidad de agua residual que produce, es decir, biomasa (Aragón-Monter *et al.*, 2013). El agua residual acuícola al no ser tratada trae consigo importantes problemas ambientales a cuerpos de agua receptores de las descargas como ríos, lagos y sistemas costeros (Gao *et al.*, 2016). Los efectos ocasionados en el ecosistema son principalmente la destrucción de bosques de manglar y marismas (Foroughbakhch *et al.*, 2004), contaminación de los mantos freáticos del subsuelo resultando no apta para el consumo humano (Páez-osuna, 2005) y la eutrofización de los lagos y las zonas costeras (Kim *et al.*, 2010; Kothari *et al.*, 2013). Se han implementado distintos tipos de tratamientos, como físicos, químicos y biológicos, estos últimos, son de bajo costo, no requieren grandes cantidades de energía y son amigables con el ambiente, volviéndose la alternativa más recurrente (Kothari *et al.*, 2013). Los principales tratamientos biológicos empleados son: biofiltración (Sánchez *et al.*, 2013), tapetes microbianos (Lezama-Cervantes *et al.*, 2010), acuaponía (Campos-Pulido *et al.*, 2013), humedales artificiales (Sánchez-Carrillo y Álvarez-Yépiz, 2014), etc., la principal desventaja es que requieren tratamientos previos o la mezcla de ellos para ser eficientes. Como alternativa surge el empleo de los dispositivos bioelectroquímicos que han generado gran interés como una tecnología prometedora para la producción sustentable de energía eléctrica y el tratamiento de residuos orgánicos al mismo tiempo (Vázquez-Larios *et al.*, 2011). En la actualidad los materiales empleados para la construcción y operación de las CCM son de alto costo, volviendo esta alternativa inaccesible para la mayoría, a pesar de los beneficios que se plantean. Es por ello por lo que surge la necesidad de emplear otras fuentes como biocátodos. Las microalgas pueden ser empleadas en el cátodo sin alterar su ciclo biológico y producir  $O_2$ , eliminan la necesidad de adicionar este compuesto aceptor de electrones; y consecuentemente, reducen con ello los costos de operación de la CCM. Además, las microalgas representan una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales acuícolas, su aplicación ofrece importantes ventajas como el mejoramiento de la calidad del efluente y la obtención de biomasa con bajo costo energético (Guldhe *et al.*, 2017). El objetivo del presente trabajo fue aplicar un





sistema bioelectroquímico (SB) y dos tipos de microalgas: *Chlamydomonas* (CH) y *Chlorella vulgaris* (CV), para el tratamiento de agua residual acuícola.

## Materiales y métodos

**Microalgas.** Se empleó una microalga *Chlamydomonas* la cual fue aislada mediante el método de siembra secuencial en placa con Agar Bacteriológico al 1.5% (de Morais y Costa, 2007) y Medio Basal Bold (MBB) (Guerrero-Cabrera *et al.*, 2014). El MBB fue esterilizado en autoclave a 121°C por 15 min (Osundeko *et al.*, 2013) y *Chlorella vulgaris*.

Las microalgas fueron crecidas en matraces de vidrio de 1 L con 950 mL de MBB estéril, manteniéndose a una temperatura de 22°C, con iluminación LED de 55.5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (3000 luxes) y aireación continua por 24 horas (Ferrer-Alvarez *et al.*, 2015). La concentración inicial de las microalgas fue de  $1 \times 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$  (He *et al.*, 2013).

**Obtención de sedimento lagunar.** El sedimento fue recolectado a una profundidad de 20 cm de Lago de Puente Moreno, ubicado en 19°06'12.4" latitud Norte y 96°09'35.2" longitud Oeste en el municipio de Medellín, Ver. La muestra fue introducida en un frasco estéril y fue transportada al laboratorio manteniéndola a 4°C. El sedimento recolectado fue colocado en una columna Winogradsky con 8 cm de diámetro y 25 m de altura, con capacidad de 1 L. Se colocaron 500 mL de sedimento y se mezcló completamente con 25 g de aserrín, 12.5 g de sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), 12.5 g de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y 1 g de sacarosa, y se llenó con agua del mismo lago; se cubrió la boca de la columna con papel aluminio; se colocó a una distancia de 40 cm de una lámpara de 60 W y se incubó así aproximadamente un mes. (Çetinkaya *et al.*, 1999; Madigan *et al.*, 2004).

**Agua Residual de Tilapia.** El Agua Residual Acuícola fue tomada de un cultivo de Tilapia en etapa de engorda (ART) esta fue empleada como sustrato en ambas cámaras, esta se filtró con una columna empaquetada con algodón, poliéster y una



malla de 100  $\mu\text{m}$  Ferrer (Ferrer-Alvarez *et al.*, 2015), posteriormente fue esterilizada en autoclave a 121°C por 15 min (Osundeko *et al.*, 2013), los parámetros del agua residual fueron 240 mg DQO/L (Demanda química de oxígeno (DQO)), 2.4 mg/L ( $\text{NH}_4^+$ ), 19 mg/L ( $\text{NO}_2^-$ ), 123 mg/L ( $\text{NO}_3^-$ ), 18 mg/L ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y pH de 6.7. Los parámetros fueron determinados con un Fotómetro Multiparámetro de Sobremesa modelo HI83099 HANNA.

**Diseño del sistema bioelectroquímico.** La celda de combustible microbiana consistió en dos ortoedros de acrílico. Cada cámara tuvo 10 cm de ancho, por 10 cm de largo y 11 cm de alto, con un volumen total de 1.1 L. Las dos cámaras estuvieron divididas por electrodos de tela de carbón y una membrana de intercambio protónico (MIP) Nafion 117, con arreglo tipo “emparedado” con el siguiente orden: tela de carbón-MIP-tela de carbón, sujetadas con una malla de acero inoxidable (Vázquez-Larios *et al.*, 2011). Los electrodos tuvieron un área superficial de 121  $\text{cm}^2$ . El volumen de operación de cada cámara fue de 900 mL. La cámara anódica se cubrió con aluminio para evitar el crecimiento de organismos fotosintéticos (cianobacterias y microalgas) (Kakarla y Min, 2014; Wu *et al.*, 2014). La MIP fue activada mediante lavados secuenciales con  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% (% v/v), seguido de  $\text{H}_2\text{O}$  desionizada, posteriormente en una solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 M y por último, en  $\text{H}_2\text{O}$  desionizada, cada lavado se mantuvo una temperatura de 80°C durante una hora.

**Operación de la MFC.** La cámara anódica fue cargada con 900 mL de ART, se inoculó con 100 mL del sedimento de la columna Winogradsky (Lago de Puente Moreno). Por su parte la cámara catódica fue cargada con 1000 mL de ART, se inoculó con CH o CV a una concentración de  $1 \times 10^6$  células/mL, según el caso, quedando los arreglos de la siguiente manera: SB CH-ART y SB CV-ART. Cada sistema bioelectroquímico fue operado en modo lote, por 6 días a  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ . La cámara anódica fue alimentada cada 24 h con 100 mL de ART, posterior a la toma de muestra (100 mL). Por su parte, la cámara catódica se inoculó con una concentración inicial de  $1 \times 10^6$  células/mL, tomado de la fase exponencial, se tomó muestra al inicio y al final de la operación (100 mL), se mantuvo con aireación

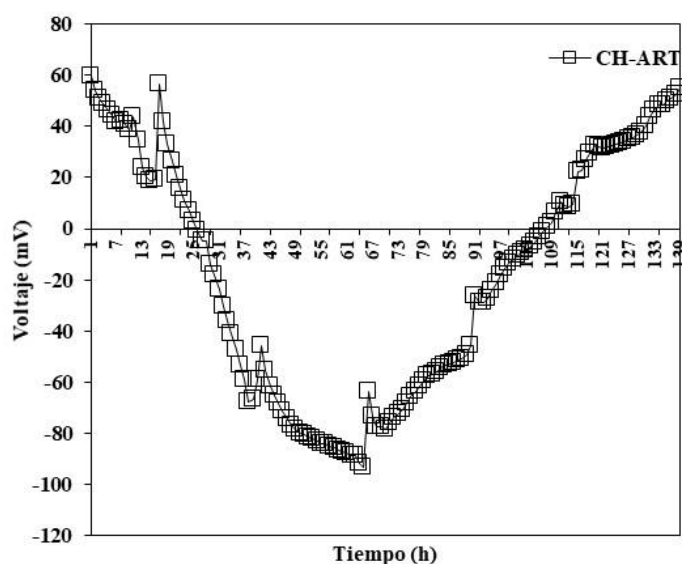


constante e iluminación de  $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (3000 luxes). El circuito de cada SB se conectó con una resistencia externa correspondiente a la resistencia interna determinada por curva de polarización. El voltaje ( $E_{CCM}$ ), intensidad de corriente ( $I$ ) y densidad de potencia ( $P_{An}$ ) se registraron en función del tiempo. El voltaje se determinó con un Multímetro STEREN MUL-04.

## Resultados y discusión

### Operación del sistema bioelectroquímico con *Chlamydomonas* y *Chlorella vulgaris*

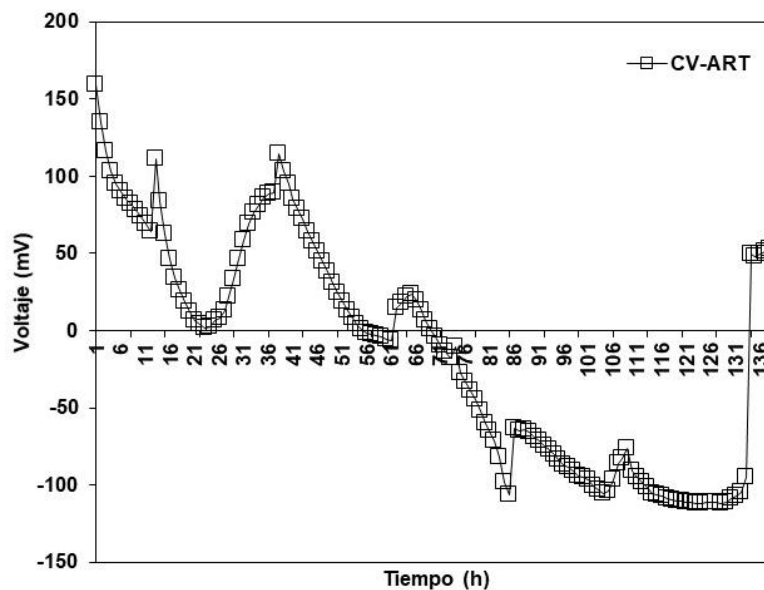
En la Figura 1 se observa la operación de los sistemas inoculados con CH en la cámara catódica. En la celda donde se utiliza ART como medio de cultivo para la microalga se observa que a las 20 horas de operación el voltaje se mantuvo estable obteniendo una densidad de potencia de  $13.23 \text{ mW m}^{-2}$ , transcurrida la primera hora de operación, en las siguientes 10 horas el potencial se mantuvo por arriba de 40 mV, sin embargo, el potencial disminuyó paulatinamente hasta llegar a valores negativos, transcurrido el primer día de operación.



**Figura 1. Variación del potencial del sistema bioelectroquímico con *Chlamydomonas* y agua residual de Tilapia (□).**



El desempeño del SB CH-ART puede ser atribuido a un pH bajo, manteniéndose en 6.35 las primeras 40 horas de operación, potanto, el potencial disminuye de 59.35 a 19.1 mV en el mismo periodo de tiempo. Un bajo pH puede afectar considerablemente el metabolismo de las bacterias lo que podría inhibir la actividad hidrolítica de las bacterias anaeróbicas (Hou *et al.*, 2016). La disminución del pH en la cámara anódica es debido a la presencia de CO<sub>2</sub>, el cual al no ser fijado en su totalidad por las microalgas ocasiona que los protones viajen a través de la membrana del cátodo al ánodo (Gonzalez *et al.*, 2015). Se observó un 96.84% de remoción de DQO al final de la operación; sin embargo, se observó una eficiencia coulombimétrica del 0.013% en las primeras de 16 horas de operación, y un 0.019% a partir de las 115 horas de operación hasta el final de la operación a las 139 horas. Esto se relaciona al bajo potencial observado y a que no sólo los microorganismos electroquímicamente activos consumen la materia orgánica (Gonzalez *et al.*, 2015). Por otra parte, en la Figura 2 se observa el potencial con respecto al tiempo de la celda inoculada con CV. Se observa un ligero incremento del potencial en ambos sistemas cuando se alimenta con medio nuevo.



**Figura 2. Variación del potencial del sistema bioelectroquímico con *Chlorella vulgaris* y agua residual de Tilapia (□).**

Sin embargo, el potencial de la celda alimentada en ambas cámaras con ART disminuye considerablemente con el paso del tiempo hasta alcanzar valores



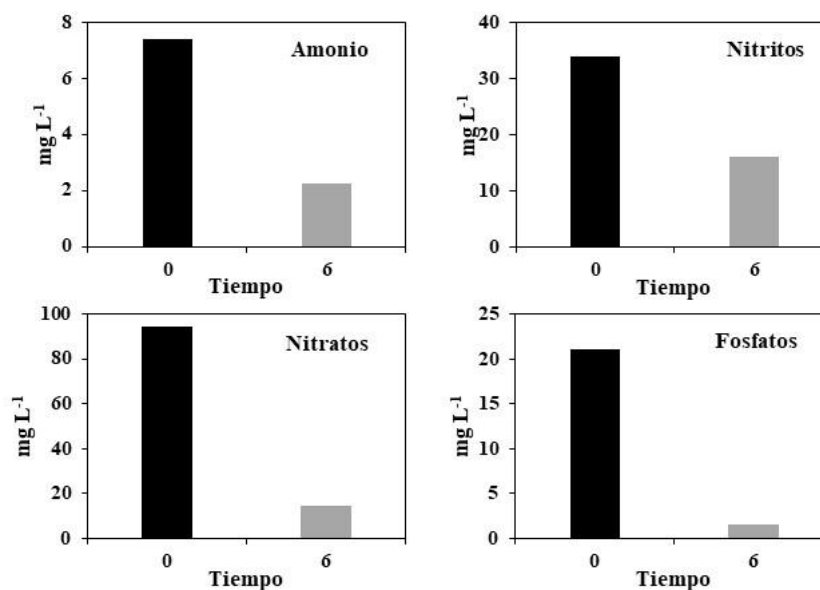


negativos. Durante la operación se logró alcanzar una densidad de potencia máxima de 1390.27 y 359.93 mW m<sup>-2</sup>, en ART y MBB, respectivamente.

Por tanto, el comportamiento del potencial observado puede ser atribuido al consumo de materia orgánica. En los primeros días de operación se muestra una ligera remoción de materia orgánica; posteriormente, la concentración de materia orgánica de 270 a 610 mg/L para CV-ART a las 109 h de operación, y por consiguiente el potencial disminuye paulatinamente. Además, se observó una eficiencia coulombimétrica de 2.128% a partir de las 13 h de operación hasta las 39 h en CCM CV-ART. A pesar de que se observa remoción de materia orgánica, el potencial no aumenta, esto puede ser atribuido a que no sólo los microorganismos electroactivos consumen materia orgánica (Gonzalez *et al.*, 2015).

### Remoción de nutrientes del agua residual

Para la celda inóculada con CH se obtuvieron porcentajes de remoción del 70, 53, 85 y 93%, de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, respectivamente; como se observa en la Figura 3.



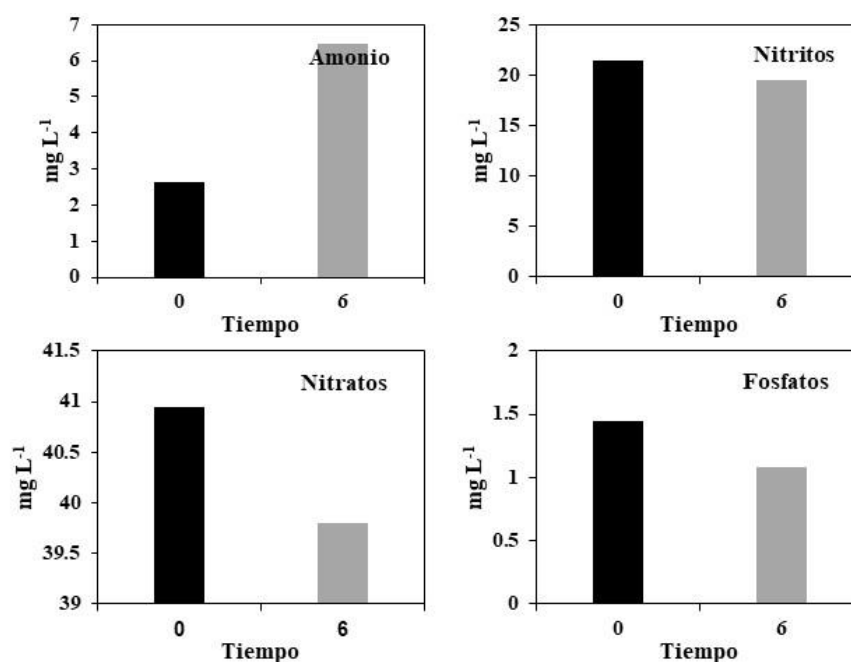
**Figura 3. Remoción de nutrientes en cámara catódica del sistema bioelectroquímico CH-ART.**

Estos resultados son similares a lo reportado por Zamani *et al.* (2012) quienes reportan remociones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> del 71% para *Chlamydomonas* sp., microalga



inmovilizada en alginato. Sin embargo, se observa una mayor remoción de amonio, lo que puede ser atribuido a la capacidad de la MIP para transportar  $\text{NH}_4^+$  así como protones. Esto puede ser debido a la disminución del pH mencionado anteriormente, y las moléculas de  $\text{NH}_4^+$  podrían estar siendo transportadas a la cámara anódica (Gonzalez *et al.*, 2015; Rozendal *et al.*, 2006).

Por otra parte, en la celda inóculada con CV la remoción de nutrientes fue mínima, se obtuvieron porcentajes de remoción del 9, 3 y 26%, para,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , respectivamente, como se observa en la Figura 4; en cambio, se observa un incremento del 45% de  $\text{NH}_4^+$ . El incremento de amonio puede ser atribuido a la presencia de cianobacterias, puesto que las cianobacterias tienen la capacidad de fijar el  $\text{N}_2$  de la atmosfera y reducirlo a  $\text{NH}_4^+$  (Berman-Frank *et al.*, 2003).



**Figura 4. Remoción de nutrientes en cámara catódica de la CCM CV-ART.**



## Conclusiones

1. Se logró la depuración del agua residual de Tilapia, con remociones del 70, 53, 85 y 93%, para  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , respectivamente, aplicando CH. 2. El uso de sistemas bioelectroquímicos se pueden aplicar como un método para el tratamiento de aguas residuales acuícolas.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca Nacional con referencia 594666, al financiamiento del Proyecto 2015-01-1346 Solución a Problemas Nacionales (CONACYT) y el proyecto 6287.19-P (TecNM).

## Literatura citada

- Aragón-Monter, R., J. Ramírez-Godínez, C. Coronel-Olivares, C. Lucho-Constantino y Vázquez-Rodríguez, G. 2013. Uso de Carbón Activado Granular ( CAG ) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas. *Simposio Iberoamericano Multidisciplinario Ciencias e Ingenierías* 1–6.
- Berman-Frank, I., P. Lundgren y P. Falkowski. 2003. Nitrogen fixation and photosynthetic oxygen evolution in cyanobacteria. *Research in Microbiology* 154(3): 157–164.
- Campos-Pulido, R., A. Alonso-López, D. A. Avalos-de la Cruz, A. Asiain-Hoyos y Retamendiola, J. L. 2013. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 939–950.
- Çetinkaya Dönmez, G., A. Öztürk y L. Çakmakçi. 1999. Properties of the *Rhodopseudomonas palustris* Strains Isolated From an Alkaline Lake in Turkey. *Turkish Journal of Biology* 23, 457-463.



- de Morais, M. G. y J. A. V. Costa. 2007. Isolation and selection of microalgae from coal fired thermoelectric power plant for biofixation of carbon dioxide. *Energy Conversion and Management* 48(7): 2169-2173.
- Ferrer-Alvarez, Y. I., L. A. Ortega-Clemente, I. A. Perez-Legaspi, M. P. Hernandez-Vergara, P. N. Robledo-Narvaez, E. Rio-Leal, *et al.* 2015. Growth of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloris oculata* in effluents of Tilapia farming for the production of fatty acids with potential in biofuels. *African Journal of Biotechnology* 14(20): 1710–1717.
- Foroughbakhch, R., A. Céspedes, M. Alvarado, A. Núñez y M. Badii. 2004. Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el golfo de México. *Ciencia UANL* 7(2): 203–208.
- Gao, F., C. Li, Z. Yang, G. Zeng, L. Feng, J. Liu, *et al.* 2016. Continuous microalgae cultivation in aquaculture wastewater by a membrane photobioreactor for biomass production and nutrients removal. *Ecological Engineering* 92:55–61.
- Gonzalez, A., J. F. Perez, P. Cañizares, M. A. Rodrigo, F. J. Fernandez y J. Lobato. 2015. Characterization of light / dark cycle and long-term performance test in a photosynthetic microbial fuel cell. *FUEL* 140: 209-216.
- Guldhe, A., F. A. Ansari, P. Singh y F. Bux. 2017. Heterotrophic cultivation of microalgae using aquaculture wastewater: A biorefinery concept for biomass production and nutrient remediation. *Ecological Engineering* 99: 47–53.
- He, H., M. Zhou, J. Yang, Y. Hu y Y. Zhao. 2013. Simultaneous wastewater treatment, electricity generation and biomass production by an immobilized photosynthetic algal microbial fuel cell. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 37(5): 873-880.
- Hou, Q., H. Pei, W. Hu, L. Jiang y Z. Yu. 2016. Mutual facilitations of food waste treatment, microbial fuel cell bioelectricity generation and *Chlorella vulgaris* lipid production. *Bioresource Technology* 203: 50–55.
- Kakarla, R. y B. Min. 2014. Photoautotrophic microalgae *Scenedesmus obliquus* attached on a cathode as oxygen producers for microbial fuel cell (MFC) operation. *International Journal of Hydrogen Energy* 39(19): 10275–10283.
- Kim, J., B. P. Lingaraju, R. Rheume, J. Lee y K. F. Siddiqui. 2010. Removal of Ammonia from Wastewater Effluent by *Chlorella Vulgaris*. *Tsinghua Science and Technology* 15(4): 391-396.





- Kothari, R., R. Prasad, V. Kumar y D. P. Singh. 2013. Bioresource Technology Production of biodiesel from microalgae *Chlamydomonas polypyrenoideum* grown on dairy industry wastewater. *Bioresource Technology* 144: 499–503.
- Lezama-Cervantes, C., J. Paniagua-Michel y J. Zamora-Castro. 2010. Biorremediación de los efluentes de cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) utilizando tapetes microbianos en un sistema de recirculación. *Latin American Journal of Aquatic Research* 38(3): 129–142.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko y J. Parker. 2004. Brock Biología de los Microorganismos. (Pearson, Ed.) (Décima Edi). Madrid.
- Osundeko, O., H. Davies y J. K. Pittman. 2013. Oxidative stress-tolerant microalgae strains are highly efficient for biofuel feedstock production on wastewater. *Biomass and Bioenergy* 56: 284–294.
- Páez-osuna, F. 2005. Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera 1: 21–31.
- Rozendal, R. A., H. V. M. Hamelers y C. J. N. Buisman. 2006. Effects of Membrane Cation Transport on pH and Microbial Fuel Cell Performance. *Environmental Science and Technology* 40(17): 5206–5211.
- Sánchez-Carrillo, S. y J. C. Álvarez-Yépez. 2014. Viabilidad de los manglares artificiales como sistemas de tratamiento de los efluentes camaronícolas en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4(May): 17–30.
- Sánchez, I. A., D. M. Revelo, M. A. Burbano, C. R. García y R. C. Guerrero. 2013. Eficiencia de Consorcios Microbianos para Tratamiento de Aguas Residuales en un Sistema de Recirculación Acuícola 11(1): 245–254.
- Vázquez-Larios, A. L., O. Solorza-Feria, G. Vázquez-Huerta, F. Esparza-García, N. Rinderknecht-Seijas y H. M. Poggi-Varaldo. 2011. Effects of architectural changes and inoculum type on internal resistance of a microbial fuel cell designed for the treatment of leachates from the dark hydrogenogenic fermentation of organic solid wastes. *International Journal of Hydrogen Energy* 36(10): 6199–6209.
- Wu, Y. cheng, Wang, Z. jie, Zheng, Y., Xiao, Y., Yang, Z. hui y Zhao, F. 2014. Light intensity affects the performance of photo microbial fuel cells with *Desmodesmus* sp. A8 as cathodic microorganism. *Applied Energy* 116: 86–90.



Zamani, N., M. Noshadi, S. Amin, A. Niazi y Y. Ghasemi. 2012. Effect of alginate structure and microalgae immobilization method on orthophosphate removal from wastewater. *J Appl Phycol* 24(4): 649-656.



## CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RESIDUOS PORCÍCOLAS: EFECTO DE LA CARGA ORGÁNICA

Mariela Martínez Torralba<sup>312</sup>, Oscar Andrés Del Ángel Coronel<sup>312</sup>, Luis Antonio López Escobar<sup>313</sup> y Noemí Nava Valente<sup>312\*</sup>

### Resumen

El incremento de la carga orgánica en un proceso de co-digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (foRSU) y residuos porcícolas para la producción de biogás fue evaluado en el presente trabajo. La mezcla se realizó en una proporción de 50% residuos porcícolas y 50% foRSU. La caracterización de la mezcla de residuos muestra que es rica en carbohidratos (8.8 g/Kg SV), lípidos (8.3 g/Kg SV) y proteínas (15 g/Kg SV). Durante los 105 días de operación se obtuvo en promedio una eficiencia de remoción de SV de 45.4% y una producción de biogás de 3401 mL/d. El incremento de carga orgánica periódicamente impactó en tres aspectos el proceso de digestión anaerobia: no se afectó el porcentaje de eficiencia de remoción de materia orgánica, manteniéndose en los límites permitidos por normatividad vigente internacional, incremento en la producción de biogás y el aumento en los rendimientos de biogás y de metano asegurando así la calidad del biogás.

---

<sup>312</sup> División de Ingeniería Ambiental, Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. \*[noemi\\_nava@itshuatusco.edu.mx](mailto:noemi_nava@itshuatusco.edu.mx)

<sup>313</sup> División de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Huatusco.



## Introducción

El estado de Veracruz, genera 6 157.374 Kg/d de Residuos Sólidos Urbanos (RSU); la región centro norte del estado la cual comprende el municipio de Huatusco, aporta a la generación de RSU estatal 2 747.325 kg/d siendo el 45.8% materia orgánica. Así mismo, se generan 3,042.48 Kg/d de Residuos de Manejo Especial (RME) en todo el estado, ocupando el primer lugar por importancia los residuos ganaderos con una generación diaria de 1513.15 Kg/d a nivel estado. Los problemas del manejo inadecuado de los residuos sólidos no sólo afectan la salud humana, también está relacionado con la contaminación tanto atmosférica como del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable. Razón por la cual se considera que entre los mayores retos del hombre se encuentran dar solución a los problemas de contaminación causada por los residuos de las explotaciones agrícolas, industriales y domésticas, así como también satisfacer las demandas crecientes de energía de la población a partir de fuentes de energía renovables (Budyono *et al.*, 2009). Una alternativa de tratamiento para dichos residuos es la digestión anaerobia, la cual es catalogada como un proceso biotecnológico que convierte la materia orgánica en energía en forma de biogás, mediante consorcios microbianos (hidrolíticos, acidogénicos y metanogénicos) que implican una serie de reacciones bioquímicas (Abelleira *et al.*, 2012).

Sin embargo, el contenido de sólidos y el balance de nutrientes dentro del proceso de digestión anaerobia pueden ser mejorados a través de la co-digestión de los lodos con otras sustancias orgánicas tales como la fracción orgánica de residuos sólidos municipales, residuos de alimentos, residuos agrícolas y cultivos energéticos (Rao *et al.*, 2011).

El proceso de co-digestión consiste en la digestión anaeróbica simultánea de múltiples residuos orgánicos, con características complementarias (Kim *et al.*, 2015; Cesaro *et al.*, 2012). Algunos de los beneficios del proceso de co-digestión son los siguientes: aumento de la producción de biogás, dilución de compuestos potencialmente tóxicos, mejoramiento del equilibrio de nutrientes, efecto sinérgico





de los microorganismos, incremento de la carga de materia orgánica biodegradable, niveles más favorables de humedad, de alcalinidad y de la relación carbono/nitrógeno en el alimento del digestor, además de compartir los costos de tratamiento de diferentes flujos de residuos en una sola instalación (Li *et al.*, 2015).

Dentro de los residuos ganaderos, los purines de cerdo (RP) pueden ser una buena base para la digestión y co-digestión anaeróbica porque generalmente presentan un contenido de agua más alto que la mayoría de los residuos industriales, así como una mayor capacidad tampón. Son sustancias complejas que contienen materia orgánica disuelta y sin disolver tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos grasos volátiles además de una amplia variedad de nutrientes que favorecen el crecimiento de los microorganismos anaerobios (Angelidaki *et al.*, 1993; Campos Pozuelo, 2001).

Por otra parte, dentro de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), los residuos de alimentos constituyen un sustrato atractivo para co-digerir, teniendo en cuenta su alto contenido de nutrientes, rápida biodegradabilidad y su disponibilidad en grandes cantidades; por otro lado, el uso de los residuos de alimentos en la co-digestión permitiría evitar su disposición en los rellenos sanitarios, impidiendo la contaminación de las aguas subterráneas, el tratamiento de lixiviados y reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (Nathan *et al.*, 2012; Cabbai *et al.*, 2013).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del incremento en la carga orgánica de un proceso de co-digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y residuos porcícolas en la producción de biogás.

## **Materiales y métodos**

**Obtención y caracterización de los sustratos.** Los residuos orgánicos municipales fueron muestreados en centros de distribución de verdura ubicados en el municipio de Huatusco, Ver. Dentro de los residuos muestreados se tuvo: jitomate, chile, lechuga, pepino, plátano, papa y cascara de sandía en menor proporción. Una vez



obtenidas las muestras de residuo fueron acondicionadas mediante una reducción de tamaño, trituración y homogenización en un molino de aspas, posteriormente los residuos fueron almacenados en refrigeración (4°C) para su conservación y posterior caracterización.

Los residuos porcícolas fueron obtenidos de los hogares de familias lugareñas que tienen crianza de cerdos tras patio. Una vez obtenidos los residuos, fueron llevados a una concentración de sólidos totales entre 2.5% y 3% para facilitar el manejo de los mismos y evitar obstrucciones en los equipos para determinaciones físico-químicas y en el reactor anaerobio, esta condición se procuró mantener en ambos residuos.

Posterior al acondicionamiento de ambos residuos (FORSU y RP) se procedió a elaborar una mezcla 50/50% v/v. Obtenidos los volúmenes equivalentes al porcentaje de cada residuo se procedió a mezclarlos en un equipo de mezclado mecánico a 115 rpm para asegurar su correcta incorporación y así obtener una mezcla homogénea para su posterior caracterización físico-química y co-digestión.

#### Métodos analíticos

Los análisis de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH, alcalinidad, fueron realizados de acuerdo a métodos estándar (APHA, 1998).

El Nitrógeno Total Kjeldhal fue determinado mediante digestión y oxidación para formar el ion amonio y finalmente se cuantifica la cantidad de este ion por titulación. Los carbohidratos fueron analizados de acuerdo al método de Antrona (Gerhardt et al., 1994) y los lípidos mediante extracción Soxhlet.

La composición de biogás se analizó mediante un cromatógrafo de gases Ultra-Trace Thermo Scientific equipado con una columna Heliflex AT-Mol Sieve (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro), un Heliflex AT-Q (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro) y un detector de conductividad térmica. En la primera columna se analizó O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> mientras que en la segunda columna CH<sub>4</sub>, y CO<sub>2</sub>, el gas empleado como acarreador fue helio.

#### Operación del reactor anaerobio mesofílico

Se empleó un reactor cilíndrico con capacidad de 10 L de volumen total y 7 L de volumen útil con un sistema de recirculación mediante bombeo para la agitación continua, la temperatura de operación fue de 35°C ± 2°C.



Para el arranque del reactor se utilizó una relación de 70/30 % v/v de: a) Mezcla de sustratos (FORSU y RP) b) inóculo anaerobio proveniente de lodo proveniente de una PTAR situada en la ciudad de Ixtaczoquitlán, Ver.

La estabilización del sustrato se realizó con la reducción de los SV (eficiencia de remoción de SV). Y se monitorearon variables de proceso como: producción de biogás, rendimientos de biogás y de metano, pH, porcentaje de eficiencia de remoción.

La operación del reactor anaerobio fue de semi-continua, aumentando la carga orgánica cada 15 días para observar el efecto que produce la misma en la producción de biogás y demás variables de proceso, las cargas orgánicas empleadas fueron: 1. 1.5, 2 y 2.5 Kg SV/ m<sup>3</sup> d.

## Resultados y discusión

### Caracterización de sustratos

La caracterización físico-química (Cuadro 1) de la mezcla de sustratos (FORSU y RP) arrojó los siguientes resultados: los residuos se acondicionaron previamente para su proceso de estabilización, para obtener una concentración de sólidos totales de 2.5-3.0%, ideales para el proceso de digestión anaerobia. La mezcla de residuos presentó un valor de 87.3% de sólidos totales volátiles siendo por tanto ricos en materia orgánica.

**Cuadro 1. Caracterización físico-química de la mezcla de sustratos.**

Físicos	Valor	Unidad
pH	6.27±0.3	
Sólidos Totales	2.87±0.5	% m/m
Sólidos volátiles	87.3±0.63	% m/m
Químicos	Valor	Unidad
Nitrógeno total	4.62±4	g/kg ST
Carbohidratos	8.8±0.98	g/kg ST
Lípidos	8.3±1.2	g/kg ST
Proteínas	15±2.3	g/kg ST

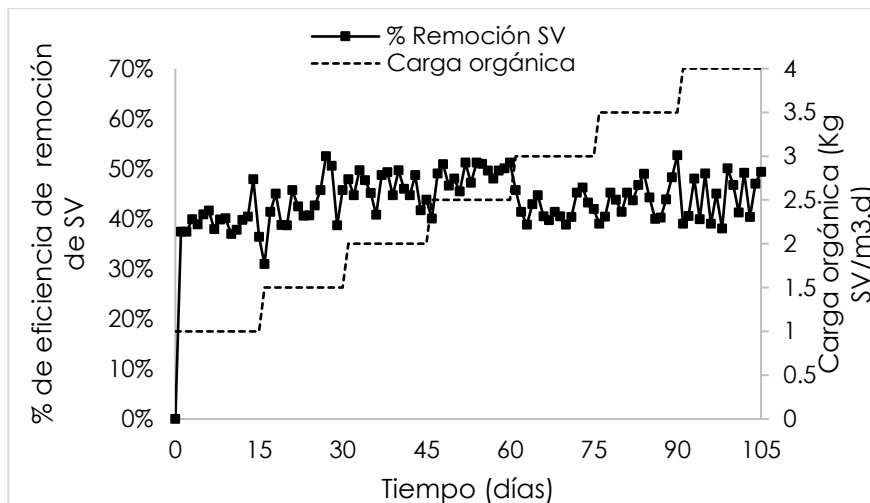


El pH en la mezcla fue de 6.77 los cuales son considerados como adecuados en el proceso de digestión anaerobia (Malina y Pohland, 1992). Se observó que la mezcla de residuos es rica en compuestos nitrogenados al obtener un alto contenido de nitrógeno total (4.62 g/Kg SV).

En cuanto a la concentración de carbohidratos y proteína se presentó un valor promedio de 8.8 y 15 g/Kg ST respectivamente. Por otra parte, el valor promedio de lípidos fue de 8.3 g /Kg ST.

**Operación del reactor anaerobio mesofílico.** En la Figura 1 se muestra la operación del reactor anaerobio operado durante 90 días y alimentado con carga orgánica de 1 kg. SV/m<sup>3</sup>.d de la mezcla de residuos, durante los primeros 15 días de la operación del reactor se muestra un promedio de 39.7% de remoción de materia orgánica, conforme se empezó a aumentar la carga orgánica (1.5 kg.SV/m<sup>3</sup>.d) aumentó la eficiencia de la remoción de SV (42.6% remoción promedio), al aplicar una carga de materia orgánica de 2 Kg.SV/m<sup>3</sup>.d aumentó el porcentaje de remoción promedio a un 46.2% así mismo en los días de la operación del reactor con carga orgánica de 2.5 Kg.SV/ m<sup>3</sup>.d la remoción promedio fue de 48.6%, en los primeros cuatro incrementos de carga orgánica se observó un incremento en el porcentaje de eficiencia de remoción de sólidos volátiles, manteniéndose estable el sistema de tratamiento, hecho que puede atribuirse a que las cargas trabajadas son consideradas cargas bajas de trabajo, sin embargo, al elevar la carga orgánica a 3 Kg.SV/ m<sup>3</sup>.d el porcentaje de eficiencia promedio de remoción disminuyó a 42.1%, observándose nuevamente un incremento en dicho porcentaje al continuar operando con cargas orgánicas medias de 3.5 y 4 Kg.SV/ m<sup>3</sup>.d 44.2% y 44% respectivamente.





**Figura 1. Porcentaje de eficiencia de remoción SV.**

Durante los 105 días de operación se presentó una eficiencia de remoción de SV promedio de 43.8%, los resultados sugieren que pudiera seguir elevándose la carga orgánica sin que el reactor presente inhibición. Li *et al.* (2015), realizó un estudio donde se evaluaron los efectos de la relación de la materia prima y la tasa de carga orgánica en la digestión anaerobia mesófila de paja de arroz y estiércol de cerdo, concluyó que la co-digestión anaeróbica fue severamente inhibida por la acumulación de AGV cuando el digestor fue sobrecargado a una carga orgánica de 12 kg SV / m<sup>3</sup> d, en este estudio, la máxima carga orgánica aplicada fue 4 Kg SV / m<sup>3</sup> d por lo que no se presentó en términos de comunidades de microorganismos, la sobrecarga orgánica que produce un gran impacto inhibitorio en las comunidades metanogénicas (Regueiro *et al.*, 2015).

El Cuadro 2 muestra los valores promedio obtenidos durante la operación del reactor anaerobio, es importante resaltar que durante el tiempo de operación el pH se mantuvo cercano a neutro, hecho que sugiere condiciones biológicamente estables dentro del reactor anaerobio y que a su vez se reflejan en los rendimientos de biogás y de metano, los cuales van en gradual aumento conforme se aumenta la carga orgánica alimentada al reactor. Condición opuesta a la obtenida por Xie en el 2012 quien reportó un decremento del 25% en el rendimiento de metano cuando incrementó la carga orgánica de 2 a 3 kg SV / m<sup>3</sup> d en un estudio que evaluó la



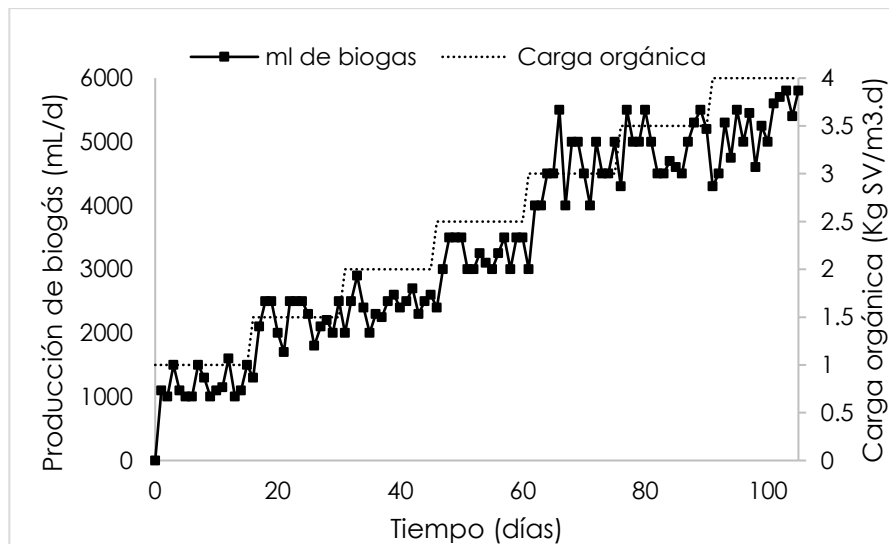
producción de metano a partir de la co-digestión anaeróbica de la fracción sólida separada de estiércol de cerdo con ensilado de pasto seco.

**Cuadro 2. Resumen de variables de proceso.**

Tiempo	C.O. Kg SV/m <sup>3</sup> d	% rem SV	Producción de biogás (mL/d)	Y bio (mL bio /g SV rem)	Y CH <sub>4</sub> (mL bio /g SV rem)	pH
0 - 15	1	38.1%	1122±367	1.06±0.28	0.70±0.18	7.27±1.95
16 - 30	1.5	43.2%	2167±364	1.02±0.17	0.66±0.11	7.63±0.13
31 - 45	2	44.5%	2430±240	1.03±0.14	0.67±0.09	7.61±0.10
46 - 60	2.5	47.3%	3200±316	1.14±0.07	0.74±0.05	7.65±0.21
61-75	3	42.1%	4467±611	1.16±0.03	0.76±0.02	7.47±0.16
76-90	3.5	44.2%	4940±407	1.15±0.05	0.74±0.03	7.39±0.07
91-105	4	44%	5197±484	1.06±0.07	0.69±0.05	7.35±0.13

La adición de los residuos de alimentos a los lodos de aguas residuales propicia el aumento de la producción de metano en la digestión, debido a que los residuos de alimentos brindan carbono orgánico a los lodos, mejorando la relación C/N de la mezcla de sustratos. La co-digestión de lodos y residuos de alimentos es una alternativa atractiva para optimizar la digestión de los lodos en las plantas de tratamiento de agua residual y aumentar la producción de metano utilizando infraestructura ya instalada (Guerrero *et al.*, 2016).

La producción de biogás se puede apreciar en la Figura 2 y se destacan los primeros 15 días de operación con carga orgánica de 1 kg.SV/m<sup>3</sup>.d con un promedio de 1122 mL/d, mientras que al aplicar una carga de 1.5 kg.SV/m<sup>3</sup>.d la producción promedio de biogás fue de 2167 mL /d y al aumentar la carga a 2 kg.SV/m<sup>3</sup>.d se obtuvo un promedio de 2430 mL/d, para 2.5, 3, 3.5 y 4 kg.SV/m<sup>3</sup>.d se obtuvieron producciones de biogás promedio de 3200 mL/d, 4467 mL/d, 4940 mL/d y 5197 mL/d respectivamente.



**Figura 2. Producción de biogás.**

La carga orgánica y la composición del sustrato tienen un impacto en la composición de la comunidad microbiana en el reactor. La población microbiana metanogénica aumenta al comenzar la co-digestión en un estudio con lodos de depuradora y fracción orgánica de residuos sólidos municipales e inóculo de una planta de tratamiento de aguas residuales. Este efecto es más pronunciado en una mayor carga, lo que promueve un aumento en la degradación de sustratos y producción de biogás. Los resultados de la presente investigación sugieren que el incremento de la carga orgánica no afecta el porcentaje de eficiencia de remoción de SV, la producción de biogás o el pH, si no que se produce el efecto contrario, al favorecerse dichas variables de proceso, de igual manera es importante resaltar el efecto que tiene el proceso de co-digestión, ya que como se menciona en la literatura antes citada, se aprovecha la sinergia de ambos sustratos para favorecer la rápida biodegradación y la producción de biogás dando con ello una alternativa de solución al manejo de residuos sólidos orgánicos y la satisfacción de la demanda de energéticos provenientes de fuentes renovables.



## Conclusiones

1. La caracterización de la mezcla de residuos agroindustriales muestra que es rica en compuestos orgánicos como carbohidratos (8.8 g/Kg SV), lípidos (8.3 g/Kg SV) y especialmente proteínas (15 g/Kg SV). Las características físicas y químicas de la muestra fueron aprovechadas en sinergia en el proceso de digestión anaerobia.
2. El incremento de carga orgánica periódicamente impactó en tres aspectos el proceso de digestión anaerobia: se incrementó el porcentaje de eficiencia de remoción de materia orgánica, lo que permite el aprovechamiento y explotación de la mezcla de sustratos, incremento en la producción de biogás y el aumento en los rendimientos de biogás y de metano asegurando así la calidad del biogás.

## Literatura citada

- Abelleira, J., S. I. Pérez-Elvira, J. Sánchez-Oneto, J. R. Portela y E. Nebot. 2012. Advanced thermal hydrolysis of secondary sewage sludge: a novel process combining thermal hydrolysis and hydrogen peroxide addition. *Resources, Conservation and Recycling* 59: 52-57.
- Angelidaki, Ellegaard, L. y B.K. Ahring. 1993. A Mathematical Model for Dynamic Simulation of Anaerobic Digestion of Complex Substrates: Focusing on Ammonia Inhibition. *Biotechnology and bioengineering* 42: 159-166.
- APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. American Public Health Association. Washington DC.
- Budiyono, I. N., S. Widiya y Sunarso. 2009. Influence of inoculum content on performance of anaerobic reactors for treating cattle manure using rumen fluid inoculum. *International Journal of Engineering and Technology* 109-116.
- Cabbai V, M Ballico, E. Aneggi y D. Goi. 2013. BMP tests of source selected OFMSW to evaluate anaerobic codigestion with sewage sludge. *Waste Management* 33(7):1626-32.





- Campos Pozuelo, A.E. 2001. Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Laboratori d' Enginyeria Ambiental. 372
- Cesaro A, V. Naddeo, V. Amodio y V. Belgiorno. 2012. Enhanced biogas production from anaerobic codigestion of solid waste by sonolysis. *Ultrason Sonochem.* 19(3): 596-600.
- Gerhard P., R.G.E. Murray, W. A. Wood y N.R. Krieg. 1994. *Methods for General and molecular Bacteriology.* ASM Press: Washington, DC.
- Guerrero, I.C., C. A. Peláez-Jaramillo y F.J. Molina-Perez. 2016. Evaluación de la codigestión anaerobia de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos. *Rev.Ion.* 29(1):63-70.
- Kim, J. y C. M. Kang. 2015. Increased anaerobic production of methane by codigestion of sludge with microalgal biomass and food waste leachate. *Bioresour. Technol.* 189:409-12.
- Li, D., S. Liu, L. Mi, Z. Li, Y. Yuan, Z. Yan *et al.* 2015. Effects of feedstock ratio and organic loading rate on the anaerobic mesophilic co-digestion of rice straw and pig manure, *Bioresource Technology.*
- Malina, J. F. and F. G. Poland. 1992. *Water quality management, design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes.* Technome Publishing co inc, U.S.A. Vol 7.
- Nathan, D. P., W.T. Ronald y S.H. Steve. 2012. Comparison of methane production by co-digesting fruit and vegetable waste with first stage and second stage anaerobic digester sludge from a two stage digester. *Water Science and Technology* 65(7):1252-7.
- Rao, P. V y S. S. Baral. 2011. Experimental design of mixture for the anaerobic codigestion of sewage sludge. *Chem Eng J.* 172 (1-2): 977-86.
- Regueiro, L., J. M. Lema y M. Carballa. 2015. Key microbial communities steering the functioning of anaerobic digesters during hydraulic and organic overloading shocks. *Bioresour. Technol.* 197: 208-216.
- Xie, S., G. Wu, P.G. Lawlor, J. P. Frost y X. Zhan. 2012. Methane production from anaerobic co-digestion of the separated solid fraction of pig manure with dried grass silage. *Bioresour. Technol.* 104: 289-297.



## ESTUDIO DEL CONTENIDO FITOQUÍMICO Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS HOJAS DE CEDRÓN (*Aloysia citrodora*)

Teresita de Jesús Ariza Ortega<sup>314\*</sup>, Nallely Rosalba Román Cortés<sup>314</sup> y Rocío Cruz Muñoz<sup>314,315</sup>

### Resumen

El cedrón (*Aloysia citrodora*) es una planta espontánea de América del Sur y originaria de Perú; popularmente es conocida como cedrón, cidron, limón verbena, verbena, yerba luisa o yerba de la princesa que crece en forma de arbusto de hasta 1.5 m de altura, sus hojas tienen un olor intenso y se consumen en forma de infusión en la medicina tradicional para aliviar desordenes gastrointestinales o respiratorios; además de emplearse como tónico, sedante, antipirético, expectorante, antihipertensivo y antiespasmódico. La composición química de sus hojas se debe principalmente a la presencia de aceites esenciales, compuestos fenólicos, derivados de ácidos hidroxicinámicos, taninos y flavonoides; lo cual convierte a este organismo en una importante fuente de antioxidantes. Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue analizar el contenido fitoquímico y el potencial antioxidante de las hojas de cedrón. Para lo cual se obtuvieron extractos metanólicos por el método de maceración solido-líquido, y a dichos extractos se les cuantificó el contenido de antocianinas, flavonoides, fenoles totales, actividad antioxidante y el porcentaje de inhibición de radicales libres por el método ABTS. En los resultados se observó que los extractos de cedrón presentaron moderado contenido de fenoles y flavonoides; con un porcentaje de inhibición de radicales libres máximo de  $81.38 \pm 7.26$ , obtenido por el método ABTS.

**Palabras clave:** antocianinas, flavonoides, ABTS, extracto vegetal

<sup>314</sup> División de Ingeniería en Nanotecnología. Universidad Politécnica del Valle de México.

<sup>315</sup> Maestría en Ciencias en Tecnología en Productos Biológicos. Universidad Mexiquense del Bicentenario-UES Tultitlán. \*[teresita.ariza@gmail.com](mailto:teresita.ariza@gmail.com)



## Introducción

Los hábitos alimenticios actuales, caracterizados por alimentos de fácil preparación con contenido de harinas y azúcares refinados, dietas carentes de nutrientes de origen vegetal funcionalmente saludables; están llevando a la aparición de epidemias relacionadas con la obesidad como la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras enfermedades crónicas (Johns y Eyzaguirre, 2006). Esto ha llevado a que, en años recientes, el interés por el estudio de alimentos funcionales y nutraceuticos vaya en aumento (Chirinos *et al.*, 2013). En la dieta diaria se consumen lípidos cuya función principal es proveer al organismo de energía y de ácidos grasos esenciales, su contraparte es la oxidación celular. Por otra parte, el efecto de los antioxidantes consiste en interrumpir o reducir la velocidad del proceso de oxidación celular al estabilizar los radicales libres dentro de un organismo o un producto alimenticio (Vieitez *et al.*, 2018).

En la industria es común la utilización de antioxidantes sintéticos entre los que figuran el butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) y el galato de propilo (PG); para prevenir la rancidez oxidativa, sin embargo, aún existe incertidumbre sobre la inocuidad de este tipo de compuestos (Olmedo *et al.*, 2012). Los antioxidantes naturales tienen muchas ventajas como la aceptación por la mayoría de los consumidores, que son considerados seguros y que normativamente no requieren cumplir con mayores lineamientos (Sacchetti *et al.*, 2005). El uso de extractos herbales como aditivos naturales en la industria de los alimentos es una opción aplicable, sin embargo, esta práctica depende de una buena selección debido a que algunos compuestos vegetales son en extremos aromáticos o pungentes por lo que no es correcto la aplicación de forma directa (Suhaj, 2006). Para la obtención de extractos naturales de plantas existen diversos métodos. El método más común es la extracción sólido-líquido que consiste en una maceración simple. Las variables a considerar en este método son: el tipo de disolvente utilizado, el tiempo y temperatura de extracción, los gramos de muestra vegetal por volumen de disolvente, el tipo de agitación y el método final de separación de componentes (Naczki y Shahidi, 2004).



Un alimento nutraceutico está definido como cualquier producto que pueda considerarse alimento, capaz de proporcionar beneficios saludables, incluidos la prevención y el tratamiento de enfermedades; además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas. La actividad antioxidante es considerada como una de estas propiedades debido a que provee beneficios a la salud como la reducción de riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer, al combatir a los radicales libres (Pérez, 2006).

El cedrón es una especie vegetal considerada hipocalórica con altas propiedades antioxidantes, lo cual indica contiene diversos compuestos polifenólicos como son: fenoles y flavonoides (Paucar, 2018). También se ha detectado la presencia de compuestos fenólicos derivados de ácidos hidroxicinámicos, taninos y flavonoides (Ricco *et al.*, 2011) Se emplean principalmente sus hojas bajo la forma de infusión y cocimiento (Wernert *et al.*, 2009). El cedrón es un arbusto que puede medir hasta 1.5 m, es de tipo aromático, originario de Chile, Perú y Argentina, posee propiedades medicinales aromáticas de gran interés terapéutico y pertenece a la familia de las Verbenáceas (Rojas *et al.*, 2012). Se ha demostrado que el cedrón en infusión posee propiedades medicinales como tranquilizante, calmante nervioso, expectorante, sedante, analgésico, diurético; además su aceite esencial compuesto de: limoneno, linalol, cineol, terpineol y cariofileno presenta acción eupéptica y espasmolítica (Barrios *et al.*, 2010).

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue el estudio de los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos metanólicos de las hojas de cedrón (*Aloysia citrodora*) así como la determinación de su potencial antioxidante por medio del radical libre ABTS.

## **Materiales y métodos**

**Material biológico.** La especie vegetal cedrón (*Aloysia citrodora*) fue recolectada en un campo local del Valle de México (Latitud: 19.5649, Longitud: -99.6966). Se seleccionaron aquellas hojas que no presentaron alteración morfológica visible, ni





indicios de afecciones patógenas. Cada muestra fue lavada con agua corriente para eliminar excesos de tierra (en tres ocasiones), posteriormente se enjuagaron en agua destilada (en tres ocasiones); finalmente se secaron para proceder con los análisis correspondientes.

**Preparación del material vegetal fresco.** A 1 g de las hojas secas y molidas se le adicionaron 10 mL de metanol acuoso al 80% (MeOH ac. 80% v/v); la suspensión fue sonicada por 15 min a temperatura ambiente y se dejó reposar por 24 h. Finalmente los extractos metanólicos fueron filtrados y centrifugados por 10 min a 1409 x g, los sobrenadantes fueron colectados y mantenidos a 4°C para su posterior uso en las próximas 24 h (Wojdylo *et al.*, 2007).

**Cuantificación de antocianinas.** Se empleó el método por diferencia de pH, descrito por Giusti y Wrolstad (2001) con algunas modificaciones, para el cual se utilizaron dos sistemas tampón: 1) ácido clorhídrico-cloruro de potasio (HCl/KCl) con pH = 1.0 y 2) ácido acético-acetato de sodio (CH<sub>3</sub>COOH/C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>Na\*3H<sub>2</sub>O) con pH = 4.5. Se prepararon 2 tubos de ensaye con 0.2 mL de los extractos metanólicos previamente preparados; a uno de ellos se le adicionaron 1.8 mL de la solución tampón con pH = 1.0 y a otro 1.8 mL de la solución tampón con pH= 4.5; las mezclas fueron agitadas con un vórtex y se midió la absorbancia a longitudes de onda ( $\lambda$ ) de 510 y 700 nm cada tubo. Como blancos se utilizaron las correspondientes soluciones tampón. Se calculó la absorbancia total de la muestra a partir de la siguiente ecuación:  $A_t = [(A_{510}-A_{700})]_{(pH=1.0)} - [(A_{510}-A_{700})]_{(pH=4.5)}$ .

La concentración de pigmentos monoméricos en el extracto se expresa como mg de cianidina-3-glucósido equivalente a 100 g de peso fresco (pf). Y se calculó por medio de la siguiente ecuación: Antocianinas momoméricas (mg/L) =  $(A_t * PM * FD * 1000) / (\epsilon * l)$  con base al volumen y peso de la muestra preparada.

**Estimación del contenido de flavonoides.** Se empleó el método colorimétrico con cloruro de aluminio; en donde a se tomaron 0.5 mL del sobrenadante de los extractos metanólicos previamente preparados, se les agregaron 1.5 mL de metanol



(MeOH) acuoso al 95% (v/v), 0.1 mL de cloruro de aluminio al 10% ( $\text{AlCl}_3$ , p/v), 0.1 mL de acetato de potasio (0.1 M) y 2.8 mL de agua destilada (Chang *et al.*, 2002). La mezcla se agitó y se incubó por 30 min a temperatura ambiente, transcurrido el periodo de incubación se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 415 nm en un espectrofotómetro Genesys 10S. Para su cuantificación se elaboró una curva patrón de la flavona quercetina de (0-300 mg/L). Los resultados del contenido de flavonoides totales se reportaron como mg equivalentes de quercetina en  $100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco (mg EQ  $100 \text{ g}^{-1}$  pf). Los resultados se presentan con la media  $\pm$  desviación estándar (DE,  $n=3$ ). El contenido total de flavonoides se cuantificó empleando la siguiente fórmula:  $(\text{mg de quercetina}) / (100 \text{ g de pf}) = [(\text{Abs}-b)/m]/C * 100$ . En dónde: Abs corresponde a la absorbancia de la mezcla después de adicionar la muestra o el estándar, b es la ordenada al origen de la curva estándar, m es la pendiente de la curva estándar y, C es la concentración de la muestra (g/L).

**Determinación de fenoles totales.** Se utilizó el método espectrofotométrico descrito por Folin y Ciocalteu, (1927) con algunas modificaciones de Madhujith y Shahidi (2005), esta técnica se fundamenta en el carácter reductor del reactivo Folin-Ciocalteu, con coloración azul. De las muestras previamente preparadas (extractos MeOH) se tomaron 0.5 mL a los cuales se les agregaron 0.5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (0.2 N) y 4 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0.7 M), la mezcla fue agitada vigorosamente en un equipo vórtex e incubada a temperatura ambiente y en oscuridad durante aproximadamente 2 h. Una vez finalizada la incubación, la mezcla se leyó en un espectrofotómetro Genesys 10S a una longitud de onda de 765 nm, registrando de este modo su absorbancia. El blanco empleado fue agua, siguiendo la misma metodología antes descrita. El control empleado fue ácido gálico en gradientes de concentración (0-400 mg/L). Las pruebas se realizaron por cuatuplicado; los resultados se reportan como el promedio de las mismas con su respectiva desviación estándar y se expresan en mg equivalentes de ácido gálico en  $100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco (mg EAG  $100 \text{ g}^{-1}$  pf); calculados mediante la siguiente fórmula:  $[(\text{Abs}-b)/m]/[C]$ . En dónde: Abs corresponde a la absorbancia después de adicionada la muestra a analizar o la referencia, m es la pendiente de la curva



estándar,  $b$  = ordenada al origen de la curva estándar y,  $C$  es la concentración de la muestra (g/L).

**Determinación de la actividad antioxidante.** El potencial antioxidante de la muestra fue determinado por el método del reactivo ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilben-zotiazolin)-6-sulfónico). La AAO y el porcentaje de inhibición se determinaron usando la metodología descrita por Ré *et al.*, (1999) el cual se basa en la generación del radical catión  $ABTS^{\cdot+}$  (cromóforo azul-verde) mediante la oxidación del reactivo con persulfato de potasio ( $K_2S_2O_8$ ); el radical generado se oxida debido a la presencia de compuestos donadores de hidrógeno, es decir de antioxidantes. Este método es ampliamente empleado por sus ventajas, entre la que destacan, su sensibilidad, rapidez, reproducibilidad, estabilidad química, solubilidad en agua; además de poseer un espectro de absorción en la zona visible (Kuskoski *et al.*, 2005). Se preparó una solución del radical  $ABTS^{\cdot+}$  (7 mM) con persulfato de potasio ( $K_2S_2O_8$ , 2.45 mM); la mezcla se dejó en reposo a temperatura ambiente ( $\sim 25^\circ C$ ), en oscuridad durante aproximadamente 16 h antes de ser empleado en los análisis siguientes, la coloración el azul/verde intenso que permanece estable durante las primeras 48 h, después de su preparación. Una vez formado el radical libre de  $ABTS^{\cdot+}$ , se diluyó con cantidad suficiente de etanol (a 1 mL del radical se le adicionan de 75 a 100 mL de etanol) hasta lograr obtener una absorbancia de  $0.7 \pm 0.1$  a una longitud de onda de 734 nm a una temperatura media de  $30^\circ C$ . Una vez cumplido este objetivo, se tomó 1 mL del radical formado, se colocó en tubos de ensaye y se le adicionaron 10  $\mu L$  de las muestras previamente preparadas (extractos metanólicos). La mezcla fue agitada vigorosamente en un vórtex y posteriormente se incubo en baño María a  $30^\circ C$ . Finalmente se tomaron lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 734 nm de las mezclas a los minutos 1 y 7 después de la incubación. Es importante mencionar que el blanco de reacción fue etanol puro. El antioxidante de referencia empleado fue trolox en gradientes de concentración (0-2.0 mM), los resultados se expresaron como mg equivalentes de trolox por cada 100 g de peso fresco (mg ET 100  $g^{-1}$  pf). Los ensayos se realizaron por cuatuplicado y los resultados se reportaron como la media de los tres valores con su respectiva desviación estándar; es



importante mencionar que la actividad antioxidante al final se calculó en base al peso y volumen de la muestra preparada (concentración de la muestra). La AAO se calculó mediante la siguiente fórmula:  $\text{mg ET } 100 \text{ g}^{-1} \text{ pf} = [(Abs-b)/m]*PM)/([C])$ . En dónde: Abs corresponde a la absorbancia después de adicionada la muestra a analizar o la referencia, m es la pendiente de la curva estándar, b es la ordenada al origen de la curva estándar, PM es el peso molecular del trolox (g/mol) y, C es la concentración de la muestra (g/L). El porcentaje de inhibición fue calculado con la fórmula:  $\% \text{ Inhibición} = [(A_0 - A_F)/A_0]*100$ . En dónde:  $A_0$  corresponde a la absorbancia inicial del radical libre a 734 nm y  $A_F$  a la absorbancia después de la reacción.

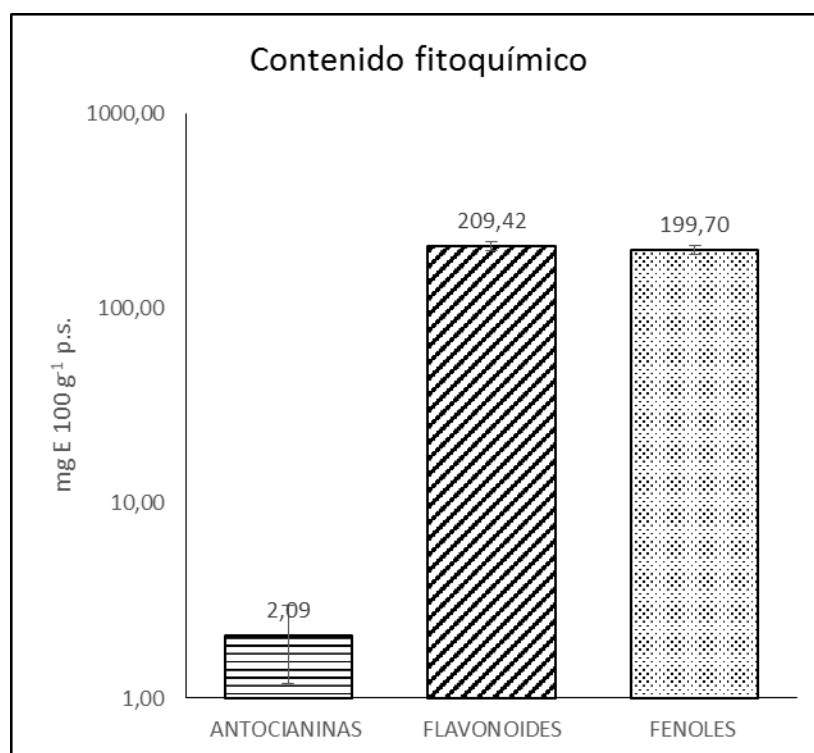
## Resultados y discusión

En el presente trabajo se obtuvieron los resultados del perfil fitoquímico de los extractos metanólicos de las hojas de cedrón (Figura 1), en los que se observa un alto contenido de fenoles y flavonoides, en comparación al contenido de antocianinas. Las especies vegetales de uso tradicional ofrecen una gran variedad de beneficios al consumidor debido a la diversidad de efectos biológicos que ofrecen; las propiedades medicinales y alimenticias se debe a la presencia de diversas sustancias químicas (fitoquímicos) con efectos benéficos para la salud (Chirino *et al.*, 2013). Diversos estudios e investigaciones demuestran la importancia del consumo y usos de especies vegetales como una fuente de sustancias nutraceuticas; ya que tienen un papel determinante en la prevención de enfermedades como diabetes, hipertensión, arterioesclerosis, obesidad, cáncer, Alzheimer, Parkinson, entre otros (Chao *et al.*, 2012; Mecocci *et al.*, 2014). El contenido de fenoles y flavonoides puede verse afectado por factores genéticos, bióticos, abióticos, condiciones edafoclimáticas, tipo de cultivo entre otros (Duarte-Martino *et al.*, 2012; Ricco *et al.*, 2011). Existen pocos trabajos que exploran la presencia de antocianinas en las hojas de cedrón; Chirinos *et al.* (2013), estudió el contenido de antocianinas en el extracto metanólico de las hojas liofilizadas de cedrón; no reportando resultados de la presencia de este fitoquímico. El contenido de fenoles





totales de esta especie vegetal se ha reportado empleando diferentes formas de extracción; Olmedo *et al.* (2012) realizó una extracción de los aceites esenciales presentes en cedrón; reporta que los compuestos mayoritarios son geranial, neral y espatulenol; mismos que presentan un contenido de fenoles de  $1400.06 \pm 0.06$  mg EAG \*  $g^{-1}$  ps; por otro lado Vieitez *et al.* (2017), realizó extracciones de fluidos supercríticos en hexano (1270 mg EAG\*100  $g^{-1}$  extracto) y etanol (9760 mg EAG\*100  $g^{-1}$  extracto) de los extractos crudos de cedrón. Finalmente, Wernert *et al.* (2009), realizó comparaciones entre dos métodos de cocción de las hojas de cedrón; observó que el contenido de compuestos fenólico (5000 mg de EAG \* 100  $g^{-1}$  ps) eran similares entre la infusión y decocción de las hojas de cedrón.



**Figura 1. Contenido de antocianinas, fenoles y flavonoides de las hojas secas de cedrón. La concentración de metabolitos se expresó como antocianinas en: mg de ciandina-3-glucósido\*100  $g^{-1}$  ps; flavonoides en: mg EQ\*100  $g^{-1}$  ps; compuestos fenólicos en: mg EAG\*100  $g^{-1}$  ps. Los valores son presentados como promedio, n=4.**



Es importante mencionar que los resultados presentados por otros trabajos para la especie vegetal cedrón superan a los que se reporta en la presente investigación; cabe resaltar que todos tienen diferentes procesos de extracción y tratamientos en el material biológico. Respecto al potencial antioxidante de los extractos metanólicos de las hojas de cedrón, los resultados de la actividad antioxidante y porcentaje de inhibición de radicales libres se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 4. Determinación de la actividad antioxidante y porcentaje de inhibición del extracto metanólico de las hojas de cedrón por el método del radical libre ABTS.**

Referencia	MIN 1	MIN 7	% DE INHIBICIÓN MIN 7
TROLOX	311.878 ± 36.35	367.944 ± 42.84	81.38 ± 7.26
Vitamina C	366.630 ± 40.83	454.022 ± 50.85	80.66 ± 9.48

AAE<sub>Ref</sub> (Actividad antioxidante equivalente a Ref) expresados en mg de referencia/100 g de peso seco. Los valores se presentan como promedio ± desviación estándar (D.E.), n=4.

Los nutraceuticos son productos alimenticios que ejercen una acción benéfica a la salud o bien previenen enfermedades; los antioxidantes son un tipo específico de nutraceutico (Chaturvedi *et al.*, 2011). Un antioxidante (eliminador de radicales libres) es un compuesto que inhibe o retrasa la oxidación de sustratos, incluso si el compuesto está presente en una concentración significativamente más baja que es la del sustrato oxidado. Entre los antioxidantes más eficaces se encuentran la vitamina C y E, carotenoides, flavonoides, ácidos fenólicos (Wojdylo *et al.*, 2007; Serrano y Saura-Calixto 2007). La capacidad antioxidante se determinó por el método ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) empleando como referencia TROLOX (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico 97%) y ácido ascórbico. Chirinos *et al.* (2013), emplearon las muestras liofilizadas y realizaron la extracción con HCl, metanol y agua; reportan  $448.7 \pm 4.2 \mu\text{mol ET g}^{-1}$  ps lo que corresponde a 112.3 mg ET g<sup>-1</sup> ps; valor superior a lo reportado en el presente estudio; es importante mencionar que estos resultados son de una especie de cedrón obtenida de la región andina peruana. Se ha reportado la actividad antioxidante de otras especies vegetales de hoja que son ampliamente utilizadas en la medicina tradicional. Román *et al.* (2010) reportó  $68.4 \pm 0.6\%$  de



inhibición de radicales libres del extracto metanólico de romero (*Thymus vulgaris*) por el método ABTS, valor inferior a lo reportado en el presente estudio.

Este trabajo abre el panorama para el estudio más profundo de los componentes del cedrón permitiendo la incorporación de los compuestos funcionales como aditivos en la industria de los alimentos propiciando el consumo de compuestos naturales con actividad biológica positiva para el ser humano. De tal manera que se generen antioxidantes, fenoles, polifenoles y antocianinas provenientes de extractos de hojas de cedrón como potenciales productos de consumo cotidiano.

## Conclusiones

1. En el presente estudio el extracto metanólico de las hojas de cedrón presentó diversos niveles de fitoquímicos presentes, mismos que no se encuentran reportados ampliamente o relacionados con trabajos ya descritos, debido a que muchos trabajos exploran la presencia de metabolitos secundarios en las infusiones, con otros métodos de extracción o con otros solventes.
2. Se resalta que el contenido de compuestos fitoquímicos como fenoles y flavonoides presentes en los extractos analizados se relaciona directamente con el porcentaje de inhibición de radicales libres; pese a ello esta especie vegetal puede ser considerada una fuente de compuestos nutraceuticos y bioactivos que a través del consumo frecuente pueden contribuir a prevenir enfermedades crónico-degenerativas.

## Literatura citada

Barrios, Y., N. Díaz, L. Meertens, G. Naddaf, L. Solano y M. Fernández. 2010. Relation between leptin serum with weight and body fat distribution in postmenopausal women. *Nutr Hosp.* 25(1):80-84.



- Chang, C., M. Yang, H. Wen y J. C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal.* 10(3):176-182.
- Chao, J., Y. Leung, M. Wang y C. Chang R. C. 2012. Nutraceuticals and their preventive or potential therapeutic value in Parkinson's disease. *Nutr Rev.* 70(7):373-386.
- Chaturvedi, S., P. K. Sharma, V. K. Garg y M. Bansal. 2011. Role of Nutraceuticals in health promotion. *International Journal of PharmTech Research* 3(1): 442-448.
- Chirinos, R., R. Pedreschi, H. Rogez, Y. Larondelle y D. Campos. 2013. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Ind Crop Prod.* 47:145-152.
- Duarte-Martino, H. C., L. De Moraes C., S. Machado R. R., M. I. de Souza D., N. Deniz P. y E. de Mejía. 2012. Nutritional and Bioactive Compounds of soybean: Benefits to Human Health. p. 233-258. In: *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds (ACS Symposium)*. Tunick, M. H.; González De Mejía, E. (eds.). American Chemical Society. USA.
- Folin, O. y V. Ciocalteau. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *J Biol Chem.* 73(2):627-650.
- Giusti, M. M. y R. E. Wrolstad. 2001. Unit. F1.2.1-13, Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-Visible spectroscopy. p. 1-14. *In: Current Protocols in Food Anal.Chem.* Wrolstad, R.E. (ed.). John Wiley & Sons: New York. USA.
- Johns T. y P. B. Eyzaguirre. 2006. Linking biodiversity, diet and health in policy and practice. In *Symposium on Wild-gathered plants: basic nutrition, health and survival.* *Proc Nutr Soc.* 65:182-189.
- Kuskoski, E. M., A. G. Asuero, A. M. Troncoso, J. Mancini-Filho, y R. Feet. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia Tecnol Alime.* 25(4):726-732.
- Madhujith, T. y F. Shahidi F. 2005. Antioxidant Potential of Pea Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Food Sci.* 70(1): S85-S90.
- Mecocci, P., C. Tinarelli, J. Schulz R. y C. Polidori M. 2014. Nutraceuticals in cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Front Pharmacol.* 5(147):1-11.
- Naczki, M. y F. Shahidi. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatogr A.* 1054:95-111.





- Olmedo, R. H., V. Nepote y N. R. Grosso. 2012. Aguaribay and cedron essential oils as natural antioxidants in oil-roasted and salted peanuts. *J Am Oil Chem Soc.* 89(12):2195-2205.
- Paucar, A., N. L. Matute, y A. P. Echavarría. 2018. Caracterización físico química de una mezcla de *Cucumis sativus* L. y *Aloysia triphylla* (Cedrón) con propiedades nutraceuticas. 2(2):13-18.
- Pérez L. 2006. Nutraceuticos: component emergente para el beneficio de la salud. *ICIDCA.* 50(3):20-28.
- Ré, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, y C. Rive-Evans. 1999. Antioxidant activity an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 26(9/10):1231-1237.
- Ricco, R. A., M. L. Wagner y A. A. Gurni. 2011. Dinámica de polifenoles de "Cedrón" (*Aloysia citrodora Palau-Verbenaceae*-) en relación al desarrollo foliar. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10(1): 67-74.
- Rojas, J., O. Palacios y S. Ronceros. 2012. Efecto del aceite esencial de *Aloysia triphylla* britton (cedrón) sobre el *Trypanosoma cruzi* en ratones. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 29(1):61-68.
- Román, C. N. R. 2010. Efecto antioxidante de extractos y compuestos obtenidos a partir de plantas medicinales (*Rubus liebmannii*, *Thymus vulgaris* y *Aristolochia taliscana*). Tesis de Maestría. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Ecatepec, Edo. de Méx., México. 138p.
- Sacchetti, G., S. Maietti, M. Muzzoli, M. Scaglianti, S. Manfredini, M. Radice et al. 2005. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem.* 91:621-632.
- Serrano, J., I. Goñi y F. Saura-Calixto. 2007. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Res Inter.* 40(1):15-21.
- Suhaj, M. 2006. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *J Food Comp Anal.* 19:531-537.
- Vieitez, I., L. Maceiras, I. Jachmanián y S. Alborés. 2018. Antioxidant and antibacterial activity of different extracts from herbs obtained by maceration or supercritical technology. *J Supercrit Fluid.* 133:58-64.



- Wernert, M. F., M. L. Wagner, A. A. Gurni, M. A. Carballo y R. A. Ricco. 2009. Estudio de los polifenoles de infusiones y cocimientos de hojas de “cedrón” (*Aloysia citrodora Palau*) y “poleo” (*Lippa turbinata* Griseb.) – *verbanacea*. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 8(4):308-311.
- Wojdylo, A., J. Oszmiański y R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chem. 105(3):940-949.



## EFFECTO CRÓNICO DE LEPTINA SOBRE EL DESARROLLO NEURONAL, CORRIENTES IONICAS Y EXPRESIÓN DE PROTEÍNAS $Na_v$ , $Ca_v$ , POMC Y CART

Rebeca Isabel Vergara Reyes<sup>316</sup>, Belisario Domínguez Mancera<sup>\*316</sup>, Manuel Barrientos Morales<sup>316</sup>, Antonio Hernández Beltran<sup>316</sup> y Patricia Cervantes Acosta<sup>316</sup>

### Resumen

Leptina (LEP) péptido producido en tejido adiposo blanco, participa en la regulación del balance energético, promueve expresión de neuropéptidos anorexigénicos Proopiomelanocortina (POMC) y Transcrito relacionado a cocaína-anfetamina (CART) en SNC. El receptor se localiza en neuronas hipotalámicas que poseen canales iónicos (CI) de sodio ( $Na^+$ ), calcio ( $Ca^{2+}$ ) y potasio ( $K^+$ ), responsables de la actividad eléctrica. Para estudiar la función neuronal se ha utilizado las células N1E-115 como modelo *in vitro* de neurona y con la técnica Patch Clamp se analizan los CI. El objetivo fue determinar el efecto crónico de LEP sobre el desarrollo de neuritas (dendritas o axón), las CI y la expresión de ARNm de los CI dependientes de voltaje:  $Na^+$  ( $Nav$ ),  $Ca^{2+}$  ( $Cav$ ), POMC y CART en células N1E-115. Los experimentos se desarrollaron en la Unidad de Diagnóstico, PZTM-FMVZ-UV. Las células N1E-115, se cultivaron en DMEM, Gentamicina 2% y SFB 10%, en ambiente controlado (5.0%  $CO_2/37^\circ C$ ). Los cultivos se cosecharon cada semana y sembrados en cajas Petri (35 mm $\varnothing$ ) se trataron con LEP (10 nM) por 0, 24, 48 y 72 horas. La expresión del ARNm, se analizó por Trizol<sup>®</sup> y se realizó PCR-RT, se obtuvo ADNc de los péptidos POMC, CART y de Cav y Nav. La verificación de la extracción de ARNm y de los amplicones fue por electroforesis en gel de agarosa, 1% y 1.5% respectivamente. Los resultados se analizaron con ANDEVA y las comparaciones por Tukey ( $p < 0.05$ ). Las corrientes iónicas totales en células tratadas (LEP/72h) aumentaron ~1.5 veces tanto para corrientes entrantes ( $Na^+$  y  $Ca^{2+}$ ) como salientes ( $K^+$ ), a partir de un valor control de

<sup>316</sup> Cuerpo Académico Reproducción y Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. \*[beldominguez@uv.mx](mailto:beldominguez@uv.mx)



2000 pA (2 nA) y 1000 pA (1nA) respectivamente. Se presentó un aumento de  $150 \pm 50$  pA sobre la corriente de  $\text{Ca}^{2+}$  (valor control  $450 \pm 50$  pA). La corriente de  $\text{Na}^+$  incrementó ~1.4 veces en las células tratadas en contraste al valor control ( $2500 \pm 350$  pA). LEP promueve el desarrollo de neuritas e incrementa la excitabilidad eléctrica al aumentar los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ , además estimula la expresión de  $\text{Na}_v$ ,  $\text{Ca}_v$ , POMC y CART en células N1E-115.

**Palabras clave:** balance energético, canales iónicos, péptidos anorexigénicos

## Introducción

El funcionamiento del sistema nervioso de los mamíferos es regulado por las redes e interconexiones de las células nerviosas, cuya dinámica depende tanto de las propiedades intrínsecas electrofisiológicas, como de la corriente sináptica de las mismas (Llinás, 2014). Uno de estos circuitos, es el sistema neuroendócrino que regula la ingesta de alimento y el balance energético de los mamíferos (Nogueiras *et al.*, 2008). Un componente fundamental de este sistema es la hormona leptina, que se libera por tejido adiposo blanco (Zhang *et al.*, 1994); su unión a receptores específicos (denominados OBRs o LepRs) localizados en las membranas plasmáticas de neuronas especializadas localizadas en el hipotálamo (Kelesidis *et al.*, 2010), activa las vías de señalización necesarias para liberar los neuropéptidos anorexigénicos: Proopiomelanocortina (POMC) y Transcrito relacionado a cocaína-anfetamina (CART) (Dalamaga *et al.*, 2013). Las neuronas son células excitables en cuya membrana plasmática se localizan proteínas estructurales que se encargan de controlar el voltaje necesario para la comunicación entre ellas: los canales iónicos dependientes de voltaje (Caterall, 1993). A través de estos canales fluctúan corrientes iónicas de los iones sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) que dan origen al potencial de acción, el cual es la variación regenerativa del voltaje de la membrana, responsable de transmitir la información proveniente de las células con la capacidad de producirlo, posterior a la exposición de un estímulo (Verkhratsky *et al.*,





2006). La compresión de la función celular, se ha visto beneficiada con el uso de numerosas líneas celulares; para el caso del estudio de la función neuronal una línea celular que ha sido utilizada es la línea celular N1E-115 (Grimbly *et al.*, 2009); las cuales son células no diferenciadas, capaces de proliferar de forma ilimitada al ser cultivadas *in vitro*, estas células son capaces de desarrollar excitabilidad eléctrica y expresar neuritas ante la exposición a diferentes agentes físicos o químicos como el Dimetilsulfóxido (DMSO) (Marler *et al.*, 2005). El estudio de los efectos de la leptina, péptido del balance energético, sobre la función de los canales iónicos dependientes de voltaje de sodio sensibles a Tetrodotoxina (TTX), calcio y de su expresión funcional a través del análisis de ARNm para los neuropéptidos anorexigénicos POMC y CART, con el uso de la línea celular N1E-115 como modelo *in vitro* de célula nerviosa, puede ser de utilidad para resolver incógnitas acerca del circuito que controla y coordina la regulación de la ingestión alimenticia.

## Materiales y métodos

**Ubicación.** La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biología Celular, ubicado en la Unidad de Diagnóstico “Augusto R. Mancisidor Ahuja” en la Posta Zootécnica “Torreón del Molino” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, en Veracruz, Ver.

**Material biológico.** Se utilizaron células de neuroblastoma N1E-115 (ATCC® CRL2263) de una donación realizada por el Laboratorio de Biología Celular del CINVESTAV-IPN. Todos los procedimientos experimentales se desarrollaron bajo condiciones controladas de esterilidad, con una campana de flujo laminar (Nuair®), mechero de gas butano, material de vidriería (Pyrex®) esterilizado por calor húmedo (115 Atm/132°C), plástico y consumibles estériles desechables.

**Diseño del experimento.** Las células N1E-115 son cultivo en monocapa que se lleva a cabo en matraces de plástico durante 1 semana. Las células se cultivaron en medio



de cultivo (*Dulbecco's Modified Eagle Medium*) ((DMEM, Biocell®) suplementado con Suero Fetal Bovino 10% (FBS, Biocell®) y antibiótico (Gentamicina 2%, Bayer®) en estufa (Fisher) con temperatura de 37.0°C/CO<sub>2</sub> 5%. Cuando las células llegaron al 80% de confluencia se cosecharon con Tripsina-EDTA y se sembraron en cajas Petri de 35 mmØ. Se trataron con leptina (American Peptides) [10nM]. Los tratamientos se distribuyeron como se explica en el Cuadro 1, se realizó curva temporal para determinar el tiempo de exposición y así observar los efectos de leptina en la morfología y CI. Los tiempos de exposición (leptina o DMSO) fueron: 0, 24, 48 y 72 horas. Se desarrollaron tres experimentos independientes con tres repeticiones cada uno de ellos, para obtener un promedio de entre 5 a 10 células con sus registros electrofisiológicos acorde con los parámetros requeridos de un experimento de biofísica.

**Cuadro 1. Descripción de la composición en porcentaje de los medios de cultivo para cada tratamiento.**

Tratamientos	Componentes del Medio de Cultivo				
	DMEM (%)	SFB (%)	Antibiótico (%)	Leptina (nM)	DMSO (%)
1.- Control	88	10	2	0	0
2.- Leptina	88	10	2	10	0
3.- DMSO	96	0.5	2	0	1.5
4.- Leptina + DMSO	96	0.5	2	10	1.5

100%= 100 ml.

DMEM: (Dulbecco's Modified Eagle Medium) (Biocell®).

SFB: Suero Fetal Bovino (Biocell®).

DMSO: Dimetil Sulfoxido (Fermentas®).

**Registro electrofisiológico.** Las células N1E-115, se sometieron a registro electrofisiológico mediante la técnica "*Patch-clamp*" en su configuración de célula completa en modalidad de fijación de voltaje para lograr disecar los diferentes componentes de la corriente iónica de membrana. Las cajas Petri que contenían las células se trasladaron de la incubadora de cultivo a una cámara de experimentación montada en la platina de un microscopio invertido (DMIL, Leica). La cámara tenía alrededor de 2 mL de solución externa de registro y se conectó a tierra mediante un electrodo de referencia. La solución externa de registro se agregó a la caja Petri la



cual puede ser registrada hasta por 2 horas. Los electrodos se elaboraron con micropipetas de vidrio duro (Borosilicato; Sutter Instruments™) en un estirador vertical (P30; Sutter Instruments™) con resistencias entre 4.5-5.5 MΩ. Las micropipetas se llenaron con solución interna de registro cuya composición acorde con la corriente iónica a registrar. El posicionamiento del electrodo sobre la célula se llevó a cabo con ayuda de un micromanipulador motorizado (MP-225, Sutter Instruments™). La composición iónica de soluciones de registro fue la siguiente:

Corrientes totales: Solución externa (mM): 145 NaCl, 5 KCl, 5 CaCl<sub>2</sub>, 10 Hepes y 5 glucosa; pH 7.30, ajustado con NaOH. Solución interna (mM): 100 KCl, 30 NaCl, 2 MgCl<sub>2</sub>, 1 CaCl<sub>2</sub>, 10 EGTA, 10 Hepes, 2 ATP, 0.05 GTP, y 5 glucosa (pH 7.30 ajustado con KOH).

Corriente de sodio: Solución externa (mM): 150 NaCl, 2 CaCl<sub>2</sub>, 0.5 CdCl<sub>2</sub>, 10 Hepes y 5 glucosa; pH 7.30, ajustado con NaOH. Solución interna (mM): 100 CsCl, 30 NaCl, 10 EGTA, 1 CaCl<sub>2</sub>, 2 MgCl<sub>2</sub>, 2 ATP, 0.05 GTP, 10 Hepes y 5 glucosa (pH 7.30 ajustado con CsOH).

Corriente de calcio: Solución externa (mM): 133 NaCl, 10 TEA, 10 BaCl<sub>2</sub>, 0.001 TTX, 10 Hepes, 5 glucosa, (pH 7.30 ajustado con NaOH). Solución interna (mM): 100 CsCl, 30 NaCl, 10 EGTA, 1 CaCl<sub>2</sub>, 2 MgCl<sub>2</sub>, 2 ATP, 0.05 GTP, 10 Hepes y 5 glucosa (pH 7.30 ajustado con CsOH).

**Aislamiento de ARN.** Las células N1E-11 se incubaron en ausencia y presencia de LEP. Se obtuvo ARNm de las células en cultivo con el paquete comercial de extracción de Applied Biosystems® (ThermoFischer), de acuerdo con el protocolo del fabricante. El total del ARNm se almacenó en etanol al 75% a -20°C hasta su análisis. La expresión del ARNm se analizó por el método de RT-qPCR; se llevó a cabo con el paquete comercial iScript™ One-Step RT-PCR kit, para obtener ADNc de los péptidos POMC, CART y de Ca<sub>v</sub> y Na<sub>v</sub>. La detección de la amplificación de los productos de PCR se realizó en una electroforesis en gel de agarosa al 1% conteniendo bromuro de etidio. La cuantificación de la intensidad de las bandas de los iniciadores de ARNm que codifican para las proteínas: Canal de calcio (Ca<sub>v</sub>), Canal de sodio sensible a TTX (Na<sub>v</sub>), POMC y CART fueron medidas con el software de



formato libre ImageJ® versión 1.52a del Instituto Nacional de la Salud de los Estados Unidos de Norteamérica (NIH-USA).

Las reacciones de PCR consistieron en un paso de desnaturalización de 94°C por 10 min, un paso de alineado y extensión a 60°C por 60 segundos en un total de 40 ciclos. Los iniciadores u oligonucleótidos (secuencias forward y reverse) fueron seleccionadas con BLAST de la página NCBI (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Secuencias *forward* y *reverse* de los iniciadores utilizados para la identificación de las proteínas (Blast).**

Gen	Oligonucleótidos	
	Forward	Reverse
POMC	GTG TTT CCT GGC AAC GGA GAT G	CGT TCT TGA AGA GCG TCA CC
CART	CAT CTA CTC TGC CGT GGA TG	GGA AAG AAT TGC AGG AAG TTC C
Nav1.2	GAC GAC GAA AAT GGC CCA AA	GGT TTA CAA ATT CTG TTA CAT ACG C
Cav3.2	CGG CCC TAC TAC GCA GAC TA	CTG AGG CAG AGC TTG AAC CA

**Análisis estadístico.** Se utilizó el programa STATISTICA v 11.0 para Windows (StatSoft, Inc. (2010), para todos los análisis estadísticos. ANDEVA de una vía para reconocer las diferencias entre los tratamientos y el control. Las gráficas se elaboraron con ayuda del programa Sigma Plot v11.02 de Jandel Corporation®. Para llevar a cabo la captura y análisis de las señales de voltaje, se ocupó el programa pCLAMP v10.1 de Axon Instruments.

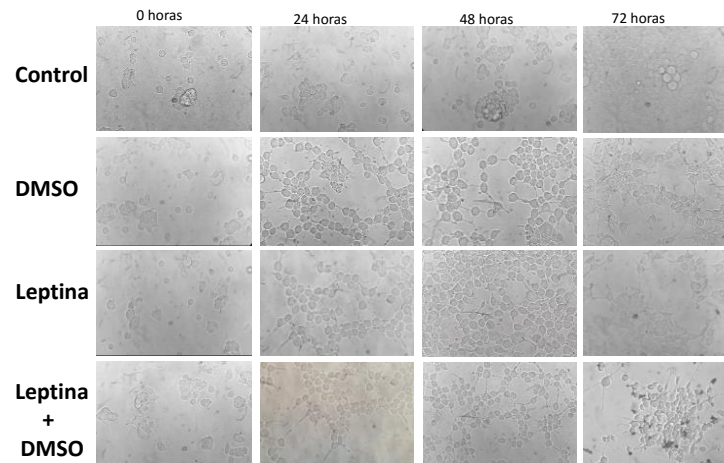
## Resultados y discusión

En primera instancia se analizó la morfología celular; las células N1E-115 cultivadas en medio DMEM con suero fetal bovino fueron expuestas a los diferentes tratamientos para comparar si leptina promueve diferenciación celular y para comparar este efecto, se utilizó DMSO (estimulante reportado por diferentes autores del desarrollo de neuritas en esta línea celular). En la Figura 1, se observan las alteraciones morfológicas originados por el tratamiento crónico con Leptina, DMSO y DMSO + leptina, en contraste con el control. Para describir el desarrollo de

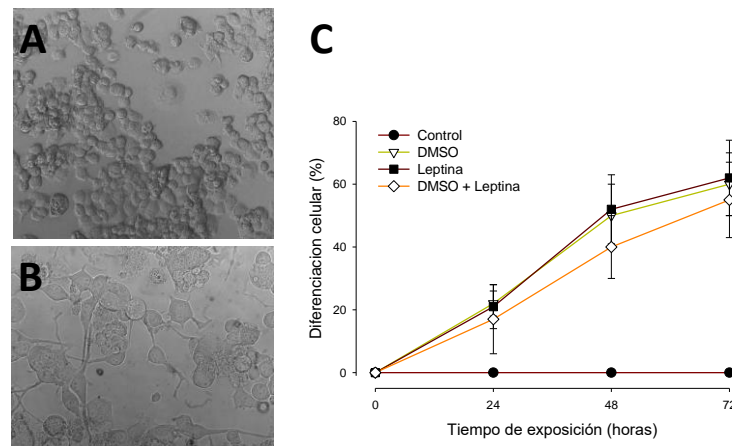




neuritas (axones y dendritas) se cuantificó el porcentaje de células diferenciadas en 5 campos de inspección a objetivo de 40X, la Figura 2 exhibe el incremento de neuritas estimulado por leptina 10 nM en 72 horas.



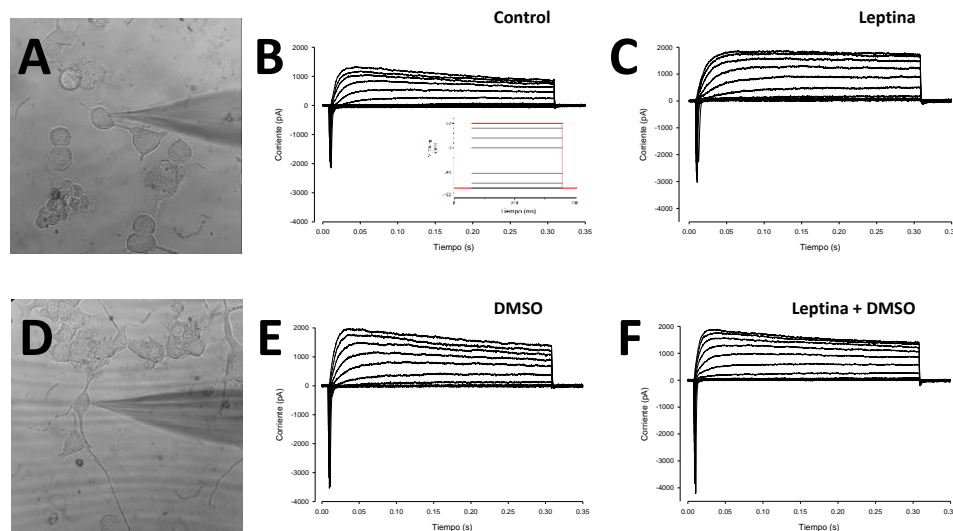
**Figura 1. Diferenciación celular de NIE-115 tratadas con Leptina 10 nM. Las células NIE-115 fueron expuestas a diferentes fármacos por 7 h: Leptina 10 nM, DMSO 1.5% con reducción del Suero Fetal Bovino al 0.5%**



**Figura 2. Análisis de la diferenciación celular de NIE-115. A. Células NIE-115 bajo condiciones control. B. Células NIE-115 diferenciadas las cuales fueron tratadas con leptina 10 nM por 72 horas. C. Proporción de células diferenciadas a través del tiempo en los diferentes tratamientos; se cuantificó el número de células diferenciadas por campo (n=5 campos) y se dividió entre el número de células por campo.**

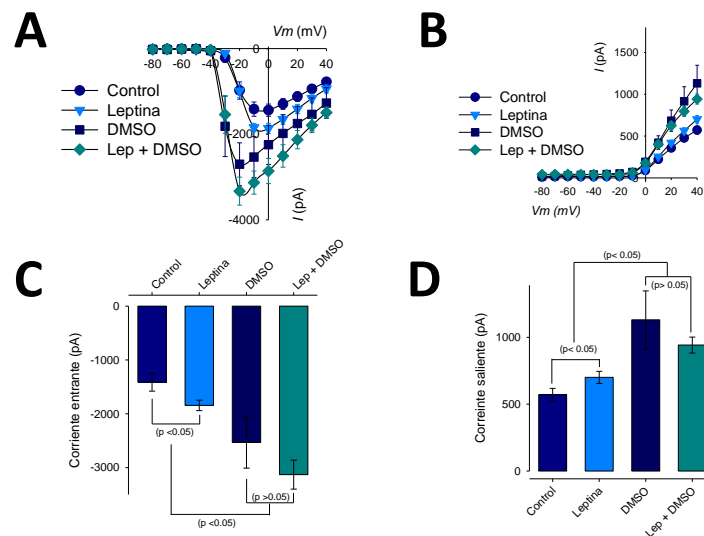
Con respecto a la actividad eléctrica, se realizó el registro electrofisiológico de corrientes totales para identificar si LEP modifica su actividad eléctrica, tanto

corrientes entrantes como salientes, incrementaron en la línea celular ante la exposición a LEP (Figura 3). El pico de la corriente entrante, compuesta por los componentes de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ , fue registrado en los primeros 50 ms, en tanto que la corriente saliente (componente potasio) se registró en los últimos 10 ms del trazo de la corriente.



**Figura 3. La exposición crónica con leptina 10 nm favorece el incremento de corrientes entrantes y salientes en células N1E-115. A y D. Células N1E-115 bajo condiciones control y tratadas con leptina 10 nM. B, C, E y F. familia de trazos de corriente en células N1E-115 en las diferentes condiciones experimentales. El inserto en B muestra el protocolo de registro, donde el potencial de mantenimiento fue a -80 mV, las células se despolarizaron de 10 mV hasta +50 mV con duración de 300 ms.**

La Figura 4 presenta el resumen del análisis de las corrientes, la Figura 4B muestran las curvas IV (Corriente vs Voltaje) de la medición al pico de la corriente entrante (Figura 4A), la cual fluye a través de los canales de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  y la corriente saliente (Figura 4B) la cual fluye a través de las diferentes poblaciones de canales de  $\text{K}^+$ . Los apartados C y D de la Figura 4, esquematizan el valor máximo para la corriente entrante (Figura 4C) el cual fue a -10 mV y para el pico o valor máximo para la corriente saliente (Figura 4D) el cual fue en +50 mV. Tanto LEP como DMSO, incrementan de forma significativa ( $p < 0.05$ ) las corrientes entrantes y salientes al compararlas con el valor control.



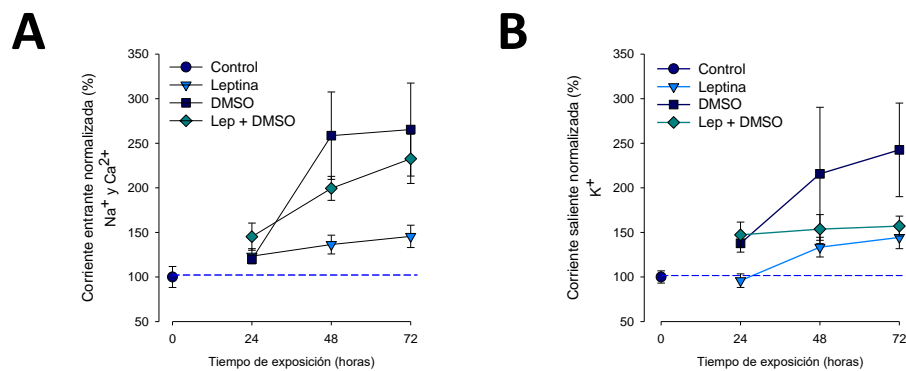
**Figura 4. Análisis del efecto de la leptina sobre las corrientes totales en células N1E-115. A. Relación corriente-voltaje (IV) de la corriente entrante (corriente negativa), del análisis a cada paso de voltaje de los trazos evocados por pulsos despolarizantes con una amplitud de 10 mV partiendo de un potencial de mantenimiento de -80 mV; se midió la corriente al pico que alcanza en los primeros 50 ms del trazo, el trazo tiene una duración de 30 ms. B. Relación corriente-voltaje (IV) de la corriente saliente (corriente positiva), del análisis a cada paso de voltaje de los trazos evocados por pulsos despolarizantes con una amplitud de 10 mV partiendo de un potencial de mantenimiento de -80 mV; se midió la corriente al pico que alcanza en los últimos 10 ms del trazo, el trazo tiene una duración de 30 ms. C. Resumen del análisis del pico de la corriente entrante para cada uno de los tratamientos, la cual fluye por los canales de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  en el trazo a -10 mV, voltaje en el que la corriente alcanza su valor máximo. D. Resumen del análisis del pico de la corriente saliente para cada uno de los tratamientos, la cual fluye por las diferentes poblaciones de canales de  $\text{K}^+$  en el trazo a +50 mV, voltaje en el que la corriente alcanza su valor máximo. Los paneles C y D muestran los análisis estadísticos (Tukey  $p < 0.05$ ).**

La corriente se normalizó (en porcentaje %) para describir la acción de los fármacos y el efecto del tiempo de exposición, sobre el aumento de las corrientes. En la Figura 5 se presenta que, a medida que incrementó el tiempo de exposición, las corrientes totales de las células estimuladas por los 3 tratamientos desarrollaron un incremento significativo evidente, respecto al valor control. Se alcanzó un valor estable a las 72 horas de exposición al fármaco.

Para determinar los efectos de leptina y DMSO, se disecaron los componentes de la corriente entrante. Para identificar si los tratamientos tenían efecto sobre la corriente de calcio, se utilizó Bario ( $\text{Ba}^{2+}$ ) como acarreador de carga. En la Figura 6 se presentan familias de trazos de la corriente de calcio en cada uno de los



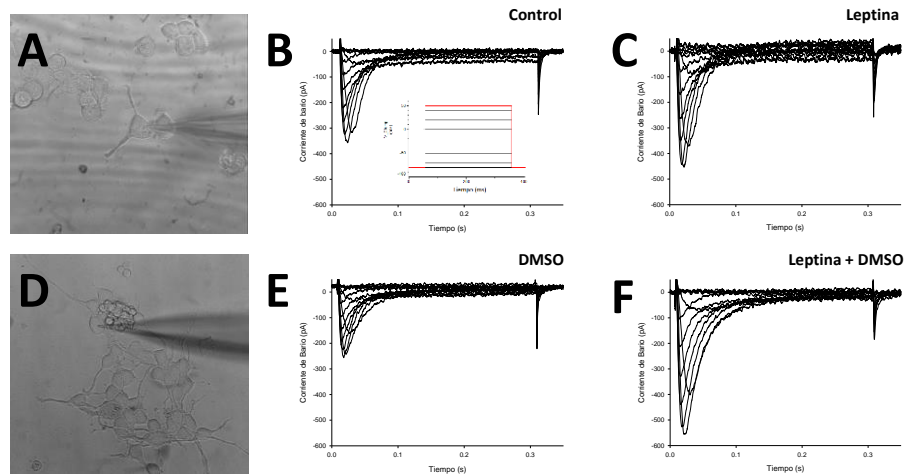
diferentes tratamientos. La corriente de calcio tiene dos componentes: el que fluye a través de los canales de calcio de bajo umbral de activación (LVA) que poseen cinética de rápida activación e inactivación, cuya corriente es medida en los primeros 20 ms del trazo de la corriente, y el que fluye por los canales de calcio con cinética de lenta activación e inactivación (HVA), el cual es medido en los últimos 10 ms del trazo de la corriente.



**Figura 5. Análisis de las corrientes entrantes (panel A) y salientes (panel B) normalizadas respecto al valor control. A. Corriente entrante normalizada, la cual fluye por los canales de Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> en cada tiempo de exposición al fármaco (0, 24, 48 y 72 horas). B. Corriente saliente normalizada, la cual fluye por las diferentes poblaciones de canales de K<sup>+</sup> normalizada en cada tiempo de exposición al fármaco (0, 24, 48 y 72 horas).**

Las células N1E-115 solo presentaron el componente correspondiente a los canales LVA de la corriente de calcio (Figura 6) y no se presentó el componente sostenido de la corriente. La exposición crónica con LEP 10 nM en células N1E-115 incrementa de forma significativa el componente de la corriente de calcio LVA respecto al valor control.

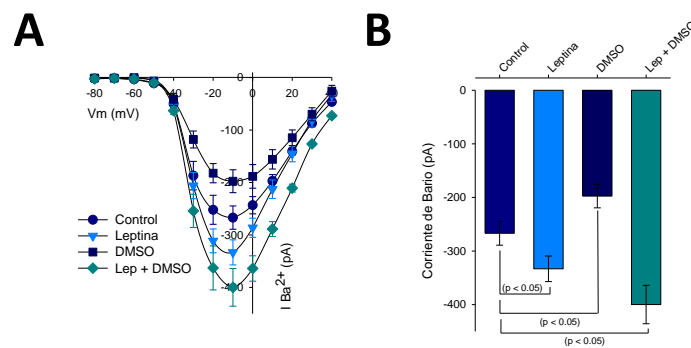




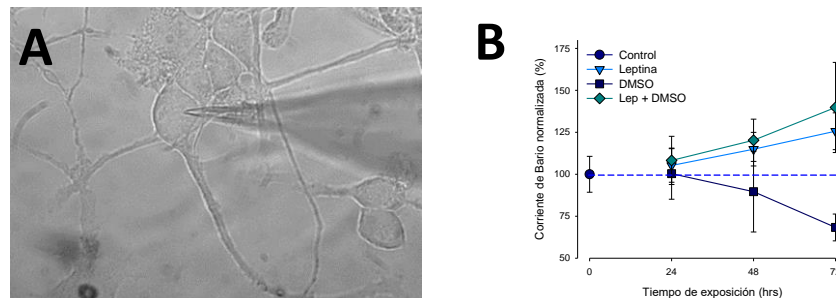
**Figura 6. Corrientes de calcio (con Bario como acarreador de carga) en células N1E-115 tratadas con leptina 10 nM y DMSO. A y D. Células N1E-115 bajo condiciones control y Diferenciadas con leptina por 72 h. B, C, E y F. Familia de trazos de corriente en cada condición experimental evocadas por pulsos despolarizantes de amplitud de 10 mV partiendo de un potencial de mantenimiento de -80 mV con una duración de 300 ms.**

Con la finalidad de determinar la dependencia al voltaje de la corriente de calcio, se procedió a realizar las curvas corriente-voltaje, este análisis se observa en la Figura 7. La Corriente de Bario, se comienza a apreciar en la vecindad de -40 mV y alcanza su valor pico en los -10 mV. Las células N1E-115 tratadas de forma prolongada con DMSO muestran una reducción significativa en la amplitud de la corriente; la leptina incrementa la amplitud de la corriente a cada paso de voltaje en el que es sometida las células N1E-115 diferenciadas. En la Figura 7B, se muestra el resumen del análisis estadístico (Tukey  $p < 0.05$ ), en donde se esquematiza el incremento significativo en la amplitud de corriente promovido por LEP. Otro aspecto a analizar era si la corriente iónica de calcio, dependía del tiempo de exposición, a lo que se procedió a realizar la curva temporal y registra a las células expuestas al tratamiento prolongado con los fármacos del experimento; dicho análisis se muestra en la Figura 8B, en donde se requiere por lo menos 48 horas de exposición a leptina para que las células muestren un cambio significativo en la amplitud de la corriente de calcio; estos resultados muestran que es posible que la leptina use vías de señalización encaminadas a activar el gen que codifica para el canal de calcio de bajo umbral de activación.

Posterior al análisis de la corriente de  $\text{Ca}^{2+}$  se procedió a analizar la corriente de  $\text{Na}^+$ , las células N1E-115 bajo condiciones normales muestran corrientes entrantes de sodio de rápida activación y de muy rápida inactivación alrededor de 2-3 ms (Figura 9B). Las células mostraron diferenciación celular a las 48 y 72 (Figura 9A) horas posteriores al tratamiento con leptina y, al obtener su registro electrofisiológico, la corriente de sodio tuvo mayor amplitud que las del grupo control. Para comparar los efectos de dicha diferenciación, las células se trataron con DMSO y se sometieron a registro. Los efectos de la leptina y el DMSO sobre la corriente de sodio aumentaron 1.5 veces en contraste con el valor control.

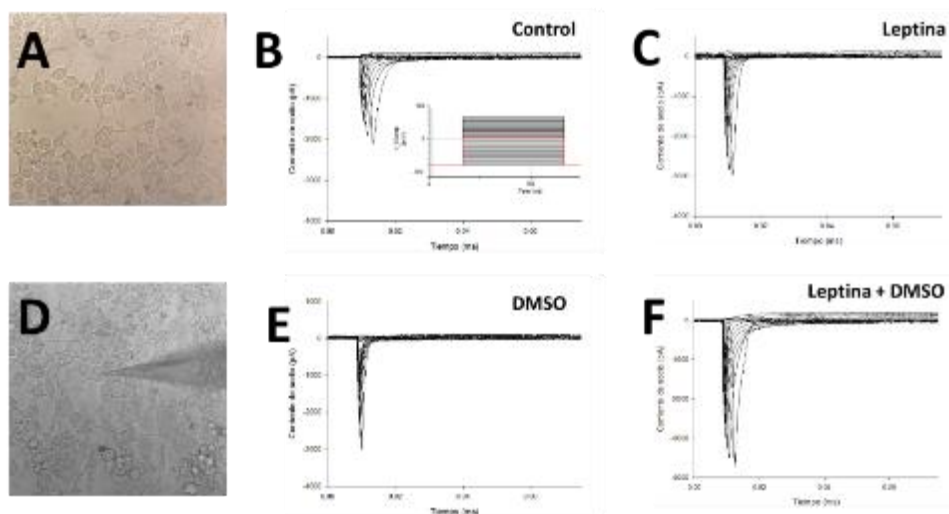


**Figura 7. Relación corriente-voltaje de la corriente de calcio, con Bario como acarreador de carga en células N1E-115 expuestas a tratamiento crónico con leptina y/o DMSO. A. Curva IV de la corriente de calcio en las células N1E-115. B. Resumen del análisis estadístico de la corriente al pico en -10 mV en cada una de las condiciones experimentales; se muestran los valores de “p” para los análisis de las diferencias de Medias por el método de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

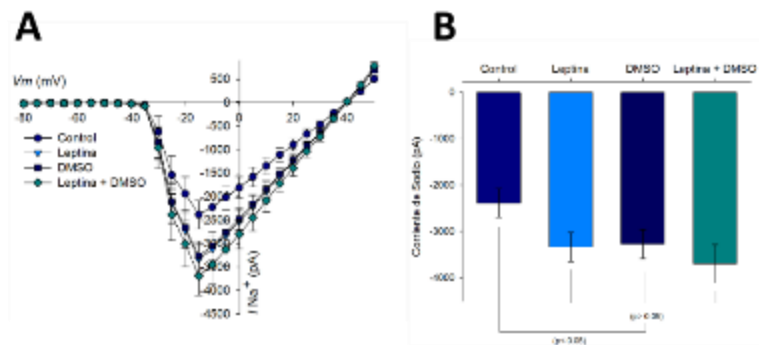


**Figura 8. Curva temporal del efecto de leptina y/o DMSO sobre la amplitud de la corriente de calcio. A. Registro de la corriente en una célula N1E-115 diferenciada tratada con leptina 10 nM por 72 h. B. Curva temporal normalizada del efecto de la leptina y/o DMSO sobre la corriente de calcio.**

Los trazos de la corriente de sodio se midieron al pico de la corriente en cada paso despolarizante y realizó la curva IV, la cual muestra la relación corriente-voltaje para observar la dependencia al mismo. Los canales de sodio empiezan a abrirse en la proximidad a  $-40$  mV para alcanzar su valor máximo alrededor de  $-10$  mV, para después disminuir a medida que se despolariza la membrana y cambia de entrante a saliente en la cercanía de  $-45$  mV potencial de membrana para el equilibrio de sodio de acuerdo con la ecuación de Nernst. En la Figura 10B, se presenta el resumen del análisis del componente de sodio medido al pico de la corriente (cerca de los  $-10$  mV). El tratamiento crónico con leptina, así como con DMSO y DMSO + leptina, aumentaron de manera significativa el componente de la corriente de sodio.

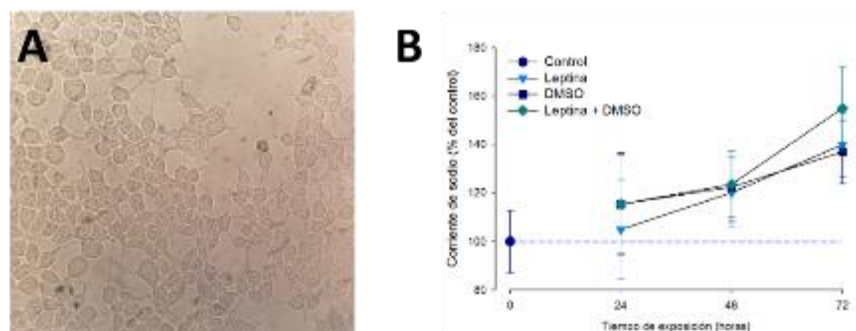


**Figura 9. Corrientes de Sodio en células N1E-115 tratadas con leptina 10 nM y DMSO. A y D. Células N1E-115 bajo condicione control y Diferenciadas con leptina por 72 h. B, C, E y F. Familia de trazos de corriente en cada condición experimental evocadas por pulsos despolarizantes de amplitud de 10 mV partiendo de un potencial de mantenimiento de  $-80$  mV con una duración de 30 ms.**



**Figura 10. Relación corriente-voltaje de la corriente de sodio en células N1E-115 bajo tratamiento crónico con leptina y/o DMSO. A. Curva IV de la corriente de calcio en las células N1E-115. B. Resumen del análisis estadístico de la corriente al pico en -10 mV en cada una de las condiciones experimentales; se muestran los valores de “p” para los análisis de las diferencias de Medias por el método de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

Por último, para analizar si el efecto del cambio en la amplitud de la corriente se relacionaba con cambios en el tiempo, se trataron a las células 24, 48 y 72 horas para obtener una curva temporal (Figura 11).



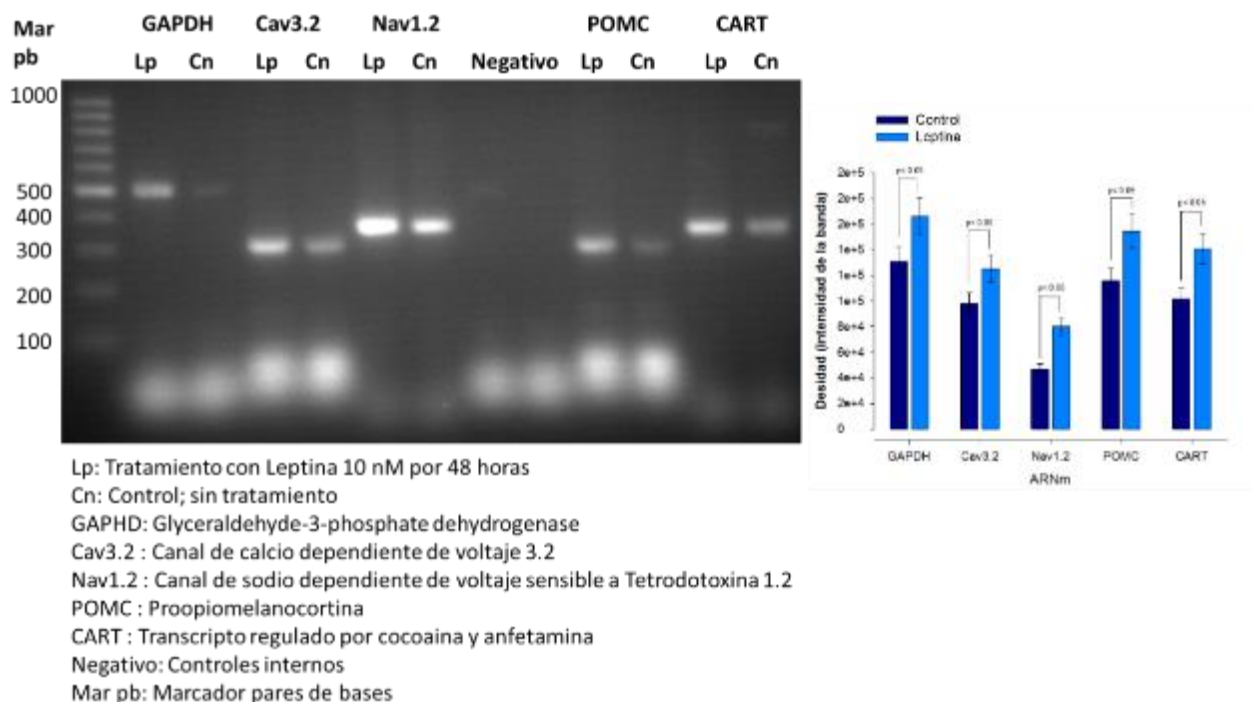
**Figura 11. Curva temporal del efecto de leptina y/o DMSO sobre la amplitud de la corriente de sodio. A. Células N1E-115 diferenciadas tratada con leptina 10 nM por 72 h. B. Curva temporal normalizada del efecto de la leptina y/o DMSO sobre la corriente de sodio.**

Las células estimuladas con leptina y/o DMSO modifican la amplitud de la corriente a partir de 24 horas de tratamiento y muestran un aumento significativo posterior a las 48 horas de exposición a los fármacos. Respecto al análisis del ARNm, se determinó el efecto de la exposición prolongada a leptina en la activación del ARNm que codifica para las proteínas  $Ca_v$ ,  $Na_v$ , POMC y CART, ya que en los registros electrofisiológicos de células diferenciadas se observaron cambios significativos en



las amplitudes de la corriente y estas modificaciones podrían deberse a un reacomodo de las proteínas en la membrana o a que se encendiera el ADN y se produjera ARNm que codificaba para estas proteínas, en especial las que correspondían a  $Ca_v$  y  $Na_v$ .

Debido a que la liberación de los neuropéptidos POMC y CART están involucrados con el efecto de la hormona leptina en la disminución del consumo de alimento, además de que estos péptidos se sintetizan y liberan en neuronas hipotalámicas, se procedió a realizar los experimentos de cuantificación de ARNm, en la Figura 12 se muestran el resumen de los experimentos realizados para contestar la pregunta.



**Figura 12. Identificación de los fragmentos de POMC, CART, Nav y Cav en ADN complementario obtenido por RT-PCR. Se observa un gel de agarosa 1% en el que se aprecian las bandas con los pares de base para cada proteína analizada. Se utilizó GAPDH como control interno. En el panel de la izquierda, se muestra un análisis semi-cuantitativo con ayuda el software de uso libre ImageJ para cuantificar la intensidad óptica de cada banda en comparación del grupo control. Los experimentos se repitieron por triplicado.**

La exposición prolongada a la hormona leptina activa los genes que codifican para los canales de calcio y los canales de sodio para ejercer su efecto sobre la amplitud



de las corrientes iónicas, e incrementó el ARNm que codifica para los neuropéptidos POMC y CART.

Los cultivos de la línea celular N1E-115 utilizadas en este proyecto desarrollaron cambios morfológicos en el lapso de 24-72 horas post exposición a LEP, estas modificaciones tenían apariencia similar a neuritas y prolongaciones axónicas, concordantes con lo reportado por Grimbly *et al.* (2009) ante la exposición a la hormona del crecimiento (GH). Este tipo de células conservan la capacidad de diferenciarse (Roth *et al.*, 2002) en respuesta al tratamiento con diversos agentes como DMSO (Clejan *et al.*, 1996), hormonas (GH) (Grimbly *et al.*, 2009) o toxinas como veneno de anémona marina (Liu *et al.*, 2012) tal y como se pudo encontrar en los resultados del experimento. Clejan *et al.* (1996), determinaron las ventajas de utilizar DMSO a concentraciones de 1-2% debido a que estimula una mayor expresión de diferenciación eléctrica, al tiempo que permite mantener las células bajo estas condiciones por lapsos prolongados en comparación a otras sustancias, mismo resultados fueron encontrados ya que las células dejan de proliferar y se mantienen en diferenciación celular; además se pudo observar una disminución en la corriente de calcio con la aplicación de DMSO; estos resultados solo fueron utilizados como controles positivos del experimento.

Las células N1E-115 mostraron cambios en su actividad eléctrica que permitió observar la expresión funcional de los diversos canales iónicos (Moolenaar y Spector, 1978), en un principio se analizaron los aumentos en las corrientes totales y después, en las corrientes entrantes de sodio y calcio. La actividad eléctrica de cualquier célula depende de la actividad concertada de las diferentes poblaciones de canales iónicos dependientes de voltaje presentes en su membrana plasmática (Hille, 2001). Por lo que si una célula presenta un cambio significativo en sus corrientes totales se debe, sin duda, a un cambio en la expresión funcional de los canales iónicos que puede inducirse por aumento o disminución de estos; ya que es mediante el control de la permeabilidad iónica que estas proteínas plasmáticas, son básicas para la regulación de la actividad eléctrica, así como de la transducción de señales en las células nerviosas. De acuerdo con la actividad eléctrica en la célula, compuesta por corrientes iónicas entrantes ( $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ ) y saliente ( $\text{K}^+$ ) (Hille *et al.*, 2001) los registros



obtenidos de las células N1E-115 bajo condiciones control y tratadas con leptina y/o DMSO presentaron aumentos significativos; resultados similares han sido reportados en miocitos cardiacos (Lin *et al.*, 2013), neuronas del núcleo pedunculopontine (Beck *et al.*, 2013), gonadotropos (Dominguez *et al.*, 2017), neuronas del núcleo arcuato (Baver *et al.*, 2014), entre otras células (Oh *et al.*, 2005). Se han descrito seis tipos funcionales de canales de  $\text{Ca}^{2+}$  denominados T, L, N, P, Q y R; estos canales se pueden clasificar de acuerdo con sus propiedades biofísicas y farmacológicas. La clasificación más utilizada se basa en el rango de voltaje necesario para su activación, clasificándolos en dos categorías: canales de  $\text{Ca}^{2+}$  de bajo y de alto umbral. El canal de tipo T es el único canal de  $\text{Ca}^{2+}$  de bajo umbral, mientras que los canales de tipo L, N, P, Q y R han sido caracterizados como canales de  $\text{Ca}^{2+}$  de alto umbral debido a que se requieren grandes despolarizaciones para su activación (Caterall, 2011). Al respecto, se encontró que las células N1E-115 bajo condiciones control presentan una corriente de  $\text{Ca}^{2+}$  rápida activación y de rápida inactivación, características biofísicas que muestran las corrientes tipo transitorias (llamadas tipo T). La exposición crónica a leptina induce un incremento en la amplitud de la corriente iónica entrante de  $\text{Ca}^{2+}$ , en contraste al valor control. La medición fue realizada en un protocolo con longitud de 300 ms que va desde -80 hasta +50 mv con deltas de 10 mV., se ha reportado que el aumento en las corrientes transitorias (calcio tipo T), puede inducir a un aumento en la frecuencia de disparo en las neuronas, células musculares y endócrinas (Caterall, 2011); en este sentido, Monjaraz (2000) describió que los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  contribuyen a producir fluctuaciones en el PA mismas que activan al canal de  $\text{Na}^+$ .

## Conclusiones

1. La hormona leptina ejerce efecto sobre la diferenciación celular al estimular el desarrollo de axones y dendritas de la membrana plasmática de las células N1E-115, esta diferenciación promueve la excitabilidad eléctrica al incrementar los componentes de calcio y sodio sensibles a TTX de las corrientes iónicas. Sin



embargo, se requiere de estudios más específicos para determinar los mecanismos bioquímicos y moleculares responsables de esta modificación.

## Literatura citada

- Baver S. B., K. Hope, S. Guyot, C. Bjørbaek, C. Kaczorowski y K.M. O'Connell. 2014. Leptin modulates the intrinsic excitability of AgRP/NPY neurons in the arcuate nucleus of the hypothalamus. *Journal of Neuroscience* 34(16): 5486-5496.
- Beck P., S. Mahaffey, F. J. Urbano y E. Garcia-Rill. 2013. Role of G-proteins in the effects of leptin on pedunculo-pontine nucleus neurons. *Journal of neurochemistry* 126(6): 705-714.
- Caterall W. A. 1993. Structure and function of voltage-gated ion channels. *Trends in neurosciences* 16(12): 500-506.
- Caterall W. A. 2011. Voltage-gated calcium channels. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 3(8): a003947.
- Clejan S., R. S. Dotson, E. Wolf. W., Ide C. F. Corb M. P. 1996. Morphological differentiation of N1E-115 neuroblastoma cells by dimethyl sulfoxide activation of lipid second messengers. *Experimental cell research* 224(1): 16-27.
- Dalamaga M., S. H. Chou, K. Shields, P. Papageorgiou, S. A. Polyzos y M.C. Mantzoros. 2013. Leptin at the intersection of neuroendocrinology and metabolism: current evidence and therapeutic perspectives. *Cell metabolism* 18(1): 29-42.
- Domínguez-Mancera B., M. Barrientos-Morales, P. Cervantes-Acosta, A. Hernández-Beltrán, A. Rodríguez-Andrade, R. González-Ramírez, E. Monjaraz y R. Felix. 2017. Leptin regulation of inward membrane currents, electrical activity and LH release in isolated bovine gonadotropes. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 491(1): 53-58.
- Grimby C., B. Martin, E. Karpinski, S. Harvey. 2009. Growth hormone production and action in N1E-115 neuroblastoma cells. *Journal of molecular neuroscience* 39(1-2): 117-124.
- Hille B. 2001. *Ionic channels of excitable membranes*, Sunderland, MA: Sinauer Associates.





- Kelesidis T., I. Kelesidis, S. Chou y C.S. Mantzoros. 2010. Narrative review: the role of leptin in human physiology: emerging clinical applications. *Annals of internal medicine* 152(2): 93-100.
- Lin Y. K., Y. C. Chen, J. H. Huang, Y. J. Lin, S. S. Huang, S. A. Chen, *et al.* 2013. Leptin modulates electrophysiological characteristics and isoproterenol-induced arrhythmogenesis in atrial myocytes. *Journal of biomedical science* 20(1): 94.
- Liu P., S. Jo, P. Bean Bruce. 2012. Modulation of neuronal sodium channels by the sea anemone peptide BDS-I. *Journal of neurophysiology* 107(11): 3155-3167.
- Llinás R. R. 2014. Intrinsic electrical properties of mammalian neurons and CNS function: a historical perspective. *Frontiers in cellular neuroscience* 8: 320.
- Marler, K. J., R. Kozma, S. Ahmed, J.M. Dong, C. Hall, L. Lim. 2005. Outgrowth of neurites from N1E-115 neuroblastoma cells is prevented on repulsive substrates through the action of PAK. *Molecular and cellular biology* 25(12): 5226-5241.
- Moolenaar W. H. and I. Spector. 1978. Ionic currents in cultured mouse neuroblastoma cells under voltage-clamp conditions. *The Journal of physiology* 278(1): 265-286.
- Monjaraz E., A. Navarrete, L.F. López-Santiago, A. V. Vega, J.A. Arias-Montaña y G. Cota. 2000. L-type calcium channel activity regulates sodium channel levels in rat pituitary GH3 cells. *The Journal of physiology* 523(1): 45-55.
- Nogueiras R., M. H. Tschöp y J.M. Zigman. 2008. Central Nervous System Regulation of Energy Metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1126(1): 14-19.
- Oh J., K. R. Karlmark, J. Shin, A. Pollak, A. Freilinger, M. Hengstschlager, G. Lubec. 2005. Differentiation of neuroblastoma cell line N1E-115 involves several signaling cascades. *Neurochemical research* 30(3): 333-348.
- Roth J. D., D. K. Yee, D. K. Kisley, S. J. Fluharty. 2002. Modeling the pathways of energy balance using the N1E-115 murine neuroblastoma cell line. *Molecular brain research* 103(1-2): 146-150.
- Verkhatsky A., O.A. Krishtal y O. H. Petersen. 2006. From Galvani to patch clamp: the development of electrophysiology. *Pflügers Archiv* 453(3): 233-247.
- Zhang Y., R. Proença, M. Maffel, M. Barone, L. Leopold, J.M. Friedman. 1994. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372(6505): 425.



## CINÉTICA DE CRECIMIENTO MICROBIANO DE *Lactobacillus fermentum* spp. EN LECHE RECONSTITUÍDA

Judith Jiménez Cortez<sup>317</sup>, Bania Elizabeth Vargas Palma<sup>317</sup>, Alejandra Javier Cruz<sup>317</sup>,  
Gerónimo Cruz Palacios<sup>317</sup>, Yolanda Retama Ortíz<sup>317</sup>, Elizabeth Hernández Domínguez<sup>317</sup> y  
Cid Ramón González González<sup>317\*</sup>

### Resumen

*Lactobacillus fermentum* ssp. (LF) es una cepa aislada del queso Chiapas con capacidad proteolítica y fermentativa. La presente investigación tiene como propósito el modelamiento de la cinética de crecimiento del LF en leche reconstituida cuyo objetivo principal es conocer el tiempo de duplicación del LF a nivel de laboratorio para así realizar un posterior escalamiento de esta serie de reacciones reproduciendo las condiciones de temperatura en la maduración del queso Chiapas. Para ello, se realizó la reactivación de las bacterias en medio MRS (De Man, Rogosa, Sharpe), llevamos a cabo la inoculación de los LF en leche reconstituida comercial enriquecida, se incubó a 30°C durante las primeras 7.5 horas donde llevamos a cabo la cinética de crecimiento microbiana de la cual también realizamos lecturas del pH; tiempo usado en la maduración del queso Chiapas. Se observó un desarrollo lento de acidez un descenso de 5 hasta 4.4 similar a la ocurrida durante el tiempo de reposo del cuajado del queso Chiapas, con un pH cercano a 4.0. Esto se correlaciona con la fase que inició a las 4 horas de la incubación, donde la velocidad específica de crecimiento fue de 1.058 h<sup>-1</sup>, mientras que el tiempo de duplicación para esta bacteria fue de 0.655 horas lo que es equivalente a que cada 39.30 minutos ocurre una división celular.

**Palabras clave:** fermentación, probióticos, parámetros de crecimiento

---

<sup>317</sup>Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. \*[cidgonzalez@itsacayucan.edu.mx](mailto:cidgonzalez@itsacayucan.edu.mx)



## Introducción

*Lactobacillus fermentum* spp. es una especie de bacteria Gram-positiva del género *Lactobacillus* se encuentra comúnmente en la fermentación de animales y plantas (Figura 1). Las especies de este género se utilizan para una amplia variedad de aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen la fermentación de alimentos y piensos. LF también puede ser un habitante normal del tracto intestinal humano y algunas cepas se han asociado con el metabolismo del colesterol. Un microorganismo se considera un probiótico al cumplir con ciertas características, como ser de origen humano, no patógeno, tener una alta resistencia al paso a través del intestino y ser beneficioso para el sistema inmunológico.



**Figura 1. *Lactobacillus fermentum*.**

En la actualidad los llamados alimentos funcionales han llamado el interés científico, porque además de nutrir y dar satisfacción sensorial, se ha descubierto que pueden ayudar a prevenir y tratar enfermedades crónicas degenerativas. La leche y sus derivados se han convertido en uno de los objetos de estudio como alimento funcional, debido a las propiedades de las proteínas lácteas, con alto valor nutritivo, funcional y biológico los cuales son atribuidos a los péptidos bioactivos codificados en las proteínas de la leche. El queso crema de Chiapas es conocido en la parte sur de México y reconocido por su sabor, textura y calidad, algunos de los rasgos sensoriales del queso crema de Chiapas que lo hacen distintivo es la apariencia húmeda y la percepción de acidez (Cortés, 2018). LF se aisló de la microbiota del



queso crema tipo Chiapas, puesto que, por su gran contenido de sal, propicia el desarrollo de microorganismos resistentes a elevadas cantidades de salinidad. La cinética de crecimiento celular se expresa mediante modelamientos matemáticos donde existe poca diferencia para enzimas y células; pues después de todo el metabolismo celular depende de la acción integrada de multitud de enzimas. Cuando se habla de crecimiento microbiano, se trata del aumento del número de células. La velocidad de crecimiento será mayor cuando todas las condiciones sean las óptimas por lo que cualquier alteración de esas condiciones se reflejará en la velocidad de crecimiento.

En base a todo lo anterior surge la idea con el propósito de modelar la cinética del crecimiento microbiano del LF en leche reconstituía las primeras 7 hrs, a 30°C, aproximado al tiempo de maduración de la cuaja del queso Chiapas, para así poder determinar del tiempo de duplicación y velocidad específica de crecimiento de este microorganismo con alto potencial proteolítico y la producción de péptidos bioactivos.

## **Materiales y métodos**

La realización práctica se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan, Veracruz durante en el mes de mayo del presente año.

**Preparación de reactivos.** El medio MRS (OXOID®) se preparó según especificaciones del fabricante, se esterilizó a 115°C por 15 minutos, se vació en placas y se almacenó a 5°C; la preparación del agua peptonada se realizó según indicaciones del fabricante, se esterilizó a 121°C durante 15 minutos y se almacenó a 5°C; para la reconstitución de la leche en polvo (Nido Nestle®) se pesaron 12 g, se aforó a un volumen de 100 mL, medir 10 mL de leche reconstituida, depositando en 4 tubos de ensayo cada uno con sus respectivas réplicas, se vació en un matraz la leche, 100 mL de leche reconstituida, esterilizadas a 115°C y se almacenó a 5°C.





**Cultivo bacteriano.** La activación de cultivos madre congelados (-70°C) y subcultivo se incubaron a 37°C entre 48 y 60 horas bajo condiciones anaeróbicas, rayando por la técnica de la hilada del cuadrante, para el sembrado en placas tomar una colonia de agar MRS subcultivo e inoculó en tubos de caldo MRS en condiciones anaeróbicas asépticas. Se incubó a 37°C de 18 a 24 horas aproximadamente bajo agitación continua. Se inoculó 1 mL del pre-cultivo en condiciones anaeróbicas a la leche reconstituida y se incubó a 30°C durante 7 horas; se tomó 1 mL de pre-cultivo del matraz y vació en un tubo de ensayo (uno para pH y otro para conteo de células). Se sirvieron los tubos Eppendorf con agua de peptona de diluciones seriadas previamente etiquetados (LFT<sub>0</sub>) y se realizaron las diluciones tomando 100 µL de leche con Lf + 900 µL de agua peptonada en baño maría a 72°C por 1 minuto. Se sembró en cada placa por cuadrante e incubó a 30°C por 48 h.

**Análisis de resultados.** Se tomó 2 mL de leche de cada cultivo durante las primeras 7.5 horas, y con la ayuda de un potenciómetro (HANNA HI4521) se realizó la lectura en un rango de 7 a 4 en la escala logarítmica; El resultado del número de colonias presentes en las placas fue realizado por el método de conteo en placa por diluciones seriales por cuadrante y por tiempo. El número de colonias se convirtieron a cfu/mL de acuerdo con la ecuación 1, se graficaron los resultados en excel para calcular la velocidad específica de crecimiento y el tiempo de duplicación siguiendo las ecuaciones 2 y 3, respectivamente.

Ecuación 2. Conversión de número de colonias viables a Log cfu/ml:

$$\text{Log cfu} * \text{mL}^{-1} = \log (C*FD)/A$$

Dónde: C = el número de colonias.

FD = factor de dilución (10x).

A = valor de la alícuota.

*Ecuación 2. Determinación de la velocidad de crecimiento de una reacción catalítica de primer orden en su forma linearizada y solo válida para la fase de crecimiento exponencial.*

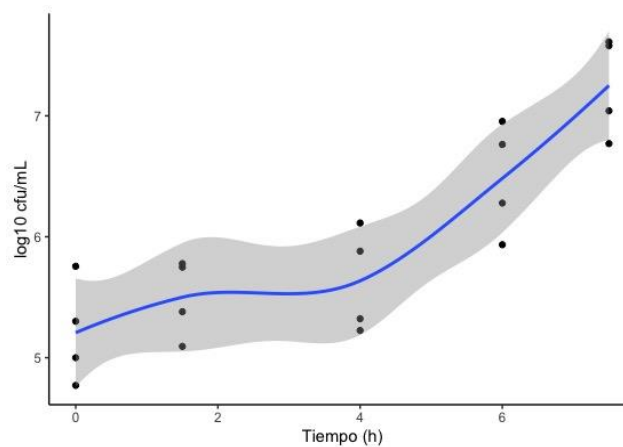
$$\ln X = \mu * t + \ln X_0$$

Dónde:  $\mu$  = velocidad específica de crecimiento =  $\mu_{\text{max}}$  = pendiente.



Ecuación 3. Determinación del tiempo de duplicación.

$$t_d = \ln 2 / \mu$$



**Figura 2. Curva de crecimiento celular de *Lactobacillus fermentum* en leche reconstituida durante las primeras 7.5 h que representa el  $\text{Log}_{10}$  (cfu/mL) contra el tiempo. El área sombreada corresponde a la desviación estándar de la regresión lineal (n=4).**

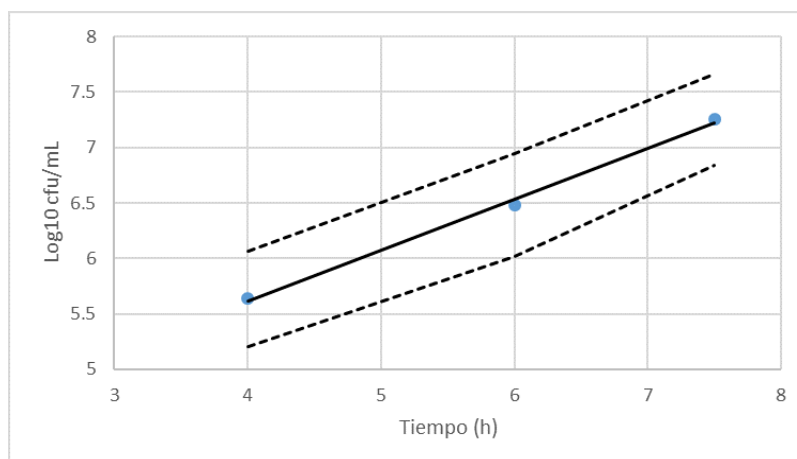
## Resultados y discusión

Una reacción de primer orden es una reacción cuya rapidez depende de la concentración de un reactivo elevada a la primera potencia con respecto del tiempo (Chang, 2010) y se obtiene graficando el  $\ln$  cfu contra el tiempo donde obtenemos una linealización en la cual podemos calcular la  $\mu$  (igual a la velocidad máxima de una reacción enzimática) y el  $t_d$ ; según el gráfico mostrado en la Figura 2 obtenida de nuestro modelamiento cinético microbiano del LF se pueden observar la fase de adaptación que va del tiempo 0 al tiempo 4 y la fase de crecimiento exponencial que va del tiempo 4 al tiempo 7.5; por lo tanto nos lleva a deducir que nuestra fase de crecimiento exponencial donde encontramos una linealización es una reacción de primer orden con pendiente cercana a 1.

En la fase de crecimiento exponencial se determinó la velocidad específica de crecimiento ( $\mu$ ) que es la fase donde se alcanza la velocidad máxima de crecimiento microbiano por lo tanto serán similares (Figura 3). La  $\mu$  calculada en base a la ecuación linealizada derivada de la ecuación de Monod en la fase de crecimiento

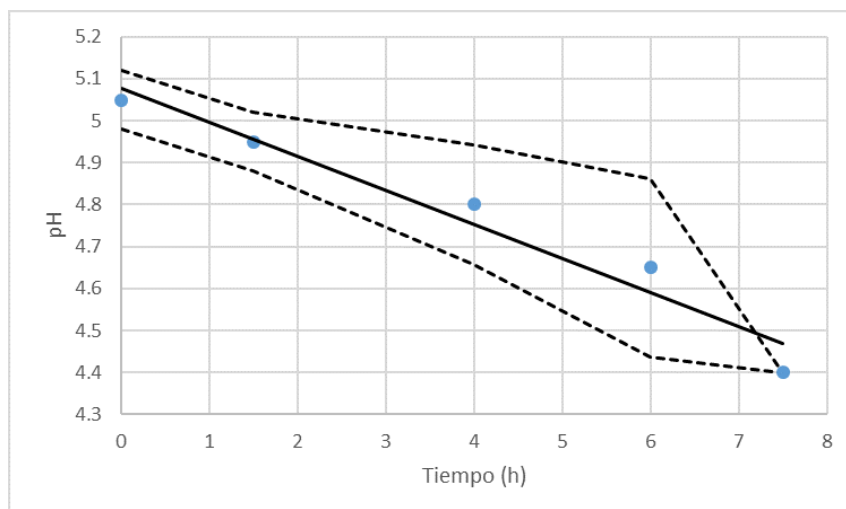


exponencial para el LF fue de  $1.058 \text{ h}^{-1}$ , mientras que el tiempo de duplicación para esta bacteria fue de 0.65 h lo que es equivalente a que cada 39.30 minutos ocurre una división celular.



**Figura 3. Linearización de la fase de crecimiento exponencial del LF, a partir de la cual se obtuvieron la  $\mu$  y el  $t_d$ . las líneas punteadas corresponde a la desviación estandar de la regresión lineal ( $n=4$ ).**

Según en reportes realizados anteriormente se ha encontrado que LF ME-3 tiene una tolerancia para sobrevivir a caídas de niveles de pH. Puede soportar una caída en los valores de 4.0 a 2.5 sin disminuir los números. Es por ello que la reducción del pH en la fermentación de la leche reconstituida en presencia de LF con respecto al tiempo, indica una buena respuesta del crecimiento microbiano debido a la actividad enzimática de las distintas enzimas, lo que nos conlleva a la formación de lactosa en ácido láctico como producto final de una serie de reacciones. Una vez hecha la inoculación se observó el descenso gradual del pH partiendo de pH 5 en el tiempo inicial de la inoculación hasta pH 4.4 a las 7.5 horas debido a la formación de ácido láctico a través de la glucólisis y la fermentación anaeróbica (Figura 4). Comparando los valores de pH de algunos autores con los resultados obtenidos, después de la fermentación con ácido láctico el pH se mantiene entre 4 y 5, confirmando que los LF que estamos cultivando efectivamente alcanzaron el microambiente en el que se encontraban originalmente antes de ser aislados del queso crema Chiapas.



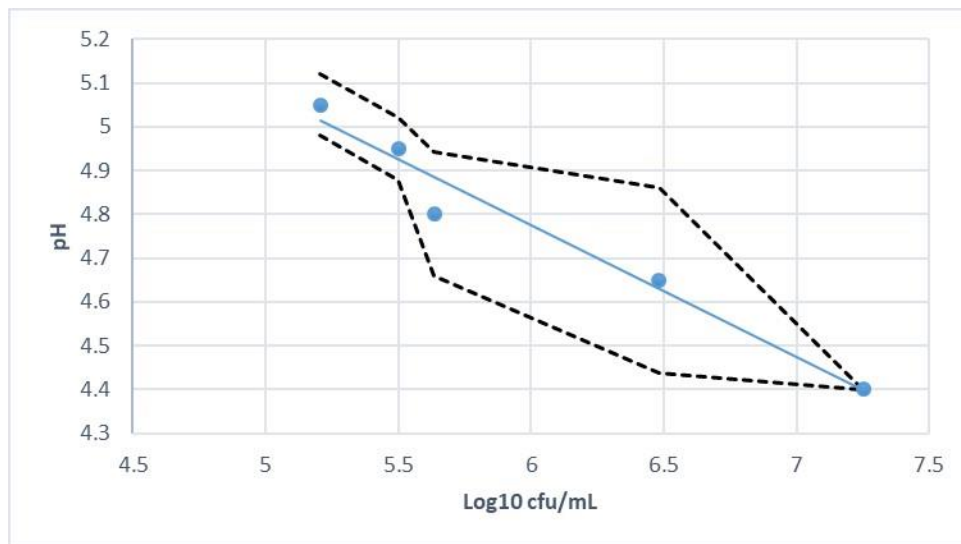
**Figura 4. Disminución del pH con respecto al tiempo de la fermentación ácido-láctica en presencia de LF las líneas punteadas corresponde a la desviación estandar de la regresión linear (n=4).**

La cinética de disminución de pH en el queso artesanal presenta un pH bajo. El pH bajo inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables y patógenos (Collins, 1977), que se han detectado en algunos quesos en Tabasco (Borbolla *et al.*, 2004). Un bajo pH lleva a la inhibición del grupo de coliformes, especialmente cuando hay otros mecanismos de estrés como son la reducción de la actividad de agua y la presencia de sal (Jay, 2000). La disminución del pH es consecuencia de la fermentación de lactosa en ácido láctico; lo cual además de reducir los riesgos de presencia de patógenos, tiene otros efectos como la gelificación de la leche, la sinéresis y la formación de sabor y aroma (Walstra *et al.*, 2001). El ácido que se produjo fue predominantemente ácido láctico, que además de aumentar la vida útil del producto, imparte un sabor ácido suave y agradable, que no domina sobre otros compuestos aromáticos y más bien realza el sabor (Pszczola, 2007). Los ácidos acético, propiónico y butírico concuerdan con el hecho de que las BAL producen predominantemente ácido láctico como resultado de la fermentación de carbohidratos simples como la glucosa y la lactosa (Holzapfel *et al.*, 2001). Este estudio presenta información acerca de que los lactobacilos son un grupo importante en la manufactura del queso crema tropical, tanto por su abundancia





en el producto como por la presencia de ácido láctico, que es resultado de su metabolismo de la lactosa (Coeuret *et al.*, 2003).



**Figura 5. Relación del descenso del pH en comparación con el aumento de células viables durante las 7.5 horas de la cinética abordada, las líneas punteadas corresponde a la desviación estándar de la regresión lineal (n=4).**

El descenso del pH con respecto al aumento en la concentración de células viables se muestra en la Figura 5, en ella podemos observar que el pH disminuyó de manera considerable y en la etapa de crecimiento exponencial tuvo un mayor descenso siendo el pH más bajo mientras mayor es en crecimiento bacteriano lo que confirma que si hay actividad catalítica, por lo que la disminución del pH está en función directa con el crecimiento exponencial de LF y estos a su vez con respecto del tiempo.

## Conclusiones

1. Las fases de la cinética microbiana del LF de una cepa que se aisló del queso tipo Chiapas y que logramos observar en la leche nido reconstituida fueron la fase de adaptación y la de crecimiento exponencial.



2. La acidez del fermentado fue parecido al pH registrado en queso crema Chiapas cercano a 4.0 lo que nos lleva comprobar que los valores de pH encontrados se debieron al crecimiento microbiano del *LF* con respecto del tiempo.
3. La síntesis de lactosa en ácido láctico se demostró al acidificarse la leche fermentada con respecto al tiempo lo que nos demostró la capacidad fermentativa esperada del *LF* aun a 30 °C.
4. Se observó que el pH está en función a la concentración de *LF* y estos a su vez en función del tiempo por lo que al acidificarse la leche hay aumento de bacterias mientras haya sustrato o los *LF* se encuentren en las condiciones óptimas de crecimiento.
5. El *LF* es un probiótico que ayuda al metabolismo de algunos nutrientes en el tracto digestivo y debido a las condiciones de su microambiente en cuanto al nivel de acidez encontrado se asemejan al tracto intestinal cuya actividad enzimática es parecida a las enzimas proteolíticas. Actualmente los *LF* aún no han sido estudiados por lo que hay poca información de comparación debido a la gran variedad de especies existentes de este género por lo que se espera continuar la investigación hacia la formulación de un producto benéfico para la salud digestiva, sobre todo por su capacidad proteolítica y la producción de compuestos bioactivos durante la fermentación láctica.

## Agradecimientos

Se agradece a todos los docentes que nos orientaron y facilitaron los materiales de laboratorio para que pudiéramos realizar nuestro proyecto; en especial al Dr. Cid Ramón González González quien nos impartió la materia Cinética química y biológica aportándonos sus conocimientos y a la Bióloga Yolanda Retama por facilitarnos su apoyo en el laboratorio de microbiología del ITS Acayucan para llevar a cabo la presente investigación.



## Literatura citada

- Borbolla E, P.M. Vidal, G.O. Piña, M.I. Ramírez y V.J. Vidal. 2004. Contaminación de los alimentos por *Vibrio cholerae*, coliformes fecales, *Salmonella*, hongos, levaduras y *Staphylococcus aureus* en Tabasco durante 2003. *Salud en Tabasco* 10: 221-232.
- Chang, C., K. Ho-Keun, H. Ji-Sun, K. Jung-Eun y I. Sin. 2010. Effect of probiotics on the development of experimental, *Open Access Journal* 7(12):1-5.
- Coeuret V, S. Dubernet, M. Bernardeau, M. Gueguen y J.P. Vernoux. 2003. Isolation, characterisation and identification of lactobacilli focusing mainly on cheeses and other dairy products. *Lait* 83: 269-306.
- Collins, EB. 1977. Influence of medium and temperature on end products and growth. *Journal of Dairy Science* 60: 799-804.
- Cortés, C. D.N. 2018. Identificación y caracterización de cepas altamente proteolíticas ácido lácticas aisladas del queso tipo Chiapas. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. Acayucan, Veracruz, Mexico. 61 p.
- Holzappel WH, P. Haberler, R. Geisen, J. Björkroth y U. Schillinger. 2001. Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition* 73: 365S-373S.
- Jay J. M. 2000. *Modern Food Microbiology*, 6th edition. An Aspen Publication, Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, USA. pp.720.
- Pszczola D. E. 2007. Meeting the acid test. *Food Technology* 5: 47-59.
- Walstra P, T.J. Geurts, A. Normen, A. Jellema y Van Boekel. 2001. *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Editorial Acribia S.A. España. 730p.



## BIOCONTROL DE *Pseudomonas* sp. MEDIANTE EL EMPLEO DE BACTERIÓFAGOS PROTEGIDOS ANTE LA RADIACIÓN UV BAJO INVERNADERO

Itzayana Alely Candelas Delgado<sup>318</sup>, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar<sup>318</sup>, Saúl Fraire Velázquez<sup>319</sup>, Clemente de Jesús García Ávila<sup>320</sup>, Edgar Oliver López Villegas<sup>321</sup> y Gabriel Rincón Enríquez<sup>318\*</sup>

### Resumen

*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (PspH) afecta al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) provocando el tizón de halo, originando pérdidas del 40% en la productividad. En la agricultura convencional para el control de bacterias fitopatógenas, se usan compuestos a base de cobre o antibióticos, sin embargo, estos químicos inducen resistencia o tolerancia en las bacterias, de ahí la importancia de implementar alternativas que impliquen control biológico y buscar técnicas de protección ante factores como luz solar (UV) y tratándose de bacterias, los bacteriófagos presentan capacidad bactericida y especificidad pero resultan ser vulnerables a factores como la radiación UV. El objetivo de este estudio fue evaluar métodos de protección a UV de bacteriófagos de PspH para el control biológico del tizón de halo en plantas de frijol a nivel de invernadero. Por tal motivo, se realizaron dos experimentos. 1) Evaluación de la actividad lítica del bacteriófago BF04 después de la exposición o no a luz solar contenidos en 3 formulaciones comerciales agrícolas por 6 y 12 h con 3 repeticiones cada uno. El segundo experimento bifactorial completamente al azar en invernadero fue el biocontrol de PspH 1448A (2 niveles: con y sin); bacteriófago BF04 (2 niveles: con y sin) y formulaciones (5 niveles), 20 tratamientos con 7 repeticiones, todos asperjados en plantas de frijol Negro San Luis. El bacteriófago

<sup>318</sup> Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. \* [grincon@ciatej.mx](mailto:grincon@ciatej.mx)

<sup>319</sup> Unidad Académica de Biología de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>320</sup> Centro Nacional de Referencia Fitosanitario, DGSV-SENASICA.

<sup>321</sup> Central de Instrumentación de Microscopía, Depto. Investigación. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN.





BF04 expuesto a luz solar (UV) presentó una disminución significativa de la concentración viral en sin importar la formulación donde se colocó al fago ( $P \leq 0.05$ , Tukey), es decir no se presentó fotoprotección por parte de las formulaciones. En el segundo experimento, diez días después de la inoculación en invernadero se evaluó hojas con síntomas típicos de la enfermedad. El tratamiento con solo el fago BF04 o aplicado en leche descremada, formulación ABF o con el antibiótico agrymicin presentaron menor grado de sintomatología ( $P \leq 0.05$ , Tukey) respecto al tratamiento sin bacteriófagos, BF04 presentó actividad similar al antibiótico. Estos resultados generan nuevas tecnologías de control biológico para enfermedades bacterianas y la prevalencia de bacteriófagos en planta en condiciones de campo.

**Palabras clave:** BF04, formulaciones, interacción planta patógeno, métodos de control biológico

## Introducción

Todas las especies de plantas tanto cultivadas como silvestres están expuestas a diferentes interacciones con microorganismos y en algunos casos, por suerte en menor proporción, se desarrolla la situación de enfermedad. Los agentes infecciosos que más destacan como patógenos en las plantas son los hongos seguido de bacterias y los nemátodos. En el caso de las bacterias fitopatógenas los géneros más comunes son *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*, de las cuales, las últimas tres son las de mayor presencia (Smits et al., 2010; Buell et al., 2003; da Silva et al., 2002). *Pseudomonas* spp. son bacterias Gram negativas de las que se derivan diferentes patovares (pv.) dependiendo su hospedero específico. En bacterias dentro del grupo de los 10 fitopatógenos con más relevancia científica y económica correspondiendo con los tres géneros antes mencionados, aparece en primer lugar *Pseudomonas syringae* y sus patovares (Mansfiel et al., 2012). Entre estos patovares se encuentra *P. syringae* pv. *phaseolicola* causante de la enfermedad llamada tizón del halo, presente



principalmente en cultivos de frijol de temporal. *P. syringae* pv. *phaseolicola* afecta a esta leguminosa dañando desde las hojas hasta las vainas; una cepa modelo de este patógeno es la 1448A (Beuzón y Ruiz, 2014; Murillo *et al.*, 2010).

En términos socioeconómicos, el frijol es de las principales leguminosas en México destacando el estado de Zacatecas con la mayor producción anual. La zona que más destaca es el noreste donde se siembran variedades de frijol Negro San Luis, Bayo, Flor de junio, Flor de mayo, Manzano, Canario, Bayo Blanco y Bayo Baranda (Prudencio *et al.*, 2008; Trujillo y Galindo, 2003) sobresaliendo por superficie cultivada y rendimiento la variedad Negro San Luis.

De modo natural, en la interacción planta-microorganismo muchos microorganismos resultan benéficos. Algunos hongos o bacterias ayudan inhibiendo patógenos e incluso promueven el crecimiento en la planta, sin embargo, desde los años 50´s los antibióticos han tomado un auge esencial en el control de enfermedades, ya que inhiben a los patógenos muy rápidamente. Una realidad con el uso de los pesticidas es que en la agricultura convencional se aplican de manera desmedida y esto ocasiona que los fitopatógenos en el eje del tiempo aparezcan cepas que van logrando resistencia a los antibióticos (García, 2001). Ante este panorama surge la necesidad de implementar herramientas de biocontrol; para el caso de bacterias una opción que se avizora con auge a futuro es el uso de los virus que las infectan y parasitan. Los bacteriófagos son partículas virales con cubierta proteica que tienen una capacidad específica para lisar bacterias y su supervivencia es posible casi en cualquier nicho ecológico. Se han descubierto aproximadamente 5500 bacteriófagos nombrados *Caudovirales* por tener cola en su estructura la cual le provee adhesión a su hospedero (Mendoza *et al.*, 2015). Sin embargo, existen factores ambientales deletéreos en la prevalencia de los bacteriófagos tales como el pH, la temperatura, la desecación, la lluvia y la irradiación UV de la luz solar, éste último parece ser el factor más dañino. Las relaciones entre una morfología del bacteriófago y sus habilidades de supervivencia pueden desempeñar un papel importante y causar resultados variables en las plantas tanto como en los fagos. Por ejemplo, cultivos de invernadero están en un entorno más estable, mientras que las plantas cultivadas en campo abierto están



más expuestas a las condiciones climáticas y estos factores varían entre ubicaciones geográficas; aunque es compleja la sensibilidad de los bacteriófagos a factores externos, ya que algunos sobreviven a la pasteurización (Iriarte *et al.*, 2007; Bull y Gill, 2014; Li *et al.*, 2015).

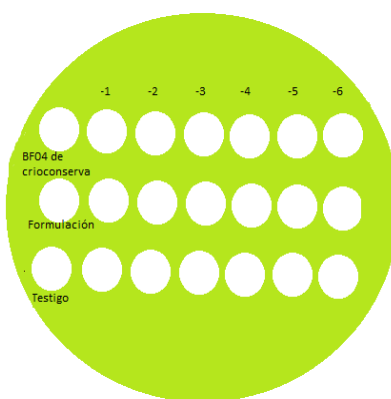
La apertura comercial de México ante el mundo y la vulnerabilidad para combatir y prevenir enfermedades en la agricultura hace tomar medidas inmediatas para conformar una estructura sólida de información y herramientas que sean accesibles sustentables y que no perjudiquen al ecosistema, como hoy en día se perjudica. Debido a que el cultivo de frijol se ve afectado continuamente por problemas de enfermedades entre las que destacan la antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthaibnum* y el tizón de halo causado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, la cual se transmite fácilmente por semilla y se disemina por la lluvia y el viento a partir de residuos de cosecha anterior contaminados prevaletentes en el suelo; se llevan a cabo malas prácticas culturales y la rotación de cultivos no son suficientes para abatir la enfermedad y el uso de agroquímicos particularmente bactericidas a base de antibióticos resultan ser costoso para los agricultores y contraproducente, ya que estos bactericidas provocan el desarrollo de resistencia en la especie de bacteria blanco. Bajo este escenario, surge la necesidad de la búsqueda de alternativas de control biológico contra este fitopatógeno que afecta al cultivo de frijol y establecer métodos efectivos de control. Una alternativa para estas nuevas medidas de biocontrol que no repercutan en el ambiente ecológico, es la utilización de bacteriófagos, parásitos obligados específicos de sus hospederos, las bacterias e inoocuos para el ser humano; esto por medio del uso de tecnologías innovadoras para su prevalencia ya que la capacidad de los bacteriófagos para sobrevivir en condiciones desfavorables está muy diversificada. Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar distintos métodos de fotoprotección de bacteriófagos de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* a luz solar y evaluar formulaciones de éstos para el control de la bacteria *P. syringae* pv. *phaseolicola* en frijol en condiciones de invernadero.



## Materiales y métodos

Las muestras de bacteriófagos fueron preparadas en medio KB adicionadas con formulaciones de las siguientes variantes para los experimentos: 1) fórmula comercial Altus Biofarma® (ABF); 2) fórmula leche descremada (LD); 3) fórmula con surfactante agroquímico INEX-A Cosmocel® (INEX); 4) Antibiótico comercial Agri-mycin 500® (Agry).

**Efecto de la luz solar sobre la actividad lítica de los bacteriófagos.** Se realizó un diseño experimental completamente al azar con dos factores: 1) Exposición a luz solar del bacteriófago BF04 (2 niveles: con y sin). 2) Formulaciones (3 niveles: Inex®, ABF® y sin formulación). Seis tratamientos fueron estudiados con tres repeticiones. La suspensión de bacteriófagos empleada fue  $8 \times 10^6$  UFP (Unidades Formadoras de Placa de lisis)/mL en un microtubo de 1.5 mL de pared transparente. Una unidad experimental consistió en una muestra de 1 mL de la mezcla del bacteriófago con una concentración estándar de la formulación agrícola. Las formulaciones aplicadas fueron: Altus Biofarma® e INEX-A Cosmocel® esterilizadas por filtración en membrana con poro de  $0.22 \mu\text{m}$ . El tratamiento con bacteriófagos sin formulación fue el tratamiento testigo. A las 6 y 12 h después de exposición de los fagos a la luz solar se determinó la actividad lítica por medio de diluciones seriadas en agua destilada estéril hasta  $10^{-6}$ , sobre un tapete bacteriano con la cepa 1448A de *P. syringae* pv. *phaseolicola* (Figura 1).



**Figura 5. Esquema de la dilución en caja Petri para determinar el efecto de la luz solar den los bacteriófagos BF04. Los números arriba indican las diluciones seriadas; los tratamientos son cada línea horizontal.**





Esta determinación se realizó en medio de cultivo sólido en doble capa con agar suave e incubado a 30°C durante 18 h.

Los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias Tukey a nivel de significancia del 5% con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint, 2005).



















**Biocontrol de *P. syringae* pv. *phaseolicola* en frijol con aspersión foliar de bacteriófagos en formulación en invernadero.** Se realizó un experimento completamente al azar con 20 tratamientos con 7 repeticiones como se aprecia en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Diseño de tratamientos factorial empleado para evaluar el control biológico con bacteriófagos para el agente causal del tizón de halo en plantas de frijol bajo condiciones de invernadero.**

Tratamiento	Factor bacteriófago	Factor bacteria	Factor formulación	Tratamiento control	
1	Con bacteriófago (BF)	Con bacteria (Psph)	Leche Descremada (LD)	<b>TRAT 5:</b> BF+Psph	
2			ABF		
3			INEX		
4			Antibiótico		
5			Sin formulación		
6		Sin bacteria	Leche Descremada (LD)		<b>TRAT 10:</b> BF
7			ABF		
8			INEX		
9			Antibiótico		
10			Sin formulación		
11	Sin bacteriófago	Con bacteria (Psph)	Leche Descremada (LD)	<b>TRAT 15:</b> Psph (plantas enfermas)	
12			ABF		
13			INEX		
14			Antibiótico		
15			Sin formulación		
16		Sin bacteria	Leche Descremada (LD)		<b>TRAT 20:</b> (planta sanas)
17			ABF		
18			INEX		
19			Antibiótico		
20			Sin formulación		



Las formulaciones se prepararon a la concentración recomendada y leche descremada (LD) se preparó al 10% con 2% de Altus Biofarma®, todas esterilizadas por filtración (0.22  $\mu\text{m}$ ) aforadas con agua destilada estéril a 200 mL. El bacteriófago fue ajustado a una concentración de  $1 \times 10^6$  UFP/mL. Se inoculó la cepa 1448A de *P. syringae* pv. *phaseolicola*, en hojas cotiledonarias de plantas de frijol 1 mL por el haz y 1 mL por el envés por aspersion a una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC/mL. 24 h después se realizó de la misma manera la aspersion de las suspensiones de bacteriófagos con las formulaciones. Las plantas fueron mantenidas en invernadero y se evaluó cada 24 h durante diez días la aparición de los síntomas aplicando una escala de severidad de la enfermedad de 6 niveles (Figura 2). Cumplidos los 10 días después de la inoculación de la bacteria fitopatogena se evaluaron hojas con síntomas. El experimento fue realizado a nivel de invernadero.

Hoja de los cotiledones	Hoja trifoliada	Descripción	Valor en una escala cualitativa ordinal	
		Sana (no inoculada con 1448A)	0	
		Halo: manchas cloróticas o necróticas muy pequeñas	1	
		Manchas cloróticas con necrosis en el centro	2	
		Punto necrótico más grande pero aún se distingue el halo	3	
		Necrosis extendida	4	
		Puntos necróticos unidos a otros	5	

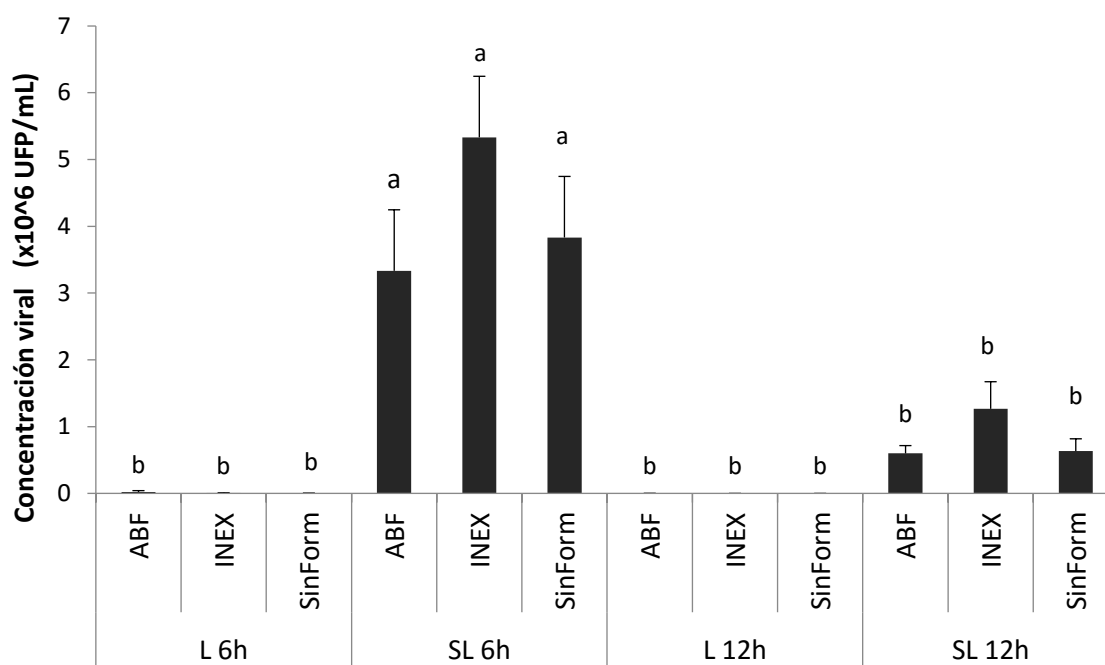
**Figura 6. Escala no paramétrica para cuantificar síntomas del tizón de halo en plantas de frijol bajo condiciones de invernadero.**



## Resultados y discusión

### Fotoprotección del bacteriófago BF04 ante la exposición a luz solar

En el estudio de la luz solar sobre la prevalencia funcional del bacteriófago BF04, se observa que hay un efecto deletéreo en la concentración de BF04 aún con formulación (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) desde las primeras 6 h de exposición directa, con pérdidas de hasta un 90% aproximadamente. Mientras que a las 12 h el bacteriófago no muestra prevalencia y capacidad lítica en los tratamientos evaluados. Sin embargo, sin exposición directa a la luz solar, la concentración viral se mantiene aún a las 12 horas con y sin formulación, por lo que el efecto sin luz directa es menor ya que sólo disminuye la concentración, pero no la viabilidad (Figura 3).



**Figura 7. Efecto de la luz solar sobre la actividad lítica de los bacteriófagos bajo condiciones *in vitro*. L=Luz Solar, SL=Sin Luz Solar. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar;  $n=3$ .**

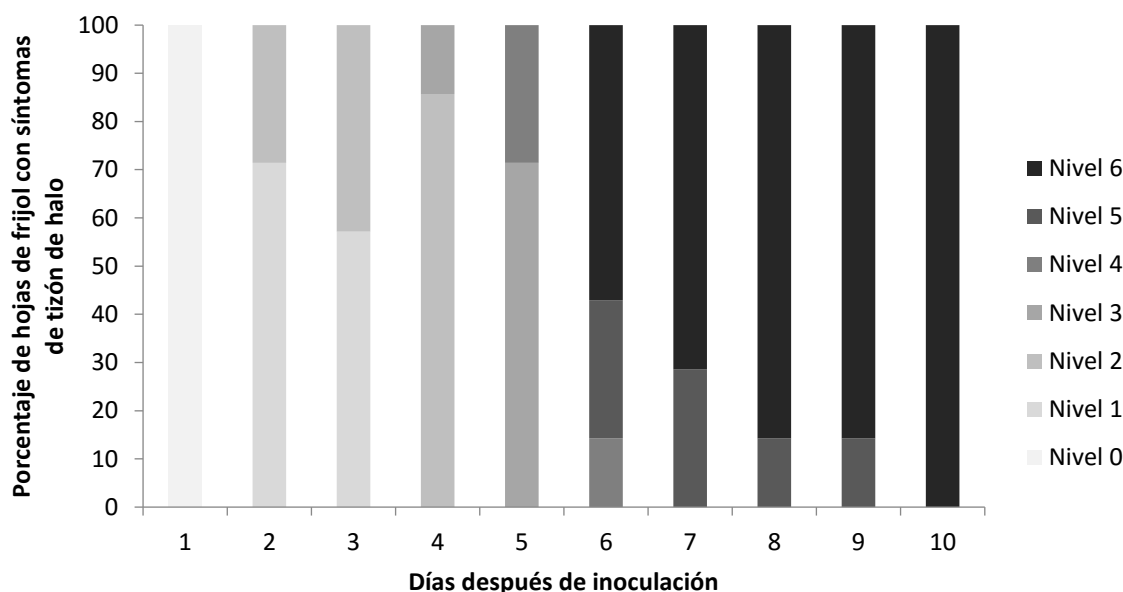
El análisis de varianza no arroja diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ , Tukey) entre los tratamientos que incluyen formulación comercial respecto a su control (sin formulación) en cualquiera de los tiempos de exposición (Figura 3), esto quiere decir



que no existe fotoprotección de la formulación hacia el bacteriófago ya que pierde su viabilidad lítica al ser expuesto a luz directa, por otro lado, los tratamientos sin luz solar, a pesar de tener una disminución en su concentración, su actividad lítica prevaleció; es decir, haciendo una prueba de comparación múltiple de medias para el factor exposición del bacteriófago, el factor sin luz directa a las 6 horas, muestra una diferencia significativa en comparación con los diferentes tratamientos a los dos tiempos de muestreo. Estos resultados obtenidos concuerdan con los reportados por (Iriarte *et al.*, 2007) en donde observó que la luz ultravioleta tiene un impacto negativo en la sobrevivencia de los bacteriófagos mantenidos con formulación o sin formulación.

### Biocontrol de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* mediante bacteriófagos en frijol bajo invernadero

El desarrollo de la enfermedad a los 10 días post-inoculación realizada por aspersión, se presentaron los primeros síntomas a partir del día tres al día seis con un 57% de hojas con un grado de enfermedad en nivel 6 y el resto con niveles de 4 (14%) y 5 (29%) (Figura 4).

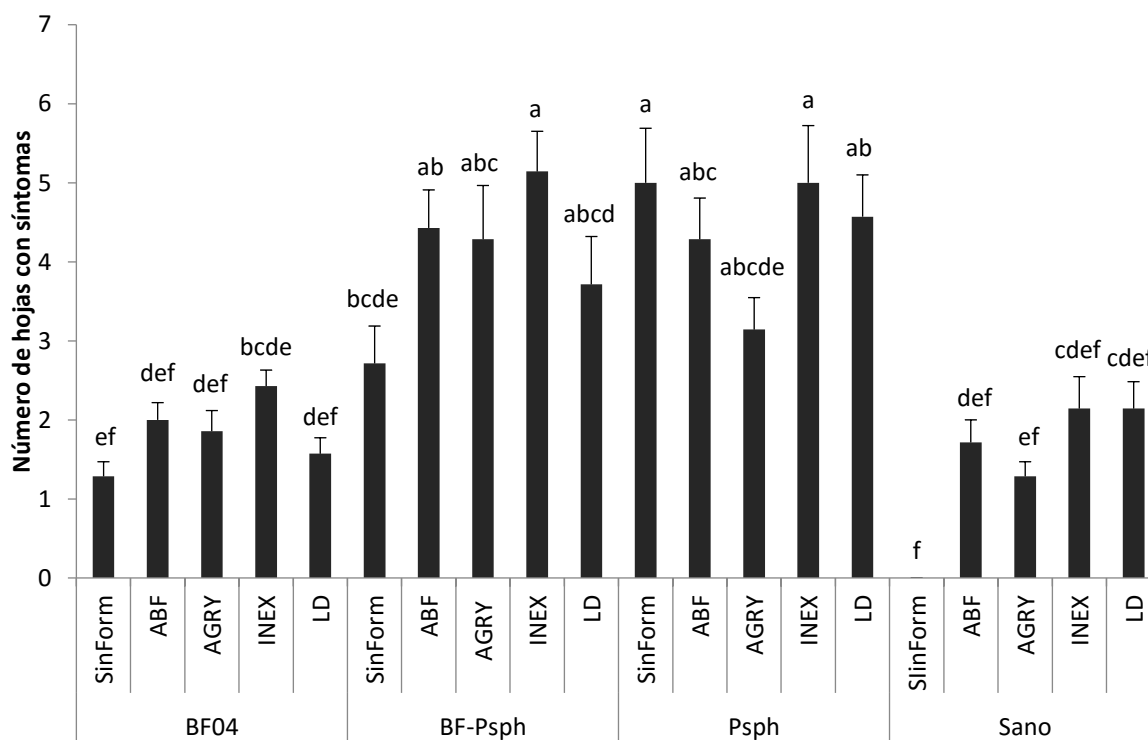


**Figura 4. Progresión de la sintomatología del tizón de halo provocado por la cepa 1448A de *P. syringae* pv. *phaseolicola* en plantas de frijol variedad Negro San Luis. Basada en la escala ordinal de síntomas de la Figura 2.**





Con estos datos se puede decir que efectivamente la cepa 1448A de *P. syringae* pv. *phaseolicola* resulta virulenta como ha sido reportado por (Mendoza *et al.*, 2015). Para los síntomas del tizón del halo de acuerdo con las aspersiones (bacteria cepa 1448A de *P. syringae* pv. *phaseolicola*, el bacteriófago BF04 y bacteriófago en formulaciones) en planta de frijol bajo invernadero, tomando en cuenta los valores de la escala cualitativa ordinal de la enfermedad (Figura 2), se observó que los tratamientos BF04 sin formulación, BF04 Leche descremada, seguido de BF04 Altus Biofarma® presentaron una disminución de los síntomas provocados por la cepa 1448A de PspH puesto que las plantas con bacteria tratadas con estas formulaciones mostraron menor grado de enfermedad respecto a su control y una similitud de apariencia con plantas sanas. Los resultados antes mencionados se corroboraron con un análisis ANOVA donde se obtuvo una diferencia significativa entre el tratamiento con bacteriófago sin formulación respecto al control PspH (Figura 5).



**Figura 5. Control biológico del tizón de halo por medio de bacteriófagos (BF04) en plantas e frijol de la variedad negro San Luis bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar;  $n=7$ .**



De acuerdo a la disminución de la sintomatología, resulta que el bacteriófago BF04 es más efectivo por sí solo que en combinación con alguna formulación incluso tiene un efecto parecido o igual al antibiótico Agry, sin embargo, respecto a las formulaciones a base de bacteriófagos, el mejor tratamiento fue BF04 con leche descremada ya que fue capaz de reducir la enfermedad con menos hojas enfermas que los demás tratamientos formulados. Tomando en cuenta la formulación leche descremada, dichos resultados coinciden con lo reportado por Iriarte *et al.* (2007) en cuanto a la eficacia de la leche descremada para la protección hacia el bacteriófago ante una exposición ambiental o para actuar en contra de un patógeno y con Balogh *et al.* (2003) que también evaluaron formulaciones en follaje para la reducción de la enfermedad del tomate en el cual incluía leche descremada y obtuvo resultados similares al del presente trabajo, donde, de la misma manera redujo la gravedad de la enfermedad aumentando la prevalencia del bacteriófago en el follaje.

Ahora si se analiza la actividad del antibiótico en conjunto con la bacteria se puede resumir que el tratamiento con Agri-mycin 500® presentó 37% menos hojas con síntomas ( $P \leq 0.05$ , Tukey) en comparación con el tratamiento solo con la cepa 1448A de *Psph* (tratamiento enfermo); cabe resaltar que los componentes principales de Agry son estreptomicina y oxitetraciclina, por lo que la acción del antibiótico se manifiesta y concuerda con el de Villalobos *et al.* (2008) en donde evaluó cuatro productos con efecto bactericida bajo invernadero y entre ellos los antibióticos estreptomicina y oxitetraciclina siendo este último el que mayor resultado tuvo en cuanto a la disminución de una cepa de *Erwinia* en experimentación aislada de bulbos de ajo al igual que lo reportado por Sirpa y Zenovio (2001) que los antibióticos tienen la capacidad de inhibir la bacteria patógena en este caso que la estreptomicina es una de las más efectivas para el control de enfermedades. Los bacteriófagos por si solos redujeron la incidencia de síntomas a niveles iguales o menores que los obtenidos mediante el uso del antibiótico por lo tanto se propone que BF04 lleva a cabo una actividad similar a la de un antibiótico agrícola, al ser igual de efectivo en planta en comparación con el control sano.



## Conclusiones

1. El bacteriófago BF04 no fue fotoprotegido a luz solar mediante las formulaciones evaluadas, dado que la luz directa causó una disminución cercana al 100% en la capacidad infectiva y lítica.
2. El bacteriófago BF04 mostró un efecto en el control biológico del tizón de halo y puede considerarse como un agente de control biológico por su especificidad pues no daña el medio en donde se desarrolla, incluso aun aplicándose sin alguna formulación, el bacteriófago logra reducir la enfermedad igual o más que un antibiótico.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ. IACD agradece a CONACyT por la beca de estudios de maestría y a los Drs. E. E. Quiñones Aguilar y S. Fraire Velázquez por su tiempo para participar como codirectores de este trabajo de tesis de maestría.

## Literatura citada

- Balogh, B., J. B. Jones, M. T. Momol, S. M. Olson, A. Obradovic, P. King, *et al.*, 2003. Improved efficacy of newly formulated bacteriophages for management of bacterial spot on tomato. *Plant disease* 87(8): 949-954.
- Beuzón, C. R. and J. Ruiz-Albert. 2014. Sistema de secreción tipo III en la interacción de *Pseudomonas syringae* con la planta. *Microbiología Molecular*. Instituto de Hortofruticultura subtropical y mediterránea "La Myora". Universidad de Málaga. Málaga. 58: 130-132 p.



- Buell, C. R., V. Joardar, M. Lindeberg, J. Selengut, I. T. Paulsen, M. L. Gwinn, *et al.*, 2003. The complete genome sequence of the Arabidopsis and tomato pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(18): 10181-10186.
- Bull, J. J. y J. J. Gill. 2014. The habits of highly effective phages: population dynamics as a framework for identifying therapeutic phages. *Frontiers in Microbiology* 5: 618.
- da Silva, A. R., J. A. Ferro, F. D. C. Reinach, C. S. Farah, L. R. Furlan, R. B. Quaggio *et al.*, 2002. Comparison of the genomes of two *Xanthomonas* pathogens with differing host specificities. *Nature* 417(6887): 459.
- García, F. 2001. Resistencia bacteriana a antibióticos. *Acta Médica Costarricense* 43(3): 101-102.
- Iriarte, F. B., B. Balogh, M. T. Momol, L. M. Smith, M. Wilson y J. B. Jones. 2007. Factors affecting survival of bacteriophage on tomato leaf surfaces. *Applied and Environmental Microbiology* 73(6): 1704-1711.
- Li, J. y J. J. Dennehy. 2015. Differential bacteriophage mortality on exposure to copper. *Applied and Environmental Microbiology* 77(19): 6878-6883.
- Mendoza, R., E. Quiñones y G. Rincón. 2015. Uso de bacteriófagos como agentes de control biológico del tizón de halo del frijol causado por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco, México. 66p.
- Murillo, J., L. Bardaji y E. Führer. 2010. La grasa de las judías, causada por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal* (224): 27-31.
- Trujillo, H. P. y G. G. González. 2003. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *Terra Latinoamericana* 21(1): 137-147.
- Prudencio, J.S., M. Navarrete M., R. Navarrete M., y J. A. Acosta G. 2008. Dinámica de los tizones común y de halo del frijol en el Valle de México. *Agricultura técnica en México* 34(2): 201-212.
- Sirpa, C., y J. Zenobio. 2001. Uso de antibióticos para el control de bacterias en la micropropagación de banano (*Musa* sp.) en cultivo (No. CIDAB-T-SB379. B2-S5u). Tesis Tecnológico Agropecuario Caquiaviri. La Paz, Bolivia. 69 p.





- Smits, T. H., F. Rezzonico, T. Kamber, J. Blom, A. Goesmann, J. E. Frey, *et al.*, 2010. Complete genome sequence of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* CFBP 1430 and comparison to other *Erwinia* spp. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 23(4): 384-393.
- StatPoint Inc. 2005. StatGraphics Centurion XV (computer program) version 15.02.06. Warrenton, Virginia. USA.
- Villalobos, C. M. B., O. A. M. Jaime, y J. J. Torres. 2008. Control químico de *Erwinia* sp, causante de pudrición en bulbos de ajo almacenado. [respyn2.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A021.pdf](http://respyn2.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A021.pdf) [consultado 13 de Julio 2019].



## ESTUDIO DEL POTENCIAL ANTIMICROBIANO DE PLANTAS DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ

Julio Alfonso Armenta Barrios<sup>322\*</sup>, Jocabel Extocapan Molina<sup>1</sup>, Maricela Ávila Soto<sup>1</sup> y  
Arturo Cabrera Hernández<sup>2323</sup>

### Resumen

La zona norte del estado de Veracruz cuenta con una gran diversidad de especies vegetales, la mayoría de las cuales son endémicas de esta zona. Este trabajo contempla el estudio fitoquímico de 30 plantas de esta región, a las cuales los habitantes de esta zona les han atribuido fuertes propiedades medicinales a lo largo del tiempo, para esto se probaron extractos etanólicos de éstas plantas contra distintos tipos de bacterias patógenas al ser humano, con el fin de evaluar su actividad antimicrobiana. Este análisis se realizó en 3 partes, una de difusión (cualitativa) y dos de dilución (cuantitativa), en la primer parte se utilizó la prueba de difusión en disco, en la cual se realizó un tamizaje inicial acerca de cuáles extractos poseen o no actividad antimicrobiana contra 6 bacterias de importancia sanitaria (*Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*), utilizando como control un antibiótico de amplio espectro (cloranfenicol). En la segunda parte, se utilizó la prueba de dilución en microplaca, en la cual se utilizaron placas de teflón con pocillos perforados, en las cuales se les añadieron diluciones seriadas de los extractos etanólicos de las plantas que presentaron inhibición en la prueba anterior, esto con el fin de obtener la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de los extractos evaluados, así como también descartar la presencia de falsos positivos en las muestras. En la parte final, se utilizó la técnica de dilución en tubo, en la cual se realizaron cinéticas de crecimiento microbiano utilizaron las CMI de los extractos

<sup>322</sup> Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. e-mail: [jaab2311@gmail.com](mailto:jaab2311@gmail.com)

<sup>323</sup> Instituto Tecnológico Superior de Misantla.



etanólicos obtenidos en la prueba anterior, con el fin de observar el efecto de éstos en el crecimiento bacteriano (bactericida o bacteriostático) De estas pruebas se obtuvieron 3 plantas (*Picramnia antidesma*, *Hampea Nutricia* y *Gouania Lupuloides*) las cuales presentaron actividad bacteriostática frente a las bacterias evaluadas.

**Palabras clave:** fitoquímica, microbiológico, extractos, antagonismo

## Introducción

El término medicina natural, es usado generalmente para indicar una práctica o terapia de intención curativa, utilizando cualquier tipo de medicina alternativa o complementaria, así como remedios tradicionales o no industriales, los cuales tienen su base en el uso de las plantas como principal recurso medicinal. Actualmente, existe una fuerte tendencia del mercado a dirigirse a productos de origen natural, por ello las plantas van adquiriendo día con día un papel cada vez más importante en el ámbito de la salud humana, y la ciencia toma cada día más en serio la aplicación de la medicina natural contra las enfermedades que afectan al ser humano, incorporando cada día más la botánica a la medicina moderna. El primer paso para el estudio riguroso de las propiedades atribuidas a alguna especie de planta, es la búsqueda de actividad antimicrobiana en extractos sin fraccionar. A partir de este tamizaje inicial, estudios biodirigidos definirán cuál o cuáles componentes son los responsables de tal actividad.

La región norte del estado de Veracruz cuenta con una vasta riqueza natural, y de vegetación, la cual con el paso del tiempo se le han atribuido diversos usos y aplicaciones con fines farmacológicos por los habitantes de este lugar, lo que ha impulsado el conocimiento medico alternativo, para el cuidado de la salud con productos naturales. Por lo anterior es necesario validar mediante estudios de laboratorio su eficacia, y a partir de ello realizar estudios fitoquímicos los cuales puedan servir para la obtención de moléculas con actividad biológica.



Como parte inicial de un proyecto de tamizaje fitoquímico, en el presente trabajo, se realizó la evaluación de 30 plantas endémicas de la región norte del estado de Veracruz, las cuales fueron recolectadas teniendo en cuenta las propiedades medicinales que los lugareños le atribuyen a estas, y en algunos casos, por selección al azar. Para poder comprobar si estas plantas presentan actividad antimicrobiana, se obtuvieron sus extractos etanólicos, los cuales se probaron sobre 8 especies bacterianas utilizando un método de difusión para realizar una selección preliminar de estas plantas, y dos métodos de dilución para corroborar su actividad antibacteriana. Lo anterior con la finalidad de probar científicamente las propiedades atribuidas a estas plantas, así como también aportar información relevante acerca del uso de éstas en la medicina tradicional de la región.

Para esto se realizó la colecta de plantas tradicionalmente utilizadas en la región, se identificaron y clasificaron, procediendo a su posterior deshidratación y obtención de los extractos etanólicos para determinar de manera cualitativa la actividad antimicrobiana de cada planta colectada contra un stock de patógenos seleccionados por medio de la técnica de difusión en disco, seguidamente se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de los extractos seleccionados mediante la técnica de microplaca, de las fracciones que presentaron actividad positiva, se procedió a un análisis comparativo de la CMI de los extractos evaluados mediante la técnica de crecimiento en tubo.

## **Materiales y métodos**

**Colecta del material Vegetal.** La colecta de material vegetal se llevó a cabo en la zona norte del estado de Veracruz, en la región del Totonacapan. Se recolectó aproximadamente 1 kg de muestra de cada planta a evaluar, de estos un ejemplar de cada planta recolectada se conservó para depositarlo y clasificarlo en el herbario XAL ubicado dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Ecología en la ciudad de Xalapa, Veracruz.





**Obtención de extractos etanólicos.** Para la obtención de extractos etanólicos se cortaron y trituraron las plantas deshidratadas con ayuda de un molino de mano. Las muestras secas y trituradas se pesaron y depositaron en frascos de cristal de 300 mL con tapa de goma, añadiéndoles etanol hasta que el líquido cubrió por completo la muestra. Los frascos se colocaron en maceración durante 3 semanas en ausencia de luz y a temperatura ambiente, para evitar la degradación del extracto, con agitación ocasional cada dos días, después de transcurrir las 3 semanas de la maceración, los extractos se transfirieron a frascos de plástico de 50 mL y se colocaron en una estufa de secado con vacío a 37°C hasta disminuir el volumen total a 10 ml, obteniendo de esta manera el extracto concentrado calculando su concentración en  $\mu\text{g/ml}$ , el cual representa la cantidad de cada extracto vegetal expresado en  $\mu\text{g}$  por cada mL de solución.

**Evaluación cualitativa de actividad microbiana (Método de difusión en disco).** Se obtuvieron 6 cepas (*E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *B. Megaterium*, *B. subtilis*, *S. aureus* y *S. epidermidis*) donadas de la colección del cepario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) provenientes de la colección ATCC (American Type Culture Collection), las cuales fueron sembradas en tubos inclinados con caldo nutritivo estándar I para su crecimiento.

Para evaluar la actividad antimicrobiana cualitativa se realizó el método de difusión en disco en el cual se prepararon cajas con agar nutritivo estándar I por cada extracto y cepa a evaluar (por triplicado), se tomó con ayuda de una micropipeta 200  $\mu\text{l}$  de cada suspensión bacteriana y se depositó sobre la superficie de la placa petri con agar, se esparció la suspensión bacteriana por toda la superficie de la placa con ayuda de un espreador de cristal estéril y se incubó a 37°C por 2 horas con la finalidad de activar la formación de un césped bacteriano en cada placa, seguidamente se impregnaron discos de papel filtro Whatman® de 1 cm de diámetro con 14  $\mu\text{l}$  de cada extracto vegetal bajo condiciones estériles y se colocaron 3 discos con el mismo extracto, en forma triangular sobre la superficie del agar, se incubaron las placas con los discos de forma invertida en una estufa de secado a una temperatura de 37°C por 24 horas, realizando paralelamente los controles



adecuados, empleando como control positivo (+) discos bañados en antibiótico cloranfenicol, y como control negativo (-) discos bañados con etanol para descartar efectos debidos al solvente empleado, se examinó cada placa después de la incubación, y se seleccionaron aquellos extractos que presentaron algún halo de inhibición.

### **Evaluación cuantitativa de actividad microbiana (Método de dilución en microplaca).**

Para evaluar la actividad antimicrobiana cuantitativa se utilizó el método de dilución en micro placa, para ello se esterilizaron placas de teflón de 20 pocillos a temperatura de 120°C y una presión de 103.45 kPa durante 15 minutos, se adicionaron 50 µl de cada uno de los extractos etanólicos y se evaporaron a 37°C por 24 horas, con el fin de eliminar la mayor cantidad de etanol posible, se disolvió el extracto con dimetilsulfóxido, y se añadieron 250 µl de agar nutritivo a cada pocillo, adicionalmente, se emplearon etanol como control negativo (-), cloranfenicol como control positivo (+) y dimetilsulfoxido como control cero. Se tomaron 15 µl de stock bacteriano y se depositaron en la parte central de cada uno de los pocillos, se incubó por 24 horas y se evaluó la inhibición obtenida en cada uno de los pocillos.

### **Ensayo comparativo de CMI (Método de macrodilución en tubo).**

Se realizó una segunda evaluación cuantitativa por el método de macrodilución en tubo, para ello se seleccionaron colonias individuales de una placa con crecimiento bacteriano reciente, y se inocularon en un tubo con 10 mL de caldo nutritivo estéril, se incubó a temperatura ambiente con agitación mecánica hasta alcanzar una absorbancia de 0.4 a 600 nm, posteriormente se prepararon 8 tubos con 2 mL de caldo nutritivo estéril a los cuales se les adicionó volúmenes crecientes del extracto a evaluar (0 µl, 25 µl, 50 µl, 100 µl y 200 µl) a fin de encontrar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), adicionalmente, se empleó etanol como control negativo (-), cloranfenicol como control positivo (+) y dimetilsulfoxido como control cero. Se colocaron 10 µl de bacteria activada a cada uno de los tubos, se incubó a temperatura ambiente con agitación mecánica y se leyó la densidad óptica de cada tubo a 600 nm a intervalos de 2 h. Se considera la CMI como la concentración de extracto que inhibe el



crecimiento bacteriano durante la fase estacionaria. Se considera efecto bactericida si la inhibición del crecimiento bacteriano subsiste por más de 24 horas, mientras que el efecto será bacteriostático cuando la inhibición del crecimiento bacteriano se revierte.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de inhibición por el método de difusión en disco, de los extractos etanólicos obtenidos frente a 6 microorganismos de importancia fitosanitaria. La aplicación de esta técnica dio como resultado la visualización de halos de inhibición que se indican con una cruz aquellos que dieron un diámetro de inhibición bajo ( $< 1$  mm), con dos cruces las que presentaron inhibición intermedia ( $1 \text{ mm} < \text{halo de inhibición} > 2 \text{ mm}$ ), mientras que con tres cruces se presentan aquellos halos que tuvieron gran actividad antibacteriana ( $> 2$  mm), se incluyó un control negativo el cual constaba de discos impregnados con etanol, para descartar al solvente como agente causante de la formación de los halos y un control positivo con cloranfenicol, un antibiótico de amplio espectro, ambos controles fueron añadidos a la misma concentración que los extractos analizados.

A partir de éste primer tamizado se aplicó la metodología de dilución en microplaca, la cual además de ser más reproducible permite un mayor control de las concentraciones evaluadas, lo cual permite establecer los valores de la concentración mínima inhibitoria (CMI), la cual se define como la concentración más baja de un antimicrobiano que inhibe el crecimiento visible de un microorganismo después de su incubación. Cabe señalar que solo se evaluaron aquellos extractos que dieron positivo en el ensayo en disco y aquellos en que se tenía incertidumbre en el resultado. En el Cuadro 2 se resumen los resultados obtenidos en estos ensayos, donde se presentan las CMI presentadas en  $\mu\text{g/ml}$  de los extractos evaluados frente a cepas utilizadas en este estudio.


**Cuadro 1. Grado de inhibición obtenida por el método de difusión en disco de extractos etanólicos contra bacterias enteropatógenas.**

Extracto Etanólico	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. megaterium</i>
<i>Parathesis melanosticta</i>	-	++	-	-	-	-
<i>Belotia Mexicana</i>	-	++	-	-	+	+
<i>Odontonema cuspidatum</i>	-	++	-	-	-	-
<i>Xiphidium caeruleum</i>	-	-	++	-	-	-
<i>Picramnia antidesma</i>	+++	-	+++	+++	++	+
<i>Psychotria trichotoma</i>	-	-	++	-	-	-
<i>Smilax mollis</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Hampea nutricia</i>	+	-	+	+	-	-
<i>Juanulloa Mexicana</i>	++	-	-	-	-	-
<i>Calliandra houstoniana</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Mimosa alvida</i>	-	-	++	-	+	-
<i>Bidens ferulifolia</i>	-	-	+	-	++	-
<i>Jacquinia macrocarpa</i>	+	++	+++	+	+	+++
<i>Gouania lupuloides</i>	-	+	+++	-	+	-
<i>Aphelandra deppeana</i>	-	+	+	-	-	+

**Cuadro 2. Cálculo de CMI realizada por el método de dilución en microplaca.**

Extracto Etanólico	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. megaterium</i>
<i>Picramnia antidesma</i>	1.5 µg/ml	-	1.5 µg/ml	1.5 µg/ml	2 µg/ml	2.5 µg/ml
<i>Hampea nutricia</i>	2.5 µg/ml	-	2.5 µg/ml	2.5 µg/ml	-	-
<i>Gouania lupuloides</i>	2.5 µg/ml	2 µg/ml	1.5 µg/ml	2.5 µg/ml	2.5 µg/ml	1.5 µg/ml
<i>Jacquinia macrocarpa</i>	-	2.5 µg/ml	1.5 µg/ml	-	2.5 µg/ml	-

Con el objetivo de analizar el efecto de inhibición de los extractos en detalle se aplicó la técnica de dilución en medio líquido, la cual nos permitirá corroborar los resultados obtenidos ahora en función del tiempo y dar una determinación más precisa de la MIC, además de discriminar entre efecto bactericida y bacteriostático. En el Cuadro 3 se resumen los resultados para estos ensayos, donde se presentan las concentraciones mínimas para los extractos evaluados frente a las cepas utilizadas en este estudio. Las CMI se reportan en µg/ml y se especifica si el comportamiento fue bactericida o bacteriostático.




**Cuadro 3. Resultados de las cinéticas de crecimiento realizadas por el método de dilución en tubo.**

Extracto Etanólico	<i>S. epidermidis</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. megaterium</i>
<i>Picramnia antidesma</i>	0.61 µg/ml	-	2.27 µg/ml	1.19 µg/ml	0.61 µg/ml	-
<i>Hampea nutricia</i>	Bacteriostático		Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático	
<i>Gouania lupuloides</i>	2.45 µg/ml	0.65 µg/ml	0.65 µg/ml	0.65 µg/ml	1.28 µg/ml	1.28 µg/ml
	Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático
	1.21 µg/ml	1.21 µg/ml		1.21 µg/ml	0.62 µg/ml	2.31 µg/ml
	Bacteriostático	Bacteriostático		Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático

Durante la realización del presente trabajo se aplicaron tres metodologías. La primera, ensayo en disco, nos dio una visión preliminar del potencial antimicrobiano de las plantas evaluadas, sin embargo, esta metodología es solo cualitativa. A fin de evaluar en forma cuantitativa el potencial antimicrobiano determinando la CMI, se aplicaron dos métodos de dilución: la técnica de dilución en microplaca, la cual nos dio valores iniciales de la CMI de los extractos evaluados, y la técnica de dilución en tubo, la cual se utilizó para dar un seguimiento en función del tiempo de los efectos antimicrobianos y corroborar estos resultados, así como discriminar efectos bactericidas de bacteriostáticos.

Del primer tamizaje realizado con la técnica de difusión en agar se encontró que solo el 50% de los extractos evaluados tuvieron cierta actividad antimicrobiana contra las bacterias evaluadas; el 17% presentaron inhibición baja; el 23% presentaron inhibición media y solo el 10% presentaron inhibición alta. Con el fin de encontrar la CMI de estos extractos, así como descartar falsos positivos del primer tamizaje, se realizó una segunda prueba, utilizando el método de dilución en microplaca. Estos resultados muestran que solo 4 plantas (12%) tuvieron potencial antimicrobiano real.

De los resultados anteriores se realizó la prueba de dilución en tubo para corroborar las concentraciones de CMI y discernir si los extractos presentan actividad bacteriostática o bactericida, dando como resultado el efecto bacteriostático de 3 extractos etanólicos de las plantas: *Picramnia antidesma*, *Hampea nutricia* y *Gouania lupuloides*.

Extractos etanólicos de *Picramnia antidesma*, presentaron acción bacteriostática contra *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* y *B. subtilis* con una CMI de 0.61



$\mu\text{g/ml}$ , 2.27  $\mu\text{g/ml}$ , 1.19  $\mu\text{g/ml}$  y 0.61  $\mu\text{g/ml}$  respectivamente. Delgado *et al.* (2007), reporta que químicamente los constituyentes más comunes de este género son alcaloides, propenilfenoles, lignanos, neolignanos, terpenos y flavonoides entre otros. Se tienen reportes que los extractos de la corteza de *Picramnia antidesma* tienen efectos farmacológicos contra la irritación ocular, mientras que Hernández *et al.* (2016), demostraron que los extractos de la corteza de *Picramnia antidesma* posee gran actividad antiplasmódica, siendo un agente eficaz contra la malaria. Los anteriores datos apoyan los resultados obtenidos, y sugieren un gran potencial antimicrobiano para esta especie.

Los extractos etanólicos de *Hampea Nutricia* retardaron el crecimiento de *S. epidermidis*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *B. subtilis* y *B. megaterium* con una CMI de 2.45  $\mu\text{g/ml}$ , 0.65  $\mu\text{g/ml}$ , 0.65  $\mu\text{g/ml}$ , 0.65  $\mu\text{g/ml}$ , 1.28  $\mu\text{g/ml}$ , y 1.28  $\mu\text{g/ml}$  respectivamente. La actividad observada del extracto contra éstas bacterias fué bacteriostático. Burgos (2009) reporta que los extractos de *Hampea Nutricia* tienen efectos farmacológicos contra la fiebre y dolor de cabeza. A la fecha no existen estudios fitoquímicos sobre esta planta, hasta nuestro conocimiento este es el primer estudio que reporta actividad antimicrobiana sobre esta especie.

Los extractos etanólicos de *Gouania lupuloides* retardaron el crecimiento de *S. epidermidis*, *E. faecalis*, *S. aureus*, *B. subtilis* y *B. megaterium* con una CMI de 1.21  $\mu\text{g/ml}$ , 1.21  $\mu\text{g/ml}$ , 1.21  $\mu\text{g/ml}$ , 0.62  $\mu\text{g/ml}$  y 2.31  $\mu\text{g/ml}$  respectivamente, la actividad observada del extracto contra estas bacterias fue bacteriostático. Volpato *et al.* (2004) reportan que en Cuba se utiliza esta planta para la elaboración de pru, una bebida tradicional, refrescante y medicinal con propiedades hipotensivas, depurativas y diuréticas, que se obtiene del cocimiento y la fermentación de esta planta. Gachet *et al.* (2010) reportan que extractos de *Gouania lupuloides* presentan gran actividad antibacteriana contra *Leishmania donovani*, *Plasmodium falciparum*, *Trypanosoma brucei* y *Trypanosoma cruzi*.

Actualmente los límites establecidos para determinar la eficacia de un extracto vegetal son de una CMI de 25  $\mu\text{g/ml}$  y los 3 extractos con perfiles de inhibición repartidos en este trabajo cumplen satisfactoriamente con este criterio y son por ello firmes candidatos a estudios posteriores.



## Conclusiones

1. La técnica de difusión de disco en placa de agar, es un sistema rápido para la evaluación preliminar de la actividad antimicrobiana de extractos vegetales, pero ya que es muy limitada, solo se toma como indicador cualitativo.
2. Se desarrolló la técnica de dilución en microplaca utilizando placas de teflón a las cuales se les realizaron perforaciones para que sirvieran como pocillos de prueba, estas placas dieron muy buenos resultados, ya que se pueden reutilizar varias veces, y nos da una vista preliminar acerca de las CMI de los extractos.
3. En la técnica de dilución en tubo, se obtuvieron perfiles de crecimiento bacteriano en presencia de concentraciones crecientes de extracto etanólico, dichos perfiles nos dan una visión clara de cómo el extracto influye en el crecimiento bacteriano, en este caso presentando acción bacteriostática.
4. De los 30 extractos etanólicos empleados en este estudio, 3 de ellos demostraron gran actividad antimicrobiana, retrasando a la mayoría de las bacterias probadas, uno de ellos correspondiente a la planta *Hampea Nutricia* la cual, al no presentar antecedentes antimicrobianos, queda como candidata para la realización de posteriores estudios contra diferentes bacterias patógenas.

## Literatura citada

- Burgos, H. M. 2009. Flora vascular con características potenciales para el aprovechamiento y conservación de los fragmentos de selva en el municipio de Atzalan, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa-Enríquez, Veracruz.
- Delgado, W., M. E. Pachón, A. Celis, C. Mendoza, J. O. Cardona, M. Bustamante, *et al.* 2007. Informe técnico de avance proyecto "Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociados a la familia Piperaceae en la región del Sumapaz medio bajo occidental". Colciencias, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Cundinamarca. 55 p.



- Gachet M. S., J. Salazar L., M. Kaiser, R. Brun, H. Navarrete, R. A. Muñoz, *et al.* 2010 Assessment of anti-protozoal activity of plants traditionally used in Ecuador in the treatment of leishmaniasis. *Journal of ethnopharmacology* 128(1):184-97.
- Hernández M., A. Solís, L. Méndez. 2016. Antraquinonas de *Picramnia polyantha*. Instituto de Ciencias Básicas Revista Cubana de Química 8(3): 805-817.
- Volpato, G. and D. Godínez. 2004. Ethnobotany of Pru, A Traditional Cuban Refreshment. *Economic Botany* 58(3):381-395.





## PROPAGACIÓN Y VIABILIDAD DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES REPRODUCIDAS EN DISTINTAS ESPECIES VEGETALES

Guillermo Andrés Díaz Parra<sup>324</sup>, Gabriel Rincón Enríquez<sup>324\*</sup>, Jhony Navat Enríquez Vara<sup>324</sup> y  
Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar<sup>324\*</sup>

### Resumen

La mayoría de las plantas terrestres presentan asociación simbiótica con los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) que están involucrados en la nutrición mineral, control de patógenos y tolerancia a sequía, entre otras cosas. Las esporas son consideradas como los propágulos por excelencia cuando se quieren aprovechar los beneficios que estos simbiosomas ofrecen a las plantas, sin embargo, gran parte del éxito que tengan al aplicarse en cultivos de interés depende tanto de la cantidad como de la viabilidad de las esporas que se estén utilizando como inóculo. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la planta hospedera e inóculo de HMA en la propagación de los hongos micorrícicos de monoespecies (*Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*) y consorcios (Paso Ancho, Agua Dulce, Las Campesinas, El Limón y Cerro del Metate). Los resultados que se obtuvieron diferenciaron 2 grupos estadísticamente significativos en cuanto a cantidad de esporas presentes en 100 g de sustrato, siendo *R. intraradices* (904 esporas), *F. mosseae* (673 esporas) y Cerro del Metate (549 esporas) el grupo A y Paso Ancho (142 esporas), Agua Dulce (244 esporas), Las Campesinas (137 esporas) y El Limón (159 esporas), el grupo B. Al analizar el porcentaje de viabilidad se diferenciaron 3 grupos: grupo A: *R. intraradices* (74% de viabilidad) y *F. mosseae* (91% de viabilidad); grupo B: Cerro del Metate (59% de viabilidad) y grupo C: Paso Ancho (13% de viabilidad), Agua Dulce (9% de viabilidad), Las Campesinas (19% de viabilidad) y El Limón (19% de viabilidad). Esto sugiere que las plantas hospederas juegan un rol

<sup>324</sup>Laboratorio de Fitopatología, Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. \* e-mail: grincon@ciatej.mx / \*equinones@ciatej.mx



importante en la producción de esporas de los HMA, no obstante, se debe tener en cuenta el tiempo de propagación para mejorar la calidad de los inóculos propagados. Asimismo, la calidad de los inóculos micorrícicos obtenidos en la propagación en maceta trampa se ve fuertemente influenciada por el tipo de inóculo (monoespecie o consorcio).

**Palabras clave:** hongos micorrícicos arbusculares, esporas, viabilidad, inóculo, calidad

## Introducción

Las micorrizas son asociaciones simbióticas que se establecen entre plantas y hongos del suelo, en las que el hongo se ve beneficiado por la glucosa y otros fotosintatos que viajan en la savia de la planta, producto de la fotosíntesis, mientras que la planta se beneficia ya que el hongo le facilita la asimilación de agua y minerales presentes en el suelo. Probablemente se trata del tipo de simbiosis más extendido en la biosfera, ya que aproximadamente el 90% de las plantas terrestres son capaces de establecer algún tipo de micorrizas (Smith y Read, 2008). Los HMA son considerados por algunos autores como los organismos terrestres más importantes en las interacciones con los agroecosistemas. La mayoría de los cultivos presentan asociación simbiótica con estos hongos, que están involucrados en la nutrición mineral, control de patógenos y tolerancia a sequía. Además, estimulan en buena medida el crecimiento de las plantas, característica que es atribuible principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica (Plenchette *et al.*, 2005). En general, las micorrizas arbusculares se caracterizan por la presencia de hifas intra-radicales (inter o intracelulares), arbusculos (hifas finamente ramificadas involucradas en el intercambio de nutrientes), micelio extraradical (hifas que conectan la raíz con el suelo) y esporas formadas en el micelio extraradical. Estas últimas son las más utilizadas como propágulos y para identificar las especies de hongos micorrícicos presentes en el ambiente (Smith y Read, 2008). Para realizar el cultivo de los hongos micorrícicos arbusculares existen diferentes metodologías,



que en todos los casos involucran a una planta hospedera o explantes de raicillas, indispensables para el establecimiento de la simbiosis y para completar el ciclo de vida del HMA satisfactoriamente. Lo que diferencia realmente una metodología de otra es el medio en el cual se desarrolla esta simbiosis. Las tecnologías más utilizadas son aquellas que involucran a la planta en un medio o sustrato sólido, empleando materiales que van desde suelo, turba, perlita, vermiculita, arena, arcilla, arcilla calcinada y/o mezclas de algunos de ellos (Morton *et al.*, 1993). Uno de los aspectos más importantes a la hora de reproducir estos hongos es el genotipo de la especie vegetal hospedante. Con relación a esto se debe seleccionar una especie con dependencia micorrízica, preferentemente una planta de ciclo corto (4 a 6 meses), que posea a su vez un sistema radical que garantice una adecuada producción de propágulos micorrízicos. Entre las especies que han demostrado ser adecuadas hospedantes se encuentran: *Brachiaria decumbens*, *Plantago lanceolata*, *Sorghum bicolor*, *Sorghum vulgare*, *Paspalum notatum*, *Fragaria sp.*, *Zea mays* y *Allium cepa* (Fernández, 2003).

En cuanto a las especies de HMA a propagar, las micorrizas arbusculares carecen de especificidad y su utilización está condicionada por su capacidad de adaptación a diferentes ambientes. Se ha planteado que en general, los inóculos que contienen más de una especie son más exitosos que los monoespecíficos a la hora de establecerse. Las condiciones nutricionales del suelo juegan un rol importante en la introducción y supervivencia de especies exóticas. En la elección del inóculo se debe tener en cuenta que en los suelos con alta fertilidad aquellos con base a especies del género *Glomus* son los más exitosos, siempre y cuando el medio no posea altas concentraciones de fósforo. En contraste, los inoculantes con base de especies de los géneros *Scutelospora*, *Acaulospora* y *Gigaspora* dan mejores resultados en suelos con baja cantidad de nutrientes y poco aireados. Algunas especies como *Rhizophagus intraradices* son usados en una amplia variedad de suelos agrícolas mientras que las especies de *Acaulospora* están restringidas a suelos ácidos tropicales. Debido a la tolerancia a diferentes ambientes y tipos de suelo que presentan *R. intraradices* y especies afines, frecuentemente se las utiliza en la mayoría de las formulaciones de inoculantes (Godeas, 2007).



A pesar de que existen varias formas en las que se pueden propagar e inocular los HMA, las más utilizadas, por las ventajas que ofrecen, son las esporas. Las esporas son estructuras de supervivencia a largo plazo que pueden llegar a medir hasta 500  $\mu\text{m}$  de diámetro, conteniendo una alta cantidad de lípidos de reserva, algo de carbohidratos y paredes gruesas de quitina, lo que les ayuda a resistir hasta que las condiciones son idóneas para su germinación, además de que poseen la capacidad de dispersarse por el viento, por el agua y también de sobrevivir al paso a través de las entrañas de varios invertebrados, aves y mamíferos diferentes y pueden dispersarse a través de sus movimientos (Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1994). Generalmente se desarrollan individualmente como agrandamientos del ápice de las hifas extraradicales o en grupos dentro de agregados especiales de hifas (esporocarpos) que ocurren en el micelio extraradical; contienen los orgánulos habituales, como las mitocondrias, el retículo endoplásmico y las vacuolas que se encuentran en las células fúngicas vivas (Peterson *et al.*, 2004).

Una vez que las esporas se encuentran cerca de algún posible hospedero, comienza el proceso de colonización de la raíz, el cual se da en cuatro etapas, que son: 1) germinación de la spora, 2) ramificación de las hifas, 3) penetración de la raíz y 4) formación de los arbusculos y vesículas (Kyde and Gould, 2000). Los HMA juegan un papel fundamental en la estructura, diversidad y funcionamiento de las comunidades vegetales, ya que la presencia y abundancia de HMA puede en algunos casos aumentar la riqueza de especies vegetales (Wernicke *et al.*, 1996) mientras que en otros puede disminuirla (O'Connor *et al.*, 2002). En este sentido, Bever (1999) estableció un modelo basado en la dinámica generada entre la comunidad vegetal y la de las micorrizas. Partiendo de la idea de que las plantas que componen la comunidad vegetal son dependientes de las micorrizas y de que la respuesta tanto de la plantas como de los hongos a la simbiosis varía en función de las especies que interaccionen, se establecen retroalimentaciones positivas o negativas entre las comunidades de HMA y de plantas.

En la retroalimentación positiva existe una relación simétrica en el beneficio que reciben tanto la planta como el hongo. Cuando el beneficio es máximo entre una determinada combinación de especie de planta y de HMA, la abundancia de ambos





aumenta y desplazan al resto de las especies vegetales y de HMA. Se producirá, por tanto, una pérdida de diversidad en el ecosistema. Por el contrario, en la retroalimentación negativa la relación de beneficio entre el hongo y la planta es asimétrica. La abundancia inicial de especies de una planta A, provoca un incremento de la especie 1 de HMA. Sin embargo, en este caso las especies de la planta B, se desarrollan mucho mejor cuando se asocian al HMA de la especie 1, por lo que aumenta su presencia en la comunidad. Asimismo, la planta B incentiva el crecimiento de los HMA de la especie 2, por lo que varía la comunidad de hongos, aumentando la abundancia de HMA de la especie 2, que a su vez provocan que vuelva a incrementar la presencia de la planta A, a la que el HMA de la especie 2 le otorga mayores beneficios al asociarse con esta. En esta situación la diversidad de especies se mantiene constante (Bever *et al.*, 2003). El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la planta hospedera e inóculo de HMA en la propagación de los hongos micorrícicos de monoespecies (*Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*) y de consorcios (Paso Ancho, Agua Dulce, Las Campesinas, El Limón y Cerro del Metate).

## Materiales y métodos

**Experimentos de propagación de esporas de HMA en plantas trampa.** Se realizó un experimento completamente al azar con 7 tratamientos: 5 consorcios propagados con 5 especies vegetales y 2 monoespecíficos propagados solo con una especie vegetal como planta trampa. Los consorcios de HMA empleados fueron de la DOM de Michoacán: Cerro del Metate, Paso Ancho, Las Campesinas, El Limón y Agua Dulce, (Trinidad-Cruz *et al.*, 2017) y los monoespecíficos fueron *Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*. La propagación de las esporas se realizó en macetas trampa. Se utilizó un sustrato esterilizado (121°C, 1 kg/cm<sup>2</sup>, 6 h) que consistió en 40% arena, 40% suelo agrícola, 10% tierra de monte y 10% de agrolita. Las macetas se llenaron con sustrato hasta 2 cm debajo de la mitad de esta, posteriormente se agregó una capa de 0.5 cm de ancho del inóculo a propagar y finalmente se



completó el volumen de la maceta con otra capa de sustrato. A cada maceta se le sembraron las respectivas especies utilizadas para la propagación, que en el caso de *R. intraradices* y *F. mosseae* consistió únicamente de sorgo (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanese*) y en el caso de los consorcios con sorgo (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanese*), trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), alfalfa (*Medicago sativa*) y agave (*Agave cupreata*). El proceso de producción se llevó a cabo bajo condiciones controladas en invernadero entre marzo de 2018 y mayo de 2019, siendo la quinta generación de propagación de los consorcios provenientes de la DOM de Michoacán y los monoespecíficos.

**Variables de respuesta evaluadas.** Las variables de respuesta evaluadas fueron la cantidad de esporas presentes en 100 g de suelo seco de cada tratamiento y el porcentaje de viabilidad de las esporas de los HMA de cada tratamiento.

**Cuantificación de la densidad de las esporas de los HMA propagados.** Las esporas de HMA se extrajeron por agitación mecánica y tamizado de acuerdo con el protocolo propuesto por Hernández-Cuevas *et al.* (2012). Una vez extraídas las esporas, se colocaron en caja Petri y se cuantificaron con ayuda de un microscopio estereoscópico EZ4 HD (Leica®).

**Determinación de la viabilidad de las esporas de los HMA.** A partir de 50 esporas por tratamiento se realizó la prueba de viabilidad de esporas de HMA. Las esporas se colocaron en tubos eppendorf® de 2 mL y se llevaron a un volumen de 250 µl, posteriormente se les añadieron 250 µl de una solución de bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-ilo)-2,5-difeniltetrazol (0.5 mg/ml) y se incubaron con agitación durante 36 horas a 28°C en oscuridad. Posteriormente se depositaron en caja Petri y se cuantificaron las esporas que cambiaron a color azul (viable) con ayuda del microscopio estereoscópico (Vital-Vilchis *et al.*, 2018).

**Análisis estadísticos de datos.** La variable número de esporas fue analizada mediante un análisis de varianza de una vía ( $p \leq 0.05$ ) y con una prueba de

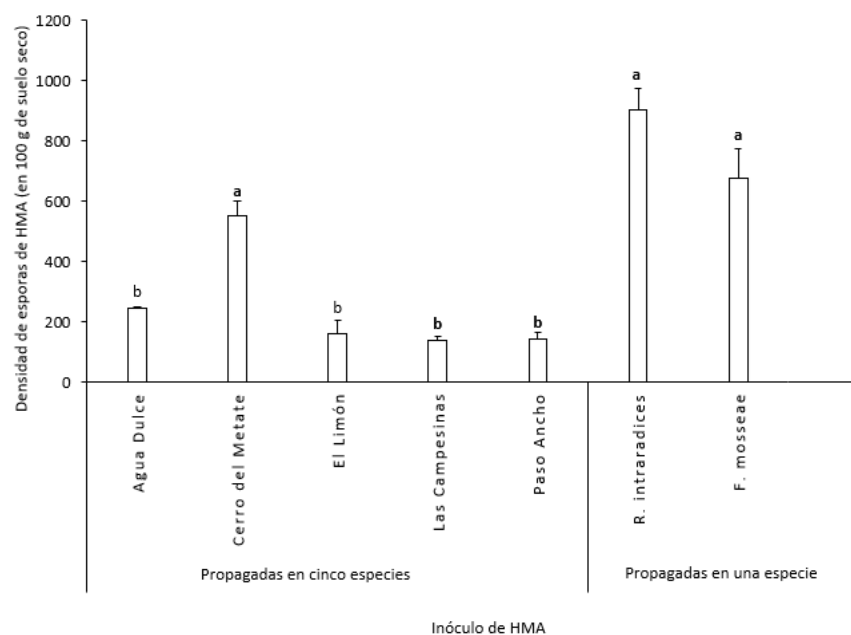


comparación múltiple de medias Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para la variable porcentaje de viabilidad se analizó mediante la prueba Kruskal-Wallis ( $p \leq 0.05$ ) y se determinó el intervalo de confianza (95%) de las medianas. Ambos análisis fueron realizados empleando el programa estadístico Statgraphics Centurion XV, 2005.

## Resultados y discusión

### Efecto de las especies vegetal en la propagación de esporas de HMA

Para ambas variables medidas se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Al realizar el análisis estadístico del número de esporas por consorcio y por especie, se encontraron solamente 2 grupos de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Como se puede ver en la Figura 1, *R. intraradices*, *F. mosseae* y el consorcio Cerro del Metate constituyen el grupo de los HMA que obtuvieron mayor número de esporas al ser propagados en las macetas trampa, mientras que Agua dulce, El Limón, Las Campesinas y Paso Ancho conformaron el segundo grupo.

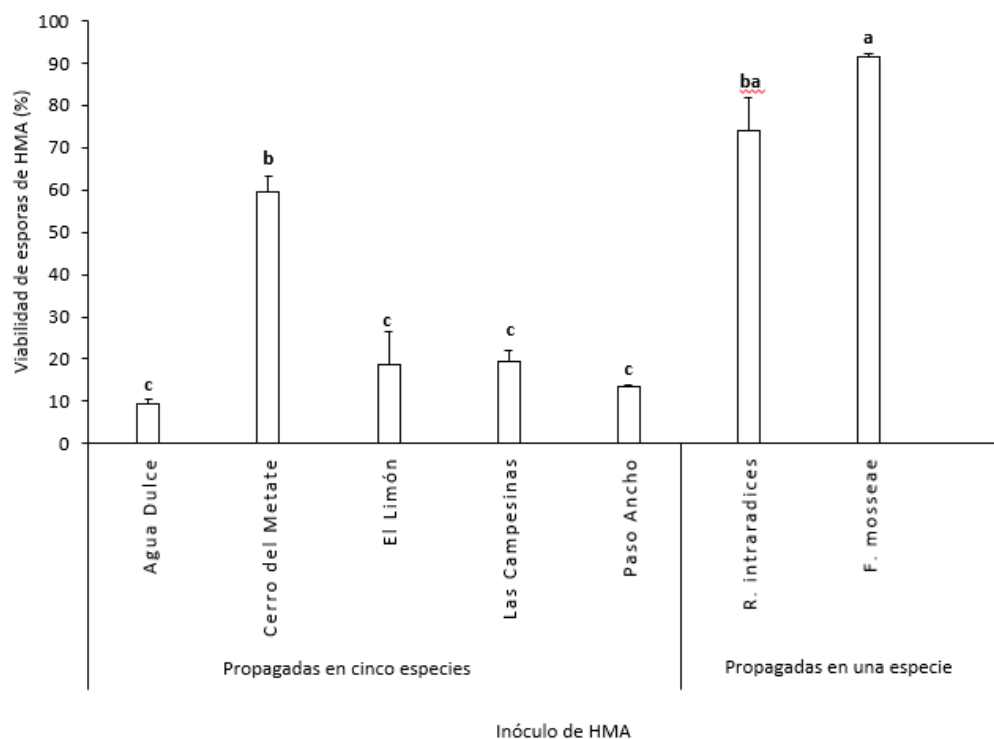


**Figura 1. Densidad de esporas de HMA por efecto de la especie vegetal empleada como planta trampa y el inóculo micorrícico en condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar;  $n=3$ .**



## Viabilidad de las esporas de HMA según el tipo de HMA en propagación

Al observar la viabilidad de las esporas, se encontró que se diferenciaron en 3 grupos estadísticamente significativos, con un 95% de confianza de acuerdo con el intervalo de confianza de medianas. Nuevamente *R. intraradices* y *F. mosseae* se separan del resto de los consorcios, Cerro del Metate conforma un grupo y Agua Dulce, El Limón, Las Campesinas y Paso Ancho, el tercero (Figura 2).



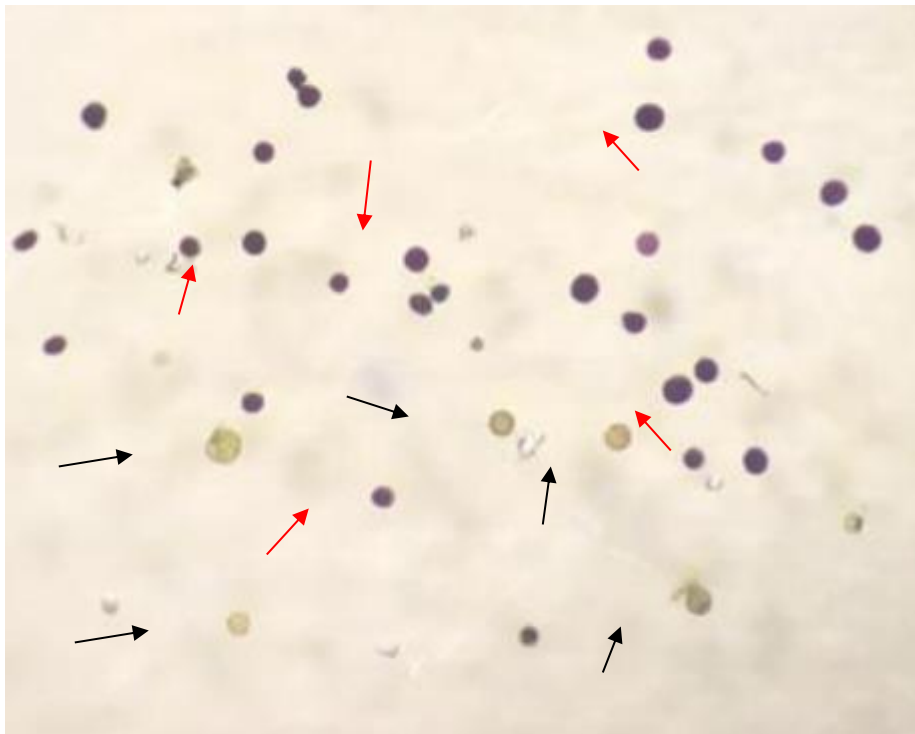
**Figura 2. Efecto de la especie vegetal empleada como planta trampa en la viabilidad de esporas de HMA bajo condiciones de invernadero. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar;  $n=3$ .**

Como indican los resultados, los consorcios que se analizaron siempre presentaron menos esporas y con menor porcentaje de viabilidad que las monoespecies, lo que puede deberse a varios factores, entre los que se encuentran: el estado del inóculo inicial, la especie de planta en que se está propagando y empleando como planta trampa, el sustrato utilizado y las condiciones ambientales de crecimiento (Habte and Osorio, 2001).

Uno de los puntos importantes a considerar para explicar las diferencias en el



número de esporas y en la viabilidad entre los inóculos analizados, es la posible existencia de competencia por colonizar a las plantas y obtener sus fotosintatos entre las especies de HMA que componen los consorcios, situación que pudo haber influenciado tanto la abundancia como la viabilidad de las especies aisladas. Al respecto, Engelman *et al.* (2013) utilizaron un sistema *in vitro* para investigar las interacciones competitivas intra-radicales y extra-radicales entre *Rhizophagus irregularis* y *Glomus aggregatum*.



**Figura 3. Aspecto general de las esporas de *R. intraradices* posterior a la determinación de la viabilidad con la técnica de tretazol. Se muestran esporas viables de *R. intraradices* teñidas completamente en azul (flechas rojas), mientras que las flechas negras muestran esporas no viables (esporas amarillas).**

Encontraron que las interacciones competitivas redujeron la abundancia general de hongos, siendo la competencia por los recursos dentro del hospedero la más intensa, donde ambas especies afectaron negativamente la abundancia de la otra. También encontraron que la relación de inversión (es decir, abundancia extraradical/abundancia intraradical) cambió para ambas especies dependiendo de



si los competidores estaban presentes o no en el mismo medio (Engelmoer *et al.*, 2013). Que se vea afectada la abundancia extraradical de los hongos micorrícicos posiblemente influenció la cantidad de esporas que se contaron en los consorcios, ya que como mencionan Peterson *et al.* (2004), las esporas generalmente se desarrollan individualmente como agrandamientos del ápice de las hifas extraradicales o en grupos dentro de agregados especiales de hifas (esporocarpos) que ocurren en el micelio extraradical (Peterson *et al.*, 2004). Sin embargo, que exista competencia entre las especies presentes en los consorcios no necesariamente quiere decir que el hospedero se va a ver afectado, tal como lo demuestran Thonar *et al.* (2013); en su estudio utilizaron tres especies diferentes de HMA (*Claroideoglobus* sp., *Rhizophagus* sp. y *Gigaspora* sp.) en todas las combinaciones posibles de dos especies en un gradiente de densidades de inoculación. Las interacciones entre los hongos variaron de la competencia a la facilitación y estaba influenciada tanto por la identidad como por la abundancia relativa de los hongos co-inoculados. Las plantas co-inoculadas con *Claroideoglobus* y *Rhizophagus* crecieron y contenían más fósforo que con cualquiera de estos dos hongos por separado, aunque observaron que estos hongos compitieron por la colonización de las raíces. Por otro lado, en las plantas co-inoculadas con *Gigaspora* y *Rhizophagus*, los HMA facilitaron la colonización de las raíces entre ellos, sin embargo, las plantas crecieron menos que con cualquiera de estos hongos por separado (Thonar *et al.*, 2013). Con esto se puede resaltar que, aunque la competencia entre los HMA presentes en un consorcio puede afectar la cantidad y calidad de las esporas que producen, la manera en que esto afecta al hospedero puede variar.

Las plantas en las que se propagan los hongos micorrícicos y el tiempo que duran propagándose también son un factor de suma importancia en la cantidad y calidad de las esporas obtenidas en los experimentos de propagación masiva. En el presente estudio, en los consorcios se sembraron cinco especies diferentes de plantas, mientras que en las monoespecies solamente sorgo. Todas las plantas que se utilizaron coinciden con las características descritas por Fernández *et al.* (2003) quienes mencionan que deben ser especies con dependencia micorrízica,



preferentemente una planta de ciclo corto (4-6 meses), que posea a su vez un sistema radical que garantice una adecuada producción de propágulos micorrícicos (Fernández *et al.*, 2003). Esto pudo ocasionar que la competencia por las raíces de los hospederos entre las especies de HMA presentes en el inóculo inicial fuera intensa, y que al tener más afinidad unos hongos que otros por las diferentes especies vegetales, fueran desplazando a las especies de HMA menos afines (Bever *et al.*, 2003). Esta idea toma más fuerza si se considera que los consorcios que se analizaron se han mantenido en propagación durante 4 ciclos de aproximadamente un año de duración cada uno, lo que resaltaría la pérdida paulatina de la calidad del inóculo original al irse desplazando a las especies con desventaja competitiva, impactando negativamente en la cantidad y viabilidad de las esporas en los inóculos. Aunado a esto, el sitio web del INVAM, (2019) ha informado que el número de esporas en algunos de los cultivos en maceta en su colección disminuye después de ciclos de propagación sucesivos (Ijdo *et al.*, 2011). Entre sus argumentos destacan que a medida que se van acumulando ciclos de propagación, las esporas recién formadas se degradan o parasitan incluso cuando el cultivo está creciendo activamente, esto debido a la colonización de las macetas por parte de los organismos presentes en el aire. Han observado que en la cosecha entre el 50 y el 90% de la esporulación en el cultivo en maceta consiste en esporas no saludables o muertas (INVAM, 2019)

Otra diferencia que hubo en los experimentos de propagación fue el tiempo que duraron en el invernadero. Los consorcios duraron 14 meses, mientras que las monoespecies 8. En el caso de los consorcios, las macetas trampa en que se propagaron se mantuvieron en el invernadero durante un tiempo más prolongado que en el caso de las monoespecies, lo que pudo ocasionar que las condiciones adversas a las que fueron expuestas (radiación UV, calor, sequía prolongada) y la posible muerte total de los hospederos, mermaran la cantidad y la viabilidad de las esporas. Al respecto, el sitio del INVAM también informa que después de los primeros 5 a 6 meses en las macetas, tanto las plantas como sus simbiontes micorrícicos se estancan y a menudo comienzan a deteriorarse. Mencionan que independientemente de la limpieza del invernadero y otras medidas tomadas para



reducir la introducción de contaminantes, después de los 6 meses, varios microorganismos como saprófitos, comensales e incluso algunos microbios beneficiosos colonizarán naturalmente el contenido de la maceta. La actividad de esta microbiota se ve reflejada en la degradación de las raíces, el parasitismo a las esporas de los HMA y el aumento en el contenido de materia orgánica de la maceta, lo que se traduce en disminuciones visibles en el recuento de esporas y mediciones de infectividad en cultivos mantenidos en la misma maceta durante 6-7 meses o más. Como se mencionó en la metodología, todos los consorcios se propagaron durante 14 meses, lo que posiblemente acentuó las afectaciones a las esporas propagadas en este ciclo (<https://invam.wvu.edu>). Lo anterior coincide con los hallazgos realizados por Vital-Vilchis *et al.* (2018) quienes comprobaron que las esporas del consorcio Cerro del Metate y de *Funneliformis mosseae* se mantenían sin cambios relevantes durante 2 años de almacenamiento siempre y cuando hubieran sido cosechados y guardados después de la propagación en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente en una bodega de almacenamiento. Al tomar estas precauciones se evitó que el microambiente presente en la maceta y las condiciones del invernadero en general, degradaran las esporas propagadas o hicieran que perdieran su viabilidad.

## Conclusiones

1. La calidad de los inóculos micorrícicos obtenidos en la propagación en maceta trampa se ve fuertemente influenciada por el tipo de inóculo, ya que en el caso de los consorcios la competencia entre los HMA propicia que se obtengan menor cantidad de esporas, aunque pudiera no verse reflejado en los beneficios que otorgan a las plantas.
2. Las plantas hospederas utilizadas para este estudio resultaron ser adecuadas para la producción de esporas, no obstante, se debe tener en cuenta el tiempo de propagación para mejorar la calidad de los inóculos propagados.





## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ. GADP agradece a CONACyT por la beca de estudios de maestría, al Dr. J.N. Enríquez Vara por participar como director de este trabajo de tesis de maestría y a los Drs. E.E. Quiñones-Aguilar y G. Rincón-Enríquez por su tiempo para participar como co-directores de este mismo trabajo de tesis de maestría.

## Literatura citada

- Bever, J. D. 1999. Dynamics within mutualism and the maintenance of diversity: inference from a model of interguild frequency dependence. *Ecology Letters* 2(1): 52–61.
- Bever, J. D., A. Pringle and P. A. Schultz. 2003. Dynamics within the plant arbuscular mycorrhizal fungal mutualism: Testing the Nature of Community Feedback. p. 267–292. *In: van der Heijden M. and Sanders I. (Eds.) Mycorrhizal Ecology* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Engelmoer D., J. Behm and T. Kiers. 2013. Intense competition between arbuscular mycorrhizal mutualists in an *in vitro* root microbiome negatively affects total fungal abundance. *Molecular Ecology* 23(6):1584–1593.
- Fernández, F. 2003. Avances en la producción de inoculantes micorrízicos arbusculares. p. 97-110. *In: Rivera, R. y Fernández, K. (Eds.) El Manejo eficiente de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. La Habana. Ediciones INCA.*
- Gianinazzi-Pearson, V., M. C. Lemoine, C. Arnould, A. Golotte and J. B. Morton. 1994. Localization of beta (1 leads to 3) glucans in spore and hyphal walls of fungi in the Glomales. *Mycologia* 86: 478-485.
- Godeas, A. 2007. Las Micorrizas Arbusculares como bioinoculantes. p. 53-59. *In: Uso actual y potencial de microorganismos para mejorar la nutrición y el desarrollo en trigo y maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.*



- Habte M. and N. W. Osorio. 2001. Arbuscular mycorrhizas: producing and applying arbuscular mycorrhizal inoculum. Department of Tropical Plant and Soil Sciences. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR). University of Hawaii at Manoa. 47 p.
- Hernández-Cuevas L. V., P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez-Gallen y J. Ramos-Zapata. 2012. Micorriza arbuscular, colonización intrarradical y extracción de esporas de suelo. p. 1-16. *In: Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración.* Fac. de Ciencias UNAM. DF, México.
- Ijdo, M., S. Cranenbrouck and S. Declerck. 2011. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza* 21:1-16.
- INVAM (International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi). Maintenance of long-term cultures. <https://invam.wvu.edu/methods/culture-methods/long-term-cultures> [consultado el 13 de agosto de 2019].
- Kyde, M. and A. Gould. 2000. Mycorrhizal endosymbiosis. *In: Bacon C. and White J. Microbial endophytes liver.* Marcel Dekker Inc. Londres. pp. 161-198.
- Morton, J. B., S. P. Bentivenga and W. Wheeler. 1993. Germplasm in the international collection of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48: 491-528.
- O'Connor, P. J., S. E. Smith and F. A. Smith. 2002. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. *New Phytologist* 154(1): 209-218.
- Peterson, L., H. Massicotte and L. Melville. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology.* NRC Research Press. Pp. 76.
- Plenchette, C., C. Clermont-Dauphin, J. M. Meynard and J. A. Fortin. 2005. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Can J Plant Sci.* 85:31-40.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis.* Third Edition. Academic Press. San Diego, CA 92101-4495, USA. 815 p.
- Thonar C., E. Frossard, P. Šmilauer and J. Jansa. 2013. Competition and facilitation in synthetic communities of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mol Ecol.* 23(3):733-46.



- Trinidad-Cruz, J. R., E. E. Quiñones-Aguilar, L. V. Hernández-Cuevas, L. López-Pérez y G. Rincón-Enríquez. 2017. Hongos micorrízicos arbusculares asociados a la rizosfera de *Agave cupreata* en regiones mezcaleras del estado de Michoacán, México. *Scientia Fungorum* 45: 13-25.
- Vital-Vilchis, I., E. E. Quiñones-Aguilar, L. G. Hernández-Montiel y G. Rincón-Enríquez. 2018. Viabilidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares y semillas de girasol para el establecimiento de la simbiosis micorrízica. *Biotecnología y Sustentabilidad* 3(2):15-25.
- Wernicke, B., R. Clayton, M. Ducea, C. H. Jones, S. Park, S. Ruppert, S. *et al.* 1996. Origin of high mountains in the continents: The southern Sierra Nevada. *Science* 271(5246): 190–193.



## COMPARACIÓN DE TRES SISTEMAS DE CULTIVO *IN VITRO* PARA LA MULTIPLICACIÓN Y ACLIMATIZACIÓN DE *Anthurium andreanum* Lind.

Bartolo Islas Luna<sup>325</sup>, Ricardo Sánchez Páez<sup>325</sup>, José Antonio Pérez Sato<sup>325</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>326</sup>

### Resumen

La falta de automatización y los altos costos de producción derivados del uso de mano de obra y un agente gelificante limitan la micropropagación a escala comercial. El objetivo de este estudio fue evaluar la técnica de inmersión temporal (IT) en la multiplicación y aclimatización *in vitro* de *Anthurium andreanum* cv. Rosa. Los segmentos nodales de brotes adventicios derivados *in vitro* se cultivaron en diferentes sistemas de cultivo: medio semisólido, medio líquido con inmersión parcial e IT utilizando un biorreactor de flujo y reflujo. El efecto del sistema de cultivo, la frecuencia de inmersión y el volumen del medio de cultivo por explante en la multiplicación de brotes de *A. andreanum* se evaluaron después de 45 días de cultivo. Además, se evaluaron el contenido de clorofila, el índice estomático y la tasa de supervivencia durante la aclimatización en diferentes sistemas de cultivo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para todos los experimentos, con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas entre los diferentes sistemas de cultivo. La producción más alta de brotes se obtuvo en IT con  $31.50 \pm 0.50$  brotes por explante, seguido del sistema de inmersión parcial y el cultivo en medio semisólido, con  $7.25 \pm 0.16$  y  $4.50 \pm 0.18$  brotes por explante, respectivamente. La frecuencia de inmersión y la cantidad de medio de cultivo por explante no mostraron diferencias significativas, lo que nos permite recomendar la frecuencia de inmersión de cada 12 h y el volumen de medio

<sup>325</sup> Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba.

<sup>326</sup> CONACYT-Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba \*e-mail: jericobello@gmail.com





de cultivo de 25 mL por explante. La IT favoreció un aumento en el contenido de clorofila, un bajo índice de estomas y un alto porcentaje de estomas cerrados, lo que sugiere un aumento en la funcionalidad de las estomas y probablemente una tasa de fotosíntesis más alta. La tasa de supervivencia durante la aclimatización aumentó cuando se usaron sistemas de inmersión temporal (SIT). Este estudio muestra por primera vez un SIT eficiente para la micropropagación comercial de *A. andreanum* que produce plantas con una alta tasa de supervivencia durante la aclimatización.

**Palabras clave:** inmersión temporal, clorofila, índice estomático, micropropagación

## Introducción

*Anthurium* (*Anthurium andreanum* Lind.) Es una especie tropical de importancia ornamental como planta de maceta y flor cortada debido a su vida útil prolongada en el jarrón (Gantait *et al.*, 2012). En este sentido, los métodos convencionales para propagar esta especie no son muy eficientes; su propagación sexual por semillas resulta en una progenie heterogénea (Bejoy *et al.*, 2008) y su propagación asexual lleva años en desarrollar clones de estándar comercial y puede transmitir plagas y enfermedades (Martin *et al.*, 2003). La micropropagación es una alternativa atractiva para la propagación masiva de plantas con alta calidad genética y fitosanitaria. Sin embargo, la micropropagación convencional en medios semisólidos implica altos costos de producción causados principalmente por el trabajo, el uso de agentes gelificantes y la falta de automatización (Georgiev *et al.*, 2014). Por lo tanto, los sistemas automatizados y de mayor escala son deseables para minimizar los costos de producción, aumentar las tasas de multiplicación y reducir la cantidad de manipulación durante la propagación *in vitro* (Watt, 2012). Actualmente, se están desarrollando nuevas metodologías para la micropropagación de plantas, entre las que destaca el SIT. Los SIT son biorreactores semiautomáticos diseñados para la propagación masiva de tejidos, embriones u órganos expuestos a medios líquidos



durante un tiempo y una frecuencia determinados. Existen varios modelos de SIT, que han sido descritos por varios autores (Georgiev *et al.*, 2014); sin embargo, en general, el éxito de la micropropagación en SIT se determina en gran medida por la frecuencia de inmersión a la que se someten los explantes y el volumen de medio líquido inicial en relación con el número de explantes inoculados (Watt, 2012). La IT se ha convertido en una técnica muy útil para lograr semiautomatización, menores costos y mayores tasas de multiplicación durante el cultivo *in vitro* de plantas (Ramos-Castellá *et al.*, 2014), Favoreciendo, además, el proceso de aclimatización. Aunque la regeneración *in vitro* de *A. andreanum* ha sido reportada por diferentes autores utilizando diferentes tipos de explantes (Gantait *et al.*, 2012; Martínez-Estrada *et al.*, 2016), en esta especie no se ha informado un sistema de micropropagación que permita el escalado a nivel comercial utilizando el principio de IT. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de un SIT para mejorar la multiplicación y aclimatización de *Anthurium andreanum*.

## Materiales y métodos

Se cultivaron segmentos nodales de brotes adventicios derivados *in vitro* de *Anthurium* (*Anthurium andreanum* Lind.) durante 45 días en diferentes sistemas de cultivo: semisólido, medio líquido con inmersión parcial (aproximadamente 5 mm de la base del brote se sumergió en medio líquido) e IT usando un sistema de biorreactor flujo y reflujo de 1000 ml. Todos los sistemas de cultivo utilizaron medio MS (Murashige and Skoog, 1962) suplementado con 2 mg/L 6-bencilaminopurina (BAP) Sigma® (MO, EE. UU.). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N y se añadió 0.25% (p/v) Phytigel (Sigma® MO, EE. UU.) como agente gelificante para el medio semisólido antes de autoclavarlo a 120°C y 117.7 kPa por 15 min. Los cultivos se incubaron a  $24 \pm 2$  °C y un fotoperiodo de 16 h luz, utilizando lámparas de luz blanca con una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de 25  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ . Se utilizaron un total de 15 explantes para medio semisólido e inmersión parcial, tres explantes por caja de magenta (Sigma®



MO, EE. UU.), con 25 y 15 mL de medio por recipiente, respectivamente. Para el SIT, se usaron 10 explantes por biorreactor con una inmersión de 2 min cada 4 h. Se utilizaron tres biorreactores, cada uno con 500 mL de medio (50 mL por explante). Para determinar la frecuencia de inmersión adecuada para la multiplicación *in vitro* de *A. andreanum*, se evaluaron tres frecuencias: 2 min cada 4, 8 y 12 h. En total, se utilizaron 10 explantes con 50 mL de medio por explante por biorreactor y tres biorreactores por frecuencia. Después de evaluar la frecuencia de inmersión, se evaluaron tres volúmenes de medio de cultivo por explante (50, 37.5 y 25 ml) a la frecuencia de inmersión de 2 min cada 12 h. En todos los tratamientos se utilizaron tres biorreactores con 500 mL de medio cada uno, inoculando el número correspondiente de plantas. El contenido de clorofila se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Harborne (1973). El tejido de la hoja (500 mg) se colocó en una botella ámbar de 20 ml, se agregaron 5 mL de acetona al 80% y luego la muestra se incubó durante 24 h a  $-4^{\circ}\text{C}$ . Después de la incubación, la muestra se maceró y el extracto se colocó en un embudo con papel de filtro (Whatman®, grado 4). El filtrado se ajustó a 12.5 mL con 80% de acetona y su absorbancia se midió en un espectrofotómetro (Genesys 10S, Thermo Scientific, MA, EE. UU.) A 645 y 663 nm. Para calcular el índice estomático y el porcentaje de estomas cerrados, se tomó la tercera hoja, desde el vértice hasta la base del tallo, de diez brotes diferentes de cada sistema después de 45 días de cultivo *in vitro*. Se aplicó uniformemente una capa delgada de barniz de uñas sobre la superficie abaxial. Después de 3 min, el barniz seco se retiró suavemente y se montó en un portaobjetos de microscopio. Las réplicas de las hojas se examinaron en un microscopio óptico (Axio Lab.A1, ZEISS). El número de estomas abiertos y cerrados y el número de células epidérmicas por  $\text{mm}^2$  se contaron a partir de tres campos al azar de una hoja a 10X y 40X. El índice estomático se calculó utilizando la fórmula sugerida por Wilkinson (1980). Para evaluar el efecto del sistema de cultivo en la aclimatización se tomaron treinta brotes de los diferentes sistemas de cultivo. En IT, la evaluación se llevó a cabo en las tres frecuencias con 25 mL de medio por explante. Los brotes se sembraron en un sustrato de turba y roca volcánica (tamaños de partículas de 5 a 10 mm) (1: 1) en bandejas de plástico de 72 cavidades. Las plantas se mantuvieron en un



invernadero, donde la temperatura se mantuvo a  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  con una densidad de flujo de fotones fotosintética de  $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ .

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para todos los experimentos, que se replicaron tres veces. En todos los tratamientos *in vitro*, se evaluaron el número y la longitud de los brotes, el peso fresco, el peso seco, el número de hojas y el contenido de clorofila después de 45 días de cultivo. La supervivencia de la planta se evaluó después de 30 días. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables utilizando el software estadístico SPSS (versión 22 para Windows).

## Resultados y discusión

Evaluación de los diferentes sistemas de cultivo. Los resultados muestran diferencias significativas entre los tres sistemas de cultivo evaluados (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Efecto del sistema de cultivo, frecuencia de inmersión y volumen del medio de cultivo por explante en la multiplicación de brotes de *A. andreaenum* cv. Rosa después de 45 días de cultivo.**

Sistema de micropropagación	No. Brotes	Largo de Brote (cm)	No. Hojas por brote	Peso fresco por brote (g)	Peso seco por brote (g)
Medio de cultivo semisolido	$4.50 \pm 0.18^c$	$1.15 \pm 0.04^c$	$3.00 \pm 0.26^b$	$0.048 \pm 0.003^b$	$0.004 \pm 0.0002^b$
Inmersión parcial	$7.25 \pm 0.16^b$	$1.39 \pm 0.04^b$	$2.37 \pm 0.18^b$	$0.059 \pm 0.005^b$	$0.005 \pm 0.0006^b$
Inmersión temporal	$31.50 \pm 0.50^a$	$1.76 \pm 0.05^a$	$4.25 \pm 0.16^a$	$0.082 \pm 0.003^a$	$0.008 \pm 0.0003^a$
<b>Frecuencias de inmersión en SIT</b>					
Frecuencia cada 4 h	$31.50 \pm 0.50^a$	$1.76 \pm 0.05^a$	$4.25 \pm 0.16^a$	$0.082 \pm 0.003^a$	$0.008 \pm 0.0003^a$
Frecuencia cada 8 h	$31.62 \pm 0.67^a$	$1.49 \pm 0.03^a$	$4.37 \pm 0.18^a$	$0.085 \pm 0.005^a$	$0.006 \pm 0.0005^a$
Frecuencia cada 12 h	$33.12 \pm 0.97^a$	$1.78 \pm 0.04^a$	$4.25 \pm 0.16^a$	$0.086 \pm 0.003^a$	$0.008 \pm 0.0003^a$
<b>Medio de cultivo por explante (ml)</b>					
25	$32.84 \pm 0.74^a$	$1.82 \pm 0.03^a$	$4.37 \pm 0.18^a$	$0.074 \pm 0.003^a$	$0.007 \pm 0.0004^a$
37.5	$32.45 \pm 0.82^a$	$1.71 \pm 0.03^a$	$4.37 \pm 0.32^a$	$0.077 \pm 0.005^a$	$0.007 \pm 0.0003^a$
50	$33.12 \pm 0.97^a$	$1.78 \pm 0.04^a$	$4.25 \pm 0.32^a$	$0.086 \pm 0.003^a$	$0.008 \pm 0.0003^a$

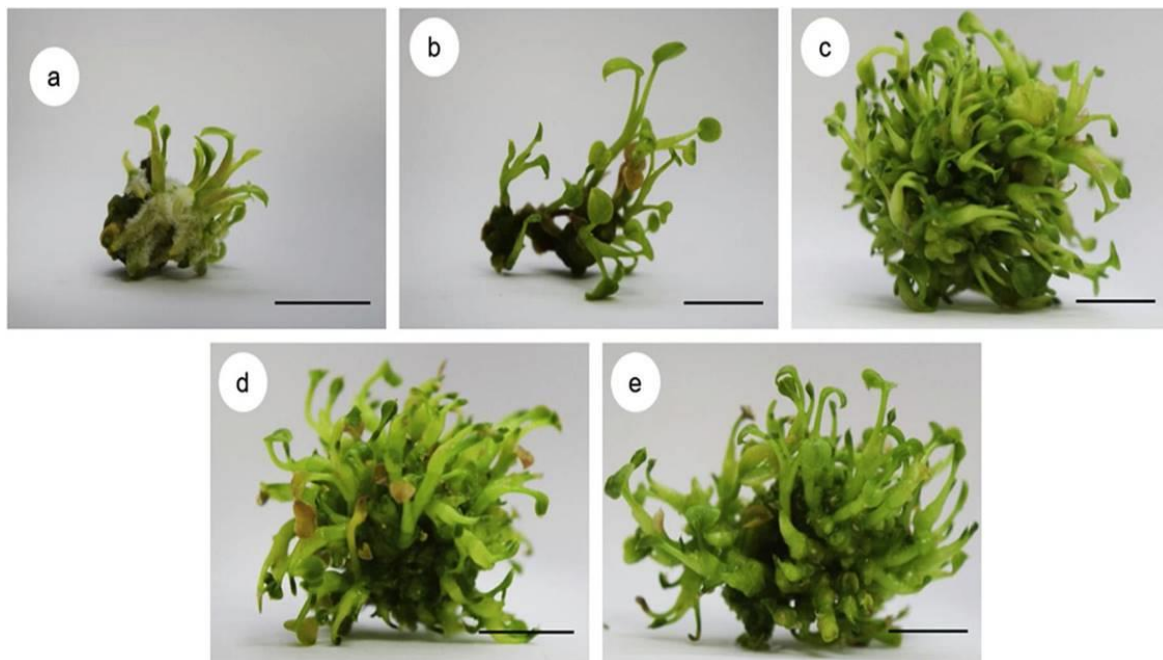
El mayor número de brotes se obtuvo en el tratamiento de IT con  $31.50 \pm 0.50$  brotes por explante, seguido por el sistema de inmersión parcial y el cultivo en medio





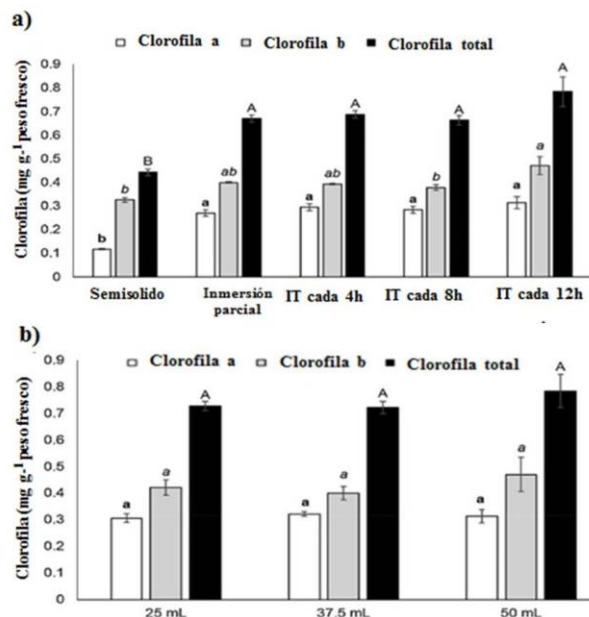
semisólido, con  $7.25 \pm 0.16$  y  $4.50 \pm 0.18$  brotes por explante, respectivamente. Con respecto a la longitud del brote, los brotes en IT obtuvieron la longitud más larga ( $1.76 \pm 0.05$  cm) en comparación con los explantes en inmersión parcial y en medio semisólido ( $1.39 \pm 0.4$  y  $1.15 \pm 0.4$  cm) respectivamente.

Para las variables peso fresco, peso seco y número de hojas, los brotes obtenidos en IT tuvieron los valores más altos en comparación con el medio semisólido y la inmersión parcial (Fig. 1).



**Figura 1. Efecto del sistema de cultivo y frecuencia de inmersión en SIT en la multiplicación *in vitro* de *A. andreanum*. a) medio semisólido, b) medio líquido en inmersión parcial, c) inmersión temporal durante 2 min cada 4 h, d) inmersión temporal durante 2 min cada 8 h, e) inmersión temporal durante 2 min cada 12 h. Barra = 1 cm.**

En cuanto al contenido de clorofila, los resultados mostraron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de cultivo evaluados. Los contenidos más altos de clorofila se encontraron en los sistemas de cultivo de medio líquido, mientras que los valores más bajos de clorofila se obtuvieron en el sistema de cultivo de medio semisólido (Fig. 2a).



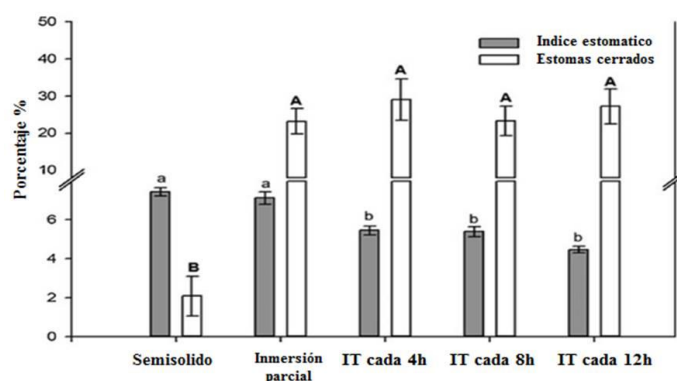
**Figura 2.** El contenido de clorofila durante la etapa de multiplicación de *A. andreanum* cv. Rosa después de 45 días de cultivo *in vitro*. Efecto de a) sistema de cultivo y b) volumen de medio por explante. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. Las barras seguidas por una letra diferente denotan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). IT: Inmersión temporal.

En cuanto a la evaluación de las frecuencias de inmersión, no se encontraron diferencias significativas en las variables morfológicas evaluadas (Cuadro 1). La producción de brotes en las frecuencias de inmersión de cada 4, 8 y 12 h fue de  $31.50 \pm 0.50$ ,  $31.62 \pm 0.67$  y  $33.12 \pm 0.97$ , respectivamente. El contenido de clorofila tampoco mostró diferencias significativas (Fig. 2b). Sin embargo, estos resultados nos permiten recomendar la frecuencia de 2 min cada 12 h para la micropropagación de *A. andreanum* debido al menor uso de energía eléctrica.

Al evaluar el volumen de medio de cultivo inicial por explante, los resultados no mostraron diferencias significativas entre las variables evaluadas (Tabla 1). De manera similar, en el contenido de clorofila, no se observaron diferencias significativas entre las diferentes frecuencias de inmersión evaluadas (Fig. 2b). El índice estomático y el porcentaje de estomas cerrados mostraron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo. El índice estomático más alto se encontró en los sistemas de inmersión semisólida y parcial con  $7.43 \pm 0.21$  y  $7.13 \pm 0.32\%$ ,



respectivamente. Se encontró un índice estomático más bajo en IT, sin presentar diferencias significativas entre las frecuencias evaluadas. Con respecto al porcentaje de estomas cerrados, los brotes cultivados en sistemas de medio líquido presentaron los porcentajes más altos (entre 23 y 29%). Por otro lado, los brotes cultivados en medio semisólido tuvieron el porcentaje más bajo de estomas cerrados, con un 2% (Fig. 3).

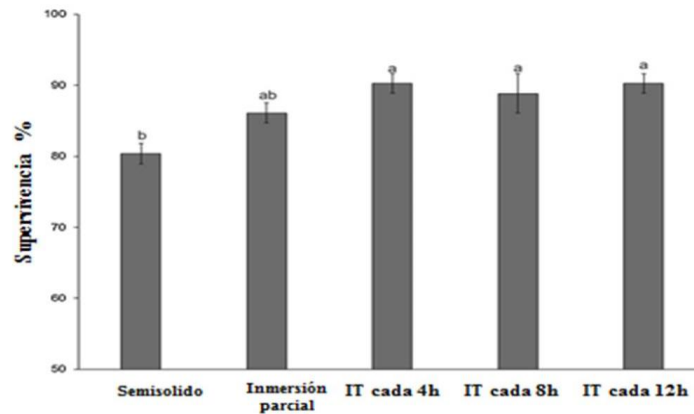


**Figura 3. Efecto del sistema de cultivo y frecuencia de inmersión en SIT en el índice de estomas y porcentaje de estomas cerrados durante la etapa de multiplicación de *A. andreanum* cv. Rosa después de 45 días de cultivo *in vitro*. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. Las barras seguidas por una letra diferente denotan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). IT: inmersión temporal.**

Con respecto a la aclimatización, las plántulas obtenidas de SIT mostraron porcentajes de supervivencia superiores al 90%. No se encontraron diferencias estadísticas para la supervivencia con respecto a los tratamientos de frecuencia (Fig. 4). Los porcentajes de supervivencia más bajos se encontraron en las plántulas obtenidas en medio semisólido, con 80.4.

La Fig. 5 muestra las plántulas obtenidas en el TIS a los 30 y 90 días de cultivo en condiciones de invernadero.





**Figura 4. Efecto del sistema de cultivo sobre el porcentaje de supervivencia de *A. andreaum* cv. Rosa después de 30 días de aclimatación en condiciones de invernadero. Las barras seguidas por una letra diferente denotan diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).**



**Figura 5. Plántulas aclimatizadas de *A. andreaum* cv. Rosa obtenidas del biorreactor flujo y reflujo a) 30 días y b) 90 días de cultivo *ex vitro* en condiciones de invernadero. Barra = 10 cm**

La evaluación de los diferentes sistemas de cultivo *in vitro* demostró la utilidad de IT para aumentar la cantidad y la calidad de los brotes producidos. El medio de cultivo líquido en la producción de brotes parcial y de IT mejoró, lo que reduce los costos de producción del medio de cultivo y la mano de obra. Según Dewir *et al.* (2014), los sistemas de cultivo líquido ofrecen muchas ventajas potenciales sobre los cultivos sólidos, como las tasas de crecimiento más rápidas, la absorción rápida de nutrientes y los reguladores del crecimiento por los tejidos y la dilución de los inhibidores de crecimiento exudados. En este estudio, el biorreactor flujo y reflujo





demonstró ser el sistema más eficiente para la micropropagación de *A. andreanum*. En otros informes para esta especie, Gantait *et al.* (2008) informaron para el cv CanCan, una producción de diez brotes por explante a los 50 días de cultivo. Más recientemente, Bhattacharya *et al.* (2015) regeneraron hasta 25.6 brotes por explante en cv Tinora. Similar a los resultados obtenidos en este estudio, el uso de STI se ha informado recientemente en *Stevia rebaudiana* (Ramírez-Mosqueda and Iglesias-Andreu, 2016). En plantas ornamentales, Hahn and Paek (2005) informaron en *Dendranthema grandiflorum* que el uso de IT resultó en un mayor peso fresco, peso seco, longitud de brotes y área foliar en comparación con el cultivo semisólido. Una de las principales ventajas de utilizar IT es que promueve la ventilación dentro del recipiente de cultivo, permitiendo la eliminación de compuestos volátiles como el etileno (Roels *et al.*, 2006), recirculando el dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis. Estos factores, junto con la pérdida de dominancia apical, podrían explicar el aumento en la tasa de multiplicación de *A. andreanum*. En este sentido, nuestros resultados mostraron que el contenido total de clorofila es mayor en sistemas de cultivo en medio líquido que en medio semisólido. Probablemente el aumento en el contenido de clorofilas en medio líquido se deba a una mayor disponibilidad de nutrientes y otros compuestos que se pueden tomar prácticamente a lo largo del explante a través de hojas y tejidos, mientras que, en medio semisólido, los explantes obtienen los componentes del medio de cultivo solo desde la zona en contacto con el medio. La frecuencia de inmersión es un aspecto importante cuando se usa SIT, ya que juega un papel vital en la ingesta de nutrientes, los reguladores del crecimiento y el control de la hiperhidricidad (Watt, 2012). Este estudio es la primera evaluación reportada de diferentes frecuencias de inmersión para optimizar la producción de brotes en *A. andreanum*. El volumen medio inicial por explante debe ser una variable para optimizar en IT, varios autores han mostrado su importancia. Lorenzo *et al.* (1998) demostraron que 50 mL de medio por explante dieron como resultado una tasa de multiplicación más alta que cantidades menores o mayores de medio (27.5 o 72.5 mL por explante) durante la micropropagación de *Saccharum* spp. Ramos-Castellá *et al.* (2014) informaron un aumento en la producción de brotes al optimizar el volumen medio a 25 mL por



explante en *Vanilla planifolia*. Los resultados de este estudio sugieren que 25 mL de medio por explante es suficiente para mantener una alta tasa de multiplicación en *A. andreaum*. De acuerdo con Zobayed (2005), al aplicar ventilación se pueden prevenir algunos cambios anatómicos y fisiológicos que son comunes en la micropropagación convencional, incluida la producción de estomas que funcionan mal, que permanecen permanentemente abiertos. Las estomas cerradas y un índice estomático bajo generan una tasa de transpiración baja, evitando la pérdida de agua y la deshidratación, una de las causas más frecuentes de muerte de las plantas, durante la aclimatización (Vieira *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el SIT favorece un índice estomático bajo y un alto porcentaje de estomas cerrados en comparación con el sistema en medio semisólido, lo que sugiere la funcionalidad de las estomas, promoviendo así una tasa de transpiración más baja y probablemente una tasa fotosintética más alta. También demostró una mayor acumulación de pigmentos fotosintéticos. El éxito de un protocolo de micropropagación no solo depende del número de brotes obtenidos por los explantes, sino que también depende de la calidad morfológica y el vigor presente en las plántulas producidas (Martre *et al.*, 2001). Por lo tanto, la aclimatización es una etapa importante que determina el éxito de la micropropagación. Informes similares a este estudio han demostrado que el entorno SIT prepara las plántulas para el estrés de la aclimatización (Regueira *et al.*, 2018). Existen grandes diferencias en la fisiología de las plantas entre el medio cultivo semisólido y el SIT. Los resultados muestran que entre los factores que pueden contribuir a mejorar la aclimatización de las plantas obtenidas en comparación con las obtenidas en medio semisólido, se encuentra una mayor acumulación de compuestos fotosintéticos, un índice estomático más bajo y un mayor porcentaje de estomas cerrados.



## Conclusiones

En conclusión, se informa aquí por primera vez que la técnica de IT es una alternativa para la micropropagación comercial de *A. andreaeanum*. Además de aumentar la tasa de multiplicación, estos sistemas mejoran la calidad de los brotes sin una etapa previa de enraizamiento y promueven una mayor tasa de supervivencia durante la aclimatización.

## Literatura citada

- Bejoy, M., V. R. Sumitha, N. P. Anish. 2008. Foliar regeneration in *Anthurium andraeanum* Hort. cv. Agnihothri. *Biotechnol.* 7 (1): 134-138.
- Bhattacharya, C., A. Dam, J. Karmakar, and T. K. Bandyopadhyay. 2015. Efficient organogenesis from the induced meristemoid of *Anthurium andraeanum* Linden cv. *Tinora*. *Plant Sci. Today* 2 (2): 82-86.
- Dewir, Y.H., Y. Indoliya, D. Chakrabarty and K. Y. Paek. 2014. Biochemical and physiological aspects of hyperhydricity in liquid culture system. *Production of Biomass and Bioactive Compounds Using Bioreactor Technology*. Springer, Netherlands, pp.693-709.
- Gantait, S., N. Mandal, S. Bhattacharyya and P. K. Das. 2008. *In vitro* mass multiplication with pure genetic identity in *Anthurium andreaeanum* Lind. *Plant Tissue Cult. Biotechnol.* 18 (2): 113-122.
- Gantait, S., U. R. Sinniah, N. Mandal and P. K. Das. 2012. Direct induction of protocorm like bodies from shoot tips, plantlet formation, and clonal fidelity analysis in *Anthurium andreaeanum* cv. *CanCan*. *J. Plant Growth Regul.* 67 (3): 257-270.
- Georgiev, V., A. Schumann, A. Pavlov and T. Bley. 2014. Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Eng. Life Sci.* 14 (6): 607-621.
- Hahn, E. J. and K. Y. Paek. 2005. Multiplication of Chrysanthemum shoots in bioreactors as affected by culture method and inoculation density of single node stems. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 81 (3): 301-306.
- Harborne, J.B. 1973. Nitrogen compounds. *Phytochemical Methods*. Springer, The Netherlands, pp. 166-211.



- Lorenzo, J. C., B. L. González, M. Escalona, C. Teisson and C. Borroto. 1998. Sugarcane shoot formation in an improved temporary immersion system. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 54 (3): 197-200.
- Martin, K.P., D. Joseph, J. Madassery and V. J. Philip. 2003. Direct shoot regeneration from lamina explants of two commercial cut flower cultivars of *Anthurium andraeanum* Hort. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 39 (5): 500-504.
- Martínez-Estrada, E., J. H. Caamal-Velázquez, V. Morales-Ramos and J. J. Bello-Bello. 2016. Light emitting diodes improve in vitro shoot multiplication and growth of *Anthurium andreanum* Lind. *Prop. Ornam. Plants* 16 (1): 3-8.
- Martre, P., D. Lacan, D. Just and C. Teisson. 2001. Physiological effects of temporary immersion on *Hevea brasiliensis* callus. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 67 (1): 25-35.
- Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15 (3): 473-497.
- Ramírez-Mosqueda, M.A., and L. G. Iglesias-Andreu. 2016. Evaluation of different temporary immersion systems (BIT®, BIG, and RITA®) in the micropropagation of *Vanilla planifolia* Jacks. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 52 (2): 154-160.
- Ramos-Castellá, A., L. G. Iglesias-Andreu, J. Bello-Bello, H. Lee-Espinosa. 2014. Improved propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 50 (5): 576-581.
- Regueira, M., E. Rial, B. Blanco, B. Bogo, A. Aldrey, B. Correa, et al. 2018. Micropropagation of axillary shoots of *Salix viminalis* using a temporary immersion system. *Trees* 32 (1): 61-71.
- Roels, S., C. Noceda, M. Escalona, J. Sandoval, M. J. Canal, R. Rodriguez, et al. 2006. The effect of headspace renewal in a temporary immersion bioreactor on plantain (Musa AAB) shoot proliferation and quality. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 84(2):155-163.
- Vieira, L., H. P. de Freitas F., K. G. dos Anjos, C. C. Puttkammer, R. F. Scherer, D. A. da Silva, et al. 2015. Light emitting diodes (LED) increase the stomata formation and chlorophyll content in *Musa acuminata* (AAA) 'Nanicão Corupá' in vitro plantlets. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 27 (2): 91-98.
- Watt, M.P., 2012. The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation. *Afr. J. Biotechnol.* 11 (76): 14025-14035.





- Wilkinson, H.P., 1980. In: Metcalfe, C.R., Chalk, L. (Eds.), *The Plant Surface (Mainly Leaf). Anatomy of the dicotyledons. I.* Clarendon Press, Oxford, pp. 97-165.
- Zobayed, S.M.A., 2005. Ventilation in micropropagation. Photoautotrophic (Sugar-Free Medium) micropropagation as a new micropropagation and transplant production system. Springer, Dordrecht, pp. 147-186.



## CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE LA MALANGA (*Colocasia esculenta* L. Schott) POR CRECIMIENTO MÍNIMO

Eucario Mancilla Álvarez<sup>327</sup>, Marco A. Ramírez Mosqueda<sup>327, 328</sup>, Samantha Arano Avalos<sup>328</sup>,  
Rosalía Núñez Pastrana<sup>327</sup>, Alberto Asiain Hoyos<sup>329</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>330\*</sup>

### Resumen

La malanga (*Colocasia esculenta*) es un recurso fitogenético que necesita estrategias biotecnológicas para su conservación. Una alternativa para ahorrar tiempo, mano de obra y espacio, es la conservación *in vitro*. El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo de conservación *in vitro* del germoplasma de *C. esculenta* var. criolla. Para la conservación a través de un crecimiento mínimo, evaluamos diferentes concentraciones de sales de Murashige y Skoog (MS) ( $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , y  $\frac{3}{4}$ ), un inhibidor de crecimiento ancimidol (0, 1, 2 y 3 mg/L) y un osmoregulador Polietilenglicol (PEG-8000 mw) a diferentes concentraciones (0, 10, 20 y 30 g/l). Después de 24 semanas de cultivo, se evaluó el porcentaje de supervivencia, número y longitud de brotes, número de hojas y raíces por explante. Durante la conservación *in vitro*, se observó que el tratamiento suplementado con 2 mg/L de ancimidol disminuyó el desarrollo, sin afectar la supervivencia del germoplasma de *C. esculenta*. Este estudio contribuirá al establecimiento de programas de mejoramiento genético a través de la conservación *in vitro* de este valioso recurso filogenético.

**Palabras clave:** banco de germoplasma, ancimidol, polietilenglicol, clones

<sup>327</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Campus Córdoba.

<sup>328</sup> Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados.

<sup>329</sup> Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados.

<sup>330</sup> CONACyT-Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. \* e-mail: [jericobello@gmail.com](mailto:jericobello@gmail.com)



## Introducción

Malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es un cultivo tropical, comercialmente valioso debido al alto contenido de nutrientes en sus tubérculos, y por su uso tanto en medicina como en el desarrollo de biocombustibles (Eleazu, 2016; Ogali *et al.*, 2016; Talukder *et al.*, 2015; Kaur *et al.*, 2013). Las hojas y los cormos de *C. esculenta* tienen un alto contenido de almidón, proteínas, vitaminas, polisacáridos y varios elementos traza que se utilizan en la industria alimentaria (Kaur *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2012). Además, en esta especie se ha documentado la presencia de metabolitos secundarios con actividad antitumoral, antimetastásica, antioxidante y antiinflamatoria (Eleazu, 2016; Yu *et al.*, 2015; Park *et al.*, 2013; Kundu *et al.*, 2012; Chan *et al.*, 2010; Cambie and Ferguson, 2003). Éstas características y beneficios nutricionales hacen de la malanga un recurso genético vegetal de valor comercial. Estos recursos se consideran la base de la seguridad alimentaria; por esta razón, se deben implementar estrategias dirigidas a su conservación (FAO, 2018; Hidalgo y Cabrera, 2014). Una estrategia para la conservación del germoplasma vegetal incluye las técnicas de Cultivo de Tejidos Vegetales mediante el establecimiento de un banco de germoplasma *in vitro* (Gantait *et al.*, 2018; Offord, 2017).

Los sistemas de conservación *in vitro* a mediano plazo ofrecen la ventaja de ahorrar recursos como materiales, espacio y mano de obra, además de preservar el material vegetal durante un período de tiempo indeterminado a través del subcultivo (da Silva *et al.*, 2016; Pacheco *et al.*, 2016). Una opción para reducir la tasa de desarrollo *in vitro* consiste en reducir las concentraciones de sales de MS para minimizar la fuente de nutrientes (Pacheco *et al.*, 2016; Mora *et al.*, 2011), el uso de inhibidores del crecimiento como el ancimidol (El-Dawayati *et al.*, 2012; Sarkar *et al.*, 2001) y osmoreguladores como polietilenglicol (PEG-800) (Seesangboon *et al.*, 2018). Las aplicaciones del ancimidol en la fisiología vegetal tienen diferentes efectos sobre la inhibición de las giberelinas (Guajardo *et al.*, 2016). Mientras que el agente osmorregulador PEG es un compuesto inerte y no tóxico para cultivos *in vitro* debido a su alto peso molecular, que impide su entrada en las células vegetales (de Araújo *et al.*, 2016; Rai *et al.*, 2011).



En los últimos años, la conservación *in vitro* ha demostrado ser una opción eficaz para preservar el germoplasma de diferentes especies de plantas, como la yuca (*Manihot esculenta*) (Barrueto and Carvalho, 2008), azucenas (*Hemerocallis* spp.) (Chen *et al.*, 2005), regaliz (*Glycyrrhiza glabra*) (Srivastava *et al.*, 2013), vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) (Divakaran and Babu, 2009) (*Vanilla planifolia* Jacks.) (Bello-Bello *et al.*, 2015) y uva (*Vitis vinifera* L.) (Hassan *et al.*, 2014).

Para malanga, existen estudios de conservación *in vitro* a largo plazo (Bessembinder *et al.*, 1993, Sant *et al.*, 2008). Sin embargo, no existe un estudio de la conservación *in vitro* a mediano plazo que garantice el material conservado. Aunado a esto, establecer la estrategia de conservación para una especie en particular requiere el desarrollo de un sistema de regeneración *in vitro* (Bonilla *et al.*, 2015; da Silva *et al.*, 2016).

En este contexto el método convencional de proliferación de tubérculos a partir de raíces es laborioso e insuficiente para satisfacer la creciente demanda de la población (Chavan *et al.*, 2018). Este estudio pretende desarrollar un protocolo eficiente para la conservación *in vitro* del germoplasma de *C. esculenta*, como contribución para implementar estrategias para la preservación de este valioso recurso fitogenético.

## **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Localizado geográficamente a 19° 27' latitud N y 98° 53' longitud O, a 720 msnm. Dicho trabajo se realizó durante el periodo comprendido de agosto 2018 a mayo 2019. El cual tiene certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018), por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de





plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) y estevia (*Stevia rebaudiana* B.).

**Material vegetal.** Las plantas utilizadas se obtuvieron del banco de germoplasma del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Para la desinfección del material vegetal, los ápices de malanga tipo "criolla" se cortaron y lavaron con agua del grifo y jabón. En el laboratorio, estos ápices se sumergieron en una solución que contenía 1 g/l de fungicida Cupravit® (Bayer, Leverkusen, DE) y 1 g/l de bactericida Agri-mycin® (Pfizer, Nueva York, EE). Después, en la campana de flujo laminar se extrajeron los cormos con una longitud promedio de 5 cm. Estos se sumergieron en una solución de NaCl al 15% (v/v) que contenía dos gotas de Tween 20 por 100 mL de solución durante 20 min, luego en etanol al 96% durante 1 min, y luego se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril. Finalmente, se utilizó un bisturí para extraer los meristemas apicales (0.5 cm de longitud). Todos los meristemas se cultivaron en medio MS (Murashige and Skoog, 1962) suplementados con 30 g/l de sacarosa y sin reguladores del crecimiento de las plantas (PGR). Phytigel a 2.2 g/l se usó como agente gelificante. El pH del medio se ajustó a  $5.8 \pm 0.2$  y los matraces de cultivo se autoclavaron a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $121^\circ\text{C}$  durante 15 min. Los cultivos se incubaron a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  con una irradianza de  $50 \pm 5 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$  provisto por lámparas fluorescentes.

**Conservación in vitro.** Para la conservación *in vitro* mediante crecimiento mínimo, vitroplántulas de aproximadamente 1 cm de longitud fueron transferidos a tubos de ensayo (22 x 220 mm) que contenían 15 mL de medio MS. 2.2 g/l de Phytigel se usó como agente gelificante. Se evaluaron diferentes concentraciones de sales de MS (concentraciones de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , y  $\frac{3}{4}$ ); en otro tratamiento se adiciono el inhibidor del crecimiento ancimidol (1, 2 y 3 mg/L) y el ósmorregulador de crecimiento polietilenglicol (PEG-8000) a diferentes concentraciones (10, 20 y 30 g/l). El tratamiento de control consistió en un medio de MS al 100% (potencia completa). El pH, la esterilización del medio de cultivo y la incubación fueron como se describió anteriormente. Después de 24 semanas de cultivo, se registró el porcentaje de supervivencia, número de brotes, longitud, hojas y raíces por explante.



**Análisis estadístico.** El diseño experimental utilizado en el experimento fue completamente al azar, todos los experimentos se realizaron por triplicado. Se utilizaron 25 explantes por tratamiento (un explante por tubo de ensayo). Los datos obtenidos fueron analizados utilizando análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el software IBM SPSS® Estadísticas (Versión 21 para Windows). La normalidad y la homogeneidad de la varianza se verificaron mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Cuando las variables no mostraron estos parámetros, se transformaron en logaritmo natural (ln). Los datos porcentuales se transformaron en arcoseno antes del análisis estadístico.

## Resultados y discusión

Se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados para la conservación *in vitro* (Cuadro 1). Los mayores porcentajes de supervivencia se observaron en los tratamientos con ancimidol, 1 y 2 mg/L, con 96.66% y los tratamientos con medio MS a la concentración de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ , con 95.83% de sobrevivencia. El porcentaje de supervivencia más bajo se observó en un medio suplementado con 30 g/l de PEG con 53.33%. El mayor número de brotes por explante se observó en los tratamientos con 10 y 20 % de PEG y con 3.0 y 3.2 brotes por explante, respectivamente. En contraste, las sales de MS más bajas y 30% de PEG redujeron un número menor de brotes por explante (Figura 1). La mayor longitud de brote se observó en los tratamientos de MS,  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{2}$ , con 10.1, 9.9 y 9.7 cm de longitud respectivamente, mientras que la menor altura de los brotes se obtuvo con la adicción de 2 y 3 mg/L de ancimidol al medio de cultivo, con 4.66 y 4.76 cm de longitud promedio por brote. Respecto al número de hoja por brote, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, los valores comprenden de 3-5 hojas por explante. Mientras que para el número de raíces no se observaron diferencias significativas. Para la variable longitud de raíces, todos los tratamientos con ancimidol dieron como resultados un tamaño de raíz más



pequeño. Actualmente, las estrategias biotecnológicas que comprenden el cultivo de tejidos vegetales son la ruta factible para la propagación y la conservación en masa a través del reabastecimiento de poblaciones naturales para su utilización sostenible en el futuro (Bapat *et al.*, 2008). En este contexto, el establecimiento de bancos de germoplasma *in vitro* por crecimiento mínimo ha sido utilizado con éxito en otras especies con interés agroalimentario como: coco (*Cocos nucifera* L.) (Lédo *et al.*, 2014), Fotinia de punta roja (*Photinia × fraseri* Dress) (Akdemir *et al.*, 2010), piña (*Ananas comosus* L. Merr.) (Soneji *et al.*, 2002) Calabaza (*Trichosanthes dioica*) (Singh *et al.*, 2015), alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) (Tavazza *et al.*, 2015), caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (Bello-Bello *et al.*, 2014; Nogueira *et al.*, 2015), palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) (El-Bahr *et al.*, 2016), pasiflora (*Passiflora* spp.) (Pacheco *et al.*, 2016) y vainilla (*Vanilla planifolia*) (Bello-Bello *et al.*, 2015). Sin embargo, en ninguno de estos estudios se reporta el uso de ancimidol como alternativa en un programa de conservación *in vitro*.

**Cuadro 1. Efecto de la concentración de medio MS e inhibidores del crecimiento (ANC) y polietilenglicol (PEG) sobre la conservación *in vitro* de *C. esculenta*. Los valores representan la media  $\pm$  ES (error estándar). Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).**

Tratamiento	Concen tración	Supervivencia (%)	Núm. de brotes por explante	Longitud de los brotes (cm)	Núm. de hojas por brote	Núm. de raíces por explante	Longitud de raíz
Testigo	MS	91.66 $\pm$ 4.16 <sup>ab</sup>	2.20 $\pm$ 0.24 <sup>bc</sup>	10.10 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	4.90 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	14.50 $\pm$ 1.38 <sup>a</sup>	6.00 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>
MS	¼	79.16 $\pm$ 8.33 <sup>bc</sup>	1.40 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	6.20 $\pm$ 0.38 <sup>bc</sup>	3.41 $\pm$ 0.22 <sup>bc</sup>	16.25 $\pm$ 1.25 <sup>a</sup>	5.66 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>
	½	95.83 $\pm$ 4.16 <sup>a</sup>	1.63 $\pm$ 0.24 <sup>c</sup>	9.76 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>	4.90 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	16.72 $\pm$ 1.14 <sup>a</sup>	6.08 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>
	¾	95.83 $\pm$ 4.16 <sup>a</sup>	1.60 $\pm$ 0.26 <sup>c</sup>	9.90 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	5.00 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	16.18 $\pm$ 1.32 <sup>a</sup>	5.90 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup>
ANC (mg L <sup>-1</sup> )	1	96.66 $\pm$ 3.33 <sup>a</sup>	2.00 $\pm$ 0.21 <sup>c</sup>	9.16 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	4.83 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	15.00 $\pm$ 1.18 <sup>a</sup>	4.00 $\pm$ 0.24 <sup>b</sup>
	2	96.66 $\pm$ 3.33 <sup>a</sup>	2.27 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	4.76 $\pm$ 0.32 <sup>c</sup>	4.00 $\pm$ 0.26 <sup>abc</sup>	14.45 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>	3.69 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>
	3	79.16 $\pm$ 8.33 <sup>bc</sup>	2.30 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	4.66 $\pm$ 0.30 <sup>c</sup>	3.22 $\pm$ 0.27 <sup>bc</sup>	13.72 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>	2.88 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>
PEG (g L <sup>-1</sup> )	10	76.66 $\pm$ 1.66 <sup>bc</sup>	3.00 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	6.58 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	4.33 $\pm$ 0.35 <sup>ab</sup>	13.16 $\pm$ 0.99 <sup>a</sup>	6.26 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>
	20	66.66 $\pm$ 4.16 <sup>bc</sup>	3.26 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	5.54 $\pm$ 0.36 <sup>bc</sup>	3.20 $\pm$ 0.20 <sup>bc</sup>	14.50 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>	6.07 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>
	30	53.33 $\pm$ 3.33 <sup>c</sup>	1.53 $\pm$ 0.19 <sup>c</sup>	5.60 $\pm$ 0.33 <sup>bc</sup>	3.00 $\pm$ 0.21 <sup>c</sup>	14.69 $\pm$ 0.73 <sup>a</sup>	6.50 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>

Hay informes de la conservación *in vitro* de malanga. Bessembinder *et al.* (1993) lograron conservar durante 8 años vitroplántulas bajo crecimiento mínimo. Sin embargo, mencionaron que la adición prolongada de manitol al medio de cultivo afectaba la supervivencia y la regeneración, causando anomalías y la muerte de los



explantes. Por otro lado, Sant *et al.* (2008) implementaron la técnica de vitrificación de gotitas en *Colocasia esculenta* var. *esculenta* Sin embargo, no crioconservaron material vegetal durante mucho tiempo.

Es ampliamente documentado que el ancimidol inhiben la biosíntesis de las giberelinas, bloqueando la conversión de ent-kaureno en ácido ent-kaurenoico, disminuyendo la longitud del entrenudo y el tamaño de la hoja (Hernández-Altamirano *et al.*, 2018). En nuestro estudio se observó una relación entre la concentración de ancimidol utilizadas y la reducción de longitud de brotes de *C. esculenta* cultivadas *in vitro*. Esto concuerda con lo reportado en plántulas cultivadas *in vitro* de calabaza (*Trichosanthes dioica*) (Singh *et al.*, 2015), papa (*Solanum tuberosum*) (Sarkar *et al.*, 2001) y en espárrago (*Asparagu setaceus*) (Pindel A. 2017).



**Figura 1. Efecto de la concentración de medio Murashige and Skoog (MS), osmorregulador e inhibidores del crecimiento sobre la conservación *in vitro* de *C. esculenta*. A) Medio MS (0, 25, 50 y 75%, izquierda a derecha, respectivamente); B) ancimidol (0, 1, 2 y 3 mg/L, izquierda a derecha, respectivamente); C) PEG (0, 10, 20 y 30 g/l, izquierda a derecha, respectivamente). Bar. =1 cm.**

Por otra parte, el uso PEG en la conservación *in vitro* de *C. esculenta* disminuyó el porcentaje de supervivencia a medida que se incrementa la concentración de PEG en el medio de cultivo, esto debido al estrés osmótico que genera esta molécula. El cambio de potencial osmótico del medio de cultivo afecta la concentración de





nutrientes y la tasa de crecimiento en el cultivo *in vitro* (Sahoo *et al.*, 2018). En contraste con nuestros resultados, el PEG en concentraciones de 1-15 g/l ha sido utilizado con éxito en la conservación *in vitro* de diversas especies como regaliz (*Glycyrrhiza glabra*) (Srivastava *et al.*, 2013), Jojoba (*Simmondsia chinensis*) (Bekheet *et al.*, 2016) y vainilla (*Vanilla planifolia*) (Bello-Bello *et al.*, 2015). Respecto al uso reducido de sales MS ha sido utilizado en la conservación *in vitro* por mínimo crecimiento en la uña de gato (*Uncaria tomentosa*) (Mora *et al.*, 2011). Lo cual contrasta con nuestro estudio, debido a que la reducción de sales MS no tuvo un efecto significativo para las variables de desarrollo evaluadas, en comparación con nuestro tratamiento testigo. Este hecho se debió probablemente debido a bajos requerimientos nutricionales de *C. esculenta*.

## Conclusiones

1. El uso de inhibidores del crecimiento como el ancimidol, reduce el crecimiento sin afectar la supervivencia (96.66%) de las plantas en conservación *in vitro* de malanga.
2. Se estableció un protocolo para la conservación *in vitro* de *C. esculenta* por crecimiento mínimo validado para la variedad criolla, el cual podría ser evaluado en otras variedades de este valioso recurso filogenético.
3. Los sistemas de conservación *in vitro* contribuyen a las estrategias de preservación y reintroducción de germoplasma de este valioso recurso fitogenético.

## Agradecimientos

Se agradece al Fondo Sectorial SADER-CONACYT por financiar parcialmente esta investigación a través del proyecto "Aprovechamiento de la diversidad genética y



desarrollo de la tecnología sustentable de producción, beneficio y manejo poscosecha de la malanga” con clave SAGARPA-2015-3-265427.

## Literatura citada

- Akdemir, H., E. Kaya and Y. Ozden. 2010. *In vitro* proliferation and minimum growth storage of fraser photinia: Influences of different medium, sugar combinations and culture vessels. *Scientia Hort.* 126:268-275.
- Bapat, V. A., S. R. Yadav and G. B. Dixit. 2008. Rescue of endangered plants through biotechnological applications. *Natl. Acad. Sci. Lett.* 1:201-210.
- Barrueto, C. L. P. and L. L. Carvalho. 2008. Importance of abscisic acid (ABA) in the *in vitro* conservation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Chil. J. Agr. Res.* 68:304-308.
- Bekheet, S. A., M. A. Matter and A.A. El-Ashry. 2016. *In vitro* conservation of jojoba (*Simmondsia chinensis*) shootlet cultures using osmotic stress and low temperature. *Middle East J.* 5:396-402.
- Bello-Bello, J., W. Poot-Poot, L. Iglesias-Andreu, H. Caamal-Velazquez and M. de la Cruz Diaz- Sanchez. 2014. Comparison of effect of osmoregulators and growth inhibitors on *in vitro* conservation of sugarcane. *Agrociencia* 48:439-446.
- Bello-Bello, J. J., G. G. García-García and L. Iglesias-Andreu. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) bajo condiciones de lento crecimiento *in vitro*. *Rev. Fitotec.Mex.* 38:165-171.
- Bessembinder, J. J. E., Staritsky, G., and Zandvoort, E. A. (1993). Long-term *in vitro* storage of *Colocasia esculenta* under minimal growth conditions. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 33(2): 121-127.
- Bonilla, M., M. Mancipe and M. Aguirre. 2015. *In vitro* conservation: A perspective for the management of phylogenetic resources. *Rev. Investig. Agrar. Ambient. Bogota* 6:67-81.
- Cambie, R.C. and L. R. Ferguson. 2003. Potential functional foods in the traditional Maori diet. *Mutat. Res. Fundam. Mol. Mech. Mutagen.* 523:109-117.
- Chan, Y. S., J. H. Wong and T.N. Bun. 2010. Cytokine-inducing hemagglutinin from small taros. *Protein Pept. Lett.* 17:823-830.



- Chavan, J. J., N. B. Gaikwad, G. B. Dixit, S. R. Yadav and V.A. Bapat. 2018. Biotechnological interventions for propagation, conservation and improvement of 'Lantern Flowers' (*Ceropegia* spp.). *S. Afr. J. Bot.* 14:192-216.
- Chen, J., D. E. Hall and V. De Luca. 2005. Effects of the growth retardant paclobutrazol on largescale micropropagation of daylily (*Heemerocallis* spp.). *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 41:58-62.
- da Silva, R. L., C. F. Ferreira, C.A. da Silva L., E. H. de Souza, P. H. da Silva, M. A. P. de Carvalho C., *et al.* 2016. Viability and genetic stability of pineapple germplasm after 10 years of *in vitro* conservation. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 127:123-133.
- de Araújo S. M. M., L. Willadino, D.Y.A.C. dos Santos, A. F. M. Oliveira and T. R. Camara. 2016. Response of *Ricinus communis* L. to *in vitro* water stress induced by polyethylene glycol. *Plant Growth Regulat.* 78:195-204.
- Divakaran, M. and K. N. Babu. 2009. Micropropagation and *in vitro* conservation of *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Andrews), p. 129-138. *In: Protocols for in vitro cultures and secondary metabolite analysis of aromatic and medicinal plants.* Humana Press, Totowa, NJ.
- El-Bahr, M. K., A. A. EL-Hamid, M. A. Matter, A. Shaltout, S. A. Bekheet and A. A. El-Ashry. 2016. *In vitro* conservation of embryogenic cultures of date palm using osmotic mediated growth agents. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 14:363-370.
- El-Dawayati, M. M., Z. E. Zaid and S. F. Elsharabasy. 2012. Effect of conservation on steroids contents of callus explants of date palm cv. sakkoti. *Austral. J. Basic Appl. Sci.* 6:305-310.
- Eleazu, C.O. 2016. Characterization of the natural products in cocoyam (*Colocasia esculenta*) using GC-MS. *Pharm. Biol.* 54:2880-2885.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. Malanga: Raices y tuberculos. <[http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prod\\_alim/prodveg/cdrom/contenido/libro11/cap3.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prod_alim/prodveg/cdrom/contenido/libro11/cap3.htm)>.
- Gantait, S., M. M. El-Dawayati, J. Panigrahi, C. Labrooy and S. K. Verma. 2018. The retrospect and prospect of the applications of biotechnology in *Phoenix dactylifera* L. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102:8229-8259.



- Guajardo, E., J. A. Correa and L. Contreras-Porcía. 2016. Role of abscisic acid (ABA) in activating antioxidant tolerance responses to desiccation stress in intertidal seaweed species. *Planta* 243:767-781.
- Hassan, N. A., R. G. Stino, A. H. Gomaa and R. M. Al-Mousa. 2014. *In vitro* medium-term germplasm conservation and genetic stability of grape (*Vitis vinifera* L.). *J. Hort. Sci. Ornamental. Pl.* 6:9-17.
- Hernández-Altamirano, J. M., A. Largo-Gosens, R. Martínez-Rubio, D. Pereda, J. M. Álvarez, J. L. Acebes, *et al.* 2018. Effect of ancymidol on cell wall metabolism in growing maize cells. *Planta* 247:987-999.
- Hidalgo, R. H., and F. A. V. Cabrera. 2014. Bases para el estudio de los recursos genéticos de especies cultivadas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 284.
- Jiang, S. T., Y. Z. Cheng, Z. Zheng and L. J. Pan. 2012. Analysis and evaluation of nutritional components of red bud taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Food Sci.* 33:269-272.
- Kaur, M., P. Kaushal and K. S. Sandhu. 2013. Studies on physicochemical and pasting properties of Taro (*Colocasia esculenta* L.) flour in comparison with a cereal, tuber and legume flour. *J. Food Sci. Technol.* 50:94-100.
- Kundu, N., P. Campbell, B. Hampton, C. Y. Lin, X. Ma, N. Ambulos, *et al.* 2012. Antimetastatic activity isolated from *Colocasia esculenta* (taro). *Anticancer Drugs* 23:200-211.
- Lédo, A. D. S., C. R. F. Moura, C. D. A. Machado, S. R. R. Ramos, A. V. C. D. Silva and C.A.D.S. Lédo. 2014. Mannitol for coconut *ex situ* conservation by minimum growth. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 49:148-151.
- Mora, N. C., M. B. Huertas, A. A. Esquivel y S. A. Venutolo. 2011. Establecimiento de un protocolo para la conservación *in vitro* a mediano plazo de uña de gato (*Uncaria tomentosa* (Willd). DC). *Tecnol. Marcha* 24:19-29.
- Nogueira, G. F., L. A. S. Pio, M. Pasqual, A. Amaral and J. E. Scherwinski-Pereira. 2015. An approach on the *in vitro* maintenance of sugarcane with views for conservation and monitoring of plant nuclear DNA contents via flow cytometry. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 51:220-230.
- Offord, C. A. 2017. Germplasm conservation. *Encyclopedia of applied plant sciences* 2:281-288.





- Ogali, R. E., S. E. Ofodile and C. Eze. 2016. Comparison of bioethanol yield from four cocoyam species in Nigeria. *J. Chem. Soc. Niger* 41:53-57.
- Pacheco, G., M. J. Simáo, M. G. Vianna, R. O. Garcia, M. L. C. Vieira and E. Mansur. 2016. *In vitro* conservation of *Passiflora* a review. *Scientia Hort.* 211:305-311.
- Park, H. R., H. S. Lee, S. Y. Cho, Y. S. Kim and K. S. Shin. 2013. Anti-metastatic effect of polysaccharide isolated from *Colocasia esculenta* is exerted through immunostimulation. *Intl. J. Mol. Med.* 31:361-368.
- Pindel, A. 2017. Regeneration capacity of *Asparagus setaceus* (Kunth) Jessop 'pyramidalis' in *in vitro* cultures. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 16:85-93.
- Rai, M. K., R. K. Kalia, R. Singh, M. P. Gangola and A. K. Dhawan. 2011. Developing stress tolerant plants through *in vitro* selection an overview of the recent progress. *Environ. Exp. Bot.* 71:89-98.
- Sahoo, M. R., M. Dasgupta, P. C. Kole and A. Mukherjee. 2018. Photosynthetic, physiological and biochemical events associated with polyethylene glycol-mediated osmotic stress tolerance in taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Photosynthetica* 56:1069-1080.
- Sant, R., B. Panis, M. Taylor and A. Tyagi. 2008. Cryopreservation of shoot-tips by droplet vitrification applicable to all taro (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) accessions. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 92(1): 107-111.
- Sarkar, D., S. K. Chakrabarti and P. S. Naik. 2001. Slow-growth conservation of potato microplants: Efficacy of ancymidol for long-term storage *in vitro*. *Euphytica* 117:133-142.
- Seesangboon, A., L. Grunec, T. Pokawattana, P. D. Eungwanichayapant, J. Tovanaronte and S. Popluechai. 2018. Transcriptome analysis of *Jatropha curcas* L. flower buds responded to the paclobutrazol treatment. *Plant Physiol. Biochem.* 127:276-286.
- Singh, H., S. Kumar and B. D. Singh. 2015. *In vitro* conservation of pointed gourd (*Trichosanthes dioica*) germplasm through slow-growth shoot cultures: Effect of flurprimidol and triiodobenzoic acid. *Scientia Hort.* 182:41-46.
- Soneji, J., P. Rao and M. Mhatre. 2002. Germination of synthetic seeds of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). *Plant Cell Rpt.* 20:891-894.



- Srivastava, M., D. K. Purshottam, A. K. Srivastava and P. Misra. 2013. *In vitro* conservation of *Glycyrrhiza glabra* by slow growth culture. Intl. J. Biotechnol. Res. 3:49-58.
- Talukder, A. A., S. I. Sujon, M. M. Hossain, D. J. Gomes and M. Yamada. 2015. Production of bioethanol at high temperature from tari. Adv. Microbiol. 5:325-335.
- Tavazza, R., N. A. Rey, V. Papacchioli and M. A. Pagnotta. 2015. A validated slow-growth *in vitro* conservation protocol for globe artichoke germplasm: A cost-effective tool to preserve from wild to elite genotypes. Scientia Hort. 197:135-143.
- Yu, J. G., P. Liu, J. A. Duan, Z. X. Tang and Y. Yang. 2015. Itches-stimulating compounds from *Colocasia esculenta* (taro): Bioactive-guided screening and LC-MS/MS identification. Bioorg. Med. Chem. Lett. 25:4382-4386.



## EFFECTO ANTIOXIDANTE DE L-CISTEÍNA DURANTE EL ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE PIMIENTA (*Pimenta dioica* L. Merrill)

Sugey Vásquez Hernández<sup>331</sup>, Carlos Alberto Cruz Cruz<sup>331</sup>, Martín Mata Rosas<sup>332</sup>, Maricela Santiago Santiago<sup>333</sup>, Lizette Paulina Chávez Zepeda<sup>334</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>335\*</sup>

### Resumen

La pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) es una de las especias cultivadas más importantes gracias a sus cualidades terapéuticas y culinarias. Sin embargo, por ser una especie *dioica*, los árboles machos no producen semillas, y el método de propagación por esquejes no garantiza la calidad genética y fitosanitaria para la plantación comercial de este cultivo. Por ello, el empleo de técnicas de Cultivo de Tejidos Vegetales es una opción para la clonación *in vitro* de plantas genéticamente iguales y rejuvenecidas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de L-Cisteína en concentraciones de 0, 50, 100 y 200 mg/L durante la introducción *in vitro* de *P. dioica*, para evitar la fenolización de las yemas utilizadas como explantes. Se determinó el contenido de fenoles totales, fenoles ligados a la pared, capacidad antioxidante y peroxidación lipídica. La adición de 200 mg/L de L-Cisteína mostró la mayor producción de fenoles totales con  $14702 \pm 72.65$  mg GAE/g DW. En relación a la cantidad de fenoles ligados a la pared, el contenido más alto se presentó con la adición de 200 mg/L de L-Cisteína con  $14702 \pm 72.65$  mg GAE/g DW, mientras que el análisis de la capacidad antioxidante mostró una correlación con la cantidad de fenoles producidos. Respecto al nivel de peroxidación lipídica, el contenido de malondialdehídos (MDA) disminuyó significativamente respecto al control en todos los tratamientos con la adición de L-Cisteína, un aumento en el contenido de MDA indica un mayor nivel de estrés oxidativo en los tejidos. En conclusión, la adición de

<sup>331</sup> Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana campus Orizaba

<sup>332</sup> Instituto de Ecología, A.C. - INECOL.

<sup>333</sup> La Joya del Totonacapan

<sup>334</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba

<sup>335</sup> CONACYT- Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados \* jericobello@gmail.com



L-Cisteína al medio de cultivo mostró mayor producción de compuestos fenólicos, un aumento en la capacidad antioxidante y una disminución en el contenido de malondialdehídos, siendo una alternativa para reducir la oxidación durante la introducción *in vitro* de pimienta y otras especies de interés.

**Palabras clave:** capacidad antioxidante, explantes, fenoles, peroxidación lipídica

## Introducción

El cultivo de plantas utilizadas como especias tiene un rol importante en la industria de los alimentos. Dentro de las especias cultivadas, la pimienta (*Pimenta dioica* L. Merrill) contiene aceite esencial de gran valor económico en el mercado internacional, debido a su alto nivel de eugenol (Monteiro *et al.*, 2011). La *P. dioica*, también llamada pimienta gorda, es originaria de México y Centroamérica y ha sido domesticada en varios países tropicales del mundo (Martínez *et al.*, 2013), es conocida por su aroma y sabor característico con usos terapéuticos y culinarios, se cultiva en Jamaica, Cuba, Haití, Brasil, América Central, Antillas, Venezuela, Honduras, Guatemala, Granada y México (Dharmadasa *et al.*, 2015).

La pimienta se puede propagar por semillas o esquejes; sin embargo, por ser una especie *dioica*, los árboles macho no producen semillas, y el método de propagación por esquejes no garantiza la calidad fitosanitaria de las plantas para su cultivo. El empleo de técnicas biotecnológicas mediante Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV) es importante para la micropropagación de plantas bajo condiciones asépticas (García *et al.*, 2015). Sin embargo la etapa de establecimiento *in vitro* constituye una de las principales limitantes para la micropropagación comercial de plantas, especialmente cuando los explantes provienen de plantas leñosas (Ramírez *et al.*, 1999), o presentan recalcitrancia *in vitro*. La oxidación de los explantes es una de las causas de la recalcitrancia durante el cultivo *in vitro* de plantas, y es ocasionada por radicales libres, así como por la oxidación de compuestos fenólicos para producir quinonas (Azofeifa, 2009), ocasionando la





fenolización y necrosis de los tejidos vegetales (Sharry *et al.*, 2015). La oxidación está estrechamente relacionada con el estrés oxidativo que sufren las células cultivadas *in vitro* provocando la estimulación del metabolismo de los compuestos fenólicos (Nierto y Valdiviezo 2013), los cuales se sintetizan en respuesta al estrés que genera el corte del explante y son liberados al medio de cultivo ocasionando la muerte de los mismos (Sarropoulou *et al.*, 2016). El estrés oxidativo puede ser desencadenado por la producción de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS) las cuales son activadas por inductores específicos (como parte del metabolismo normal de la planta) o también por mecanismos no específicos; en respuesta a un tipo de estrés o a factores ambientales (Bray *et al.*, 2000; Pompeu *et al.*, 2008), esto puede provocar cambios estructurales y funcionales a macromoléculas importantes como proteínas, ácido desoxirribonucleico, lípidos y a estructuras membranosas donde ocurren numerosas reacciones metabólicas como la fotosíntesis y la respiración (Xu *et al.*, 2011; Sabra *et al.*, 2012).

El uso de compuestos antioxidantes son una alternativa para reducir la oxidación de los explantes, de esta forma se logra aumentar sobrevivencia y capacidad de respuesta de los explantes en especies recalcitrantes a la morfogénesis *in vitro*. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de L-Cisteína en concentraciones de 0, 50, 100 y 200 mg/L sobre el contenido fenólico, capacidad antioxidante y peroxidación lipídica de explantes de *P. dioica* durante su establecimiento *in vitro*.

## **Materiales y métodos**

### **Lugar de trabajo**

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales perteneciente al Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, ubicado en el Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. El cual cuenta con la certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado:



01-016-2/COLPOS/2018, por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas libres de plagas y enfermedades manteniendo las buenas prácticas de laboratorio y cuidados con el medio ambiente mediante normas de seguridad e higiene.

### **Material vegetal y establecimiento *in vitro***

Estacas de plantas hembra de *P. dioica* ecotipo Totonacapan provenientes de la región del Totonacapan, Veracruz, México fueron colectadas y se cultivaron durante 2 meses en condiciones de invernadero bajo irradiación con luz natural de  $130 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ,  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $60 \pm 5\%$  de humedad relativa. Después de los 2 meses, se eliminaron las hojas y se tomaron segmentos nodales de 2 cm de altura como explantes.

El establecimiento inició con un lavado con agua corriente y jabón Tween<sup>®</sup> 20 en circulación continua durante 30 minutos. Posteriormente, se realizó un enjuague con agua potable. Los explantes se transfirieron a una campana de flujo laminar en donde se sumergieron en etanol al 70% v/v durante 1 minuto y se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril, se sumergieron en hipoclorito de sodio (6% ingrediente activo Clorox<sup>®</sup>) al 0.6 y 0.9% (v/v) durante 15 y 10 minutos respectivamente, adicionando 2 gotas de Tween-20<sup>®</sup> por cada 100 mL de solución. Los explantes fueron enjuagados tres veces con agua destilada estéril. Finalmente, los entrenudos fueron cultivados en diferentes tratamientos con L-Cisteína.

### **Tratamientos antioxidantes**

Se evaluó la respuesta antioxidante de L-Cisteína en concentraciones de 0, 50, 100 y 200 mg/L. Las distintas concentraciones fueron agregados al medio de cultivo MS (Murashige y Skoogy 1962), suplementado con sacarosa al 3% (p/v) y 2.5 g/L de phytigel como agente gelificante. El pH se ajustó a  $5.8 \pm 0.1$ , con HCl 0.1 N y NaOH 0.1 N, esterilizado en un autoclave a  $120^\circ\text{C}$  y 115 kPa durante 20 min. Finalmente, se sembraron 10 explantes por tratamiento de forma individual en tubos de ensaye que contenían 10 mL de medio de cultivo. Los explantes se incubaron a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  con una irradiancia de  $45 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  proporcionada por lámparas fluorescentes de 60 W



con un fotoperíodo de 16 h. A los 30 días de cultivo se evaluó el contenido de fenoles totales, fenoles ligados a la pared, capacidad antioxidante y peroxidación lipídica de los explantes sometidos a los distintos tratamientos antioxidantes.

### **Análisis de fenoles totales**

La determinación del contenido fenólico total (TPC) se llevó a cabo de acuerdo a la metodología de Payet *et al.* (2006) con algunas modificaciones. Se utilizaron 18 mg en peso seco de explantes sometidos a los diferentes tratamientos antioxidantes. Se realizaron tres lavados con una solución de metanol: agua (50:50), utilizando una concentración de extracción 1:10 masa/solvente, llevando a agitación durante 10 minutos a 250 rpm, enseguida se llevó a centrifugar durante 10 minutos a 10000 xg, para después coleccionar el sobrenadante en tubos falcón de 50 mL forrados para evitar el contacto con la luz. Se tomaron 180  $\mu$ L del sobrenadante obtenido y se adicionaron 100  $\mu$ L de reactivo Folin-Ciocalteu al 10%, llevando a homogenizar en vórtex, enseguida se adicionaron 30  $\mu$ L de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%, se homogenizó nuevamente y se incubó durante 2 horas a una temperatura de 26°C. Finalmente se midió la absorbancia a 765 nm tomando como blanco metanol.

### **Análisis de fenoles ligados a la pared**

Para la determinación del contenido fenólico ligado a la pared, al pellet obtenido una vez realizada la determinación de fenoles totales, se le adicionaron 250  $\mu$ L de hidróxido de Sodio (NaOH) 2 M, llevándose a homogenizar en vórtex, se incubó en baño maría a 70°C durante 16 horas, posteriormente se añadieron 250  $\mu$ L de ácido Clorhídrico (HCl) 2 M, se homogenizó y llevó a centrifugación a 10000 rpm durante 10 minutos, enseguida se coleccionó el sobrenadante añadiendo 900  $\mu$ L de agua destilada y 100  $\mu$ L de extracto en un tubo Eppendorf, se adicionaron 100  $\mu$ L del reactivo Folin-Ciocalteu al 10%, llevando a homogeneizar en vórtex, se dejó reposar durante 5 minutos, posteriormente se adicionaron 600  $\mu$ L de NaOH (1 M) saturado con carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y homogenizando en vórtex para incubarlo a 26°C durante 2 horas. Finalmente, se midió la absorbancia a 765 nm.



El TPC se calculó a partir de una curva de calibración de ácido gálico (0-10000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y se expresó como equivalentes en mg de ácido gálico (GAE) por g de peso seco (g DW) de explantes nodales de *P. dioica*.

### **Determinación de la capacidad antioxidante**

El ensayo DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) modificado por Huang *et al.* (2002), se utilizó para medir la capacidad de eliminación de radicales libres de las soluciones acuosas. Se tomó una alícuota de 3900  $\mu\text{L}$  de DPPH y 100  $\mu\text{L}$  de extracto, utilizando una curva de calibración de Trolox a diferentes concentraciones (de 0 a 1500  $\mu\text{M}$ ). La mezcla se incubó a 30°C durante 30 minutos y la absorbancia se midió a 515 nm, los datos se expresaron como equivalente Trolox (TE).

### **Análisis de peroxidación lipídica**

Para la determinación de la peroxidación lipídica, siguiendo la metodología propuesta por Heath y Packer (1968) con algunas modificaciones, se utilizaron 50 mg de materia vegetal fresca, se adicionó 1 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 0.1% y llevo a homogenizar en vórtex, posteriormente se centrifugo a 10000 xg durante 15 minutos, enseguida se tomaron 500  $\mu\text{L}$  del sobrenadante y se adicionaron 1 mL de TCA al 20% y 1 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) al 0.5%, llevándose a homogenizar en vórtex, se incubó en baño maría a 95°C durante 30 minutos, enseguida se enfrió en hielo. Finalmente se midió la absorbancia a 532 y 600 nm, para calcular la concentración de malondialdehidos formados por la descomposición de ácidos grasos, según la Ley de Beer-Lambert.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental de la investigación fue completamente al azar y cada tratamiento consistió de un total de 10 explantes. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los datos fueron procesados con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22 para Windows y el análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una





comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un valor de ( $p \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

## Resultados y discusión

### Fenoles totales y ligados a la pared

El mayor contenido en compuestos fenólicos totales se presentó con la adición de 200 mg/L de L-Cisteína con  $14702 \pm 72.65$  mg GAE/g DW, mientras que el resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre su contenido fenólico respecto al control (Figura 1a). Respecto al análisis de fenoles ligados a la pared el tratamiento con mayor cantidad fenólica fue la adición de a 200 mg/L de L-Cisteína con  $11585 \pm 173.21$  mg GAE/g DW, mientras que el tratamiento con menor cantidad fenólica en la pared se presentó al no adicionar L-Cisteína con  $5885 \pm 202.07$  mg GAE/g DW (Figura 1b).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de importancia (Hunter *et al.*, 2016), están compuestos de anillos aromáticos con grupos hidroxilo que pueden neutralizar los radicales libres formando un radical fenoxilo estable y cuanto más altos son los grupos hidroxilo, más fuerte es el efecto antioxidante (Rohman *et al.*, 2010). Son compatibles principalmente con el sistema de defensa natural y dependen principalmente de la etapa de desarrollo de las plantas (Fernando *et al.*, 2013), desempeñan un importante papel en la señalización planta-planta y planta-patógeno (Dixon y Palva 1995). Son reconocidos por sus propiedades antioxidantes y gran capacidad de eliminar radicales libres gracias a los electrones donados fácilmente de sus estructuras aromáticas (Shay *et al.*, 2015), forman parte de muchos medicamentos derivados de plantas debido a su actividad antioxidante (Ferrerres *et al.*, 2008). Los compuestos fenólicos tienen una importante contribución a la capacidad antioxidante teniendo una correlación lineal positiva (Padmakumari *et al.*, 2011). Los resultados muestran que la adición de L-Cisteína aumenta el contenido fenólico, reflejándose en el aumento de la actividad antioxidante. Se ha demostrado que algunas hierbas y especias como pimienta



gorda también son ricas en antioxidantes, incluso pueden superar a las frutas y verduras en comparación con cantidades consumibles equivalentes (Ramos *et al.*, 2003; Lokeshwar, 2012).

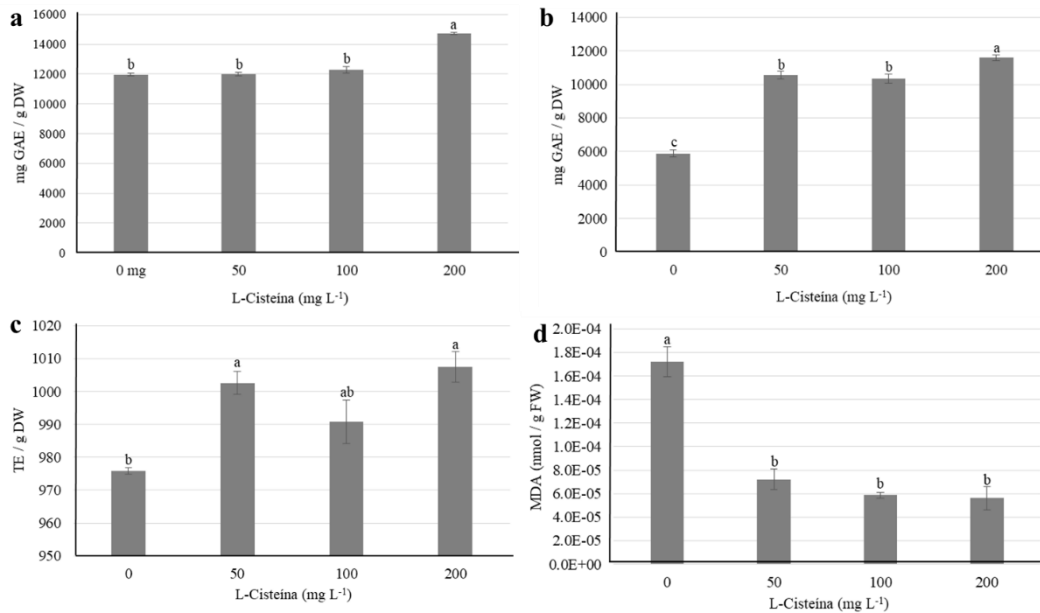
### **Actividad antioxidante**

La mayor actividad de captación de radicales libres DPPH se registró en todos los tratamientos con L-Cisteína, con valores mayores a  $990.81 \pm 6.64$  equivalentes Trolox/g DW, difiriendo significativamente respecto al control (Figura 1c). Mercado *et al.* (2013) reportan que la capacidad antioxidante evaluada *in vitro* puede usarse como un indicador indirecto de la actividad *in vivo*. Gill *et al.* (2010) publican que la capacidad antioxidante podría desempeñar un papel vital en la desintoxicación de las ROS, por otro lado, Padmakumari *et al.* (2011) informan que muchos compuestos ya conocidos han sido aislados de las hojas y bayas de *Pimenta dioica*, con propiedades antioxidantes, tales como el eugenol, quercetina (Miyajima *et al.*, 2004) y ácido gálico (Kikuzaki *et al.*, 2000). La capacidad antioxidante de una planta se debe al efecto combinado de diversos factores, como puede ser la presencia de otro tipo de metabolito antioxidante (Avella *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos demuestran que la capacidad antioxidante mantiene una correlación con la cantidad de compuestos fenólicos, entre mayor sea la producción de fenoles mayor capacidad antioxidante mostrará.

### **Peroxidación lipídica**

Respecto al nivel de peroxidación lipídica en los explantes sometidos a los distintos tratamientos antioxidantes, el contenido de malondialdehídos (MDA) disminuyó significativamente respecto al control en todos los tratamientos con la adición de L-Cisteína (Figura 1d), un aumento en el contenido de MDA indica un mayor nivel de estrés oxidativo en los tejidos.



**Figura 1. Efecto de distintos antioxidantes a fenoles totales, b fenoles ligados a la pared, c actividad antioxidante, d peroxidación lipídica en *P. dioica* después de 30 días de cultivo *in vitro*. Contenido fenólico, expresado en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg GAE / g DW). Capacidad antioxidante, cuantificado por la capacidad de absorción de radicales de oxígeno expresada como Equivalentes de Trolox por gramo de peso seco (TE / g DW), peroxidación lipídica expresada en nanomoles de MDA por gramo de peso fresco (nmol / g FW). Diferentes letras denotan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).**

Los niveles basales de malondialdehidos son generalmente bajos en condiciones de crecimiento normales (Dumet and Benson 2000; Gómez *et al.*, 2019), produciendo acumulación en condiciones de estrés (Varghese *et al.*, 2016). Mostofa *et al.* (2015) describen que los aldehídos producidos como consecuencia de un estrés pueden actuar como moléculas que inhiben los procesos metabólicos de desarrollo.

## Conclusiones

1. El contenido fenólico aumenta con la adición de L-Cisteína como agente antioxidante, mientras que la capacidad antioxidante esta correlacionado con el contenido fenólico.



2. La peroxidación lipídica (malondialdehídos) se reduce con la adición de antioxidantes en el medio de cultivo indicando una disminución en el nivel de estrés oxidativo.

## Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados y La Joya del Totonacapan, S. de P.R. de R.L., por financiar esta investigación con el apoyo del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI-2018, Proyecto No. 251642), modalidad PROINNOVA (Proyectos en red orientados a la innovación) a través del proyecto OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MICROPROPAGACIÓN A GRAN ESCALA DE PLANTAS DE *Pimenta dioica* (L.) MERRILL, EN SISTEMAS DE BIORREACTORES.

## Literatura citada

- Avella, D. M. G., C. A. O. García y A. M. Cisneros. 2008. Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. *In: Memorias del Simposio de Metrología*. Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Nacional de Querétaro.
- Azofeifa, Á. 2009. Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados *in vitro*. *Agronomía mesoamericana* 20 (1):153-175.
- Bray, E. A., J. Bailey-Serres and E. Weretilnyk. 2000. Responses to abiotic stresses. p. 1158-1203. *In: Gruissem, W. and R. Jones, (ed). Biochemistry and molecular biology of plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville.
- Dharmadasa, R. M., D. C. Abeysinghe, D. M. N. Dissanayake, K. W. Abeywardhane and N. A. Fernando. 2015. Leaf essential oil composition, antioxidant activity, total phenolic content, total flavonoid content of *Pimenta dioica* (L.) Merr (Myrtaceae): A superior quality spice grown in Sri Lanka. *Universal journal of Agricultural Research* 3(2): 49-52.





- Dixon, R. A. and N. L. Paiva. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7(7): 1085-1097.
- Dumet, D., and E. E. Benson. 1998. The use of physical and biochemical studies to elucidate and reduce cryopreservation-induced damage in hydrated/desiccated plant germplasm. p 43-56. *In: Cryopreservation of tropical plant germplasm: current research progress and application.* International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Proceedings of an international workshop, Tsukuba, Japan.
- Fernando, I. D. N. S., D. C. Abeysinghe and R. M. Dharmadasa. 2013. Determination of phenolic contents and antioxidant capacity of different parts of *Withania somnifera* (L.) Dunal from three different growth stages. *Industrial crops and products* 50: 537-539.
- Ferreres, F., D. M. Pereira, P. Valentão, P. B. Andrade, R. M. Seabra and M. Sottomayor. 2008. New phenolic compounds and antioxidant potential of *Catharanthus roseus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (21): 9967-9974.
- García, M. B., R. Gómez-Kosky, E. E. Abeal, D. R. Avalos, B. Malaurie y R. D. Batista. 2015. Respuesta en campo de plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon Caraqueño' en distintos momentos de plantación. *Biotecnología Vegetal* 15(3):137-142.
- Gill, S. S. y N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909-930.
- Gómez, D., L. Hernández, L. Martínez, D. Escalante, B. E. Zevallos, L. Yabor. *et al.* 2019. Sodium azide mutagenesis within temporary immersion bioreactors modifies sugarcane *in vitro* micropropagation rates and aldehyde, chlorophyll, carotenoid, and phenolic profiles. *Acta Physiologiae Plantarum* 41: 114.
- Heath, R. L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys* 125: 189-198.
- Huang, D., B. Ou, M. Hampsch-Woodill, J. A. Flanagan and R. L. Prior. 2002. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of agricultural and food chemistry* 50 (16): 4437-4444.



- Hunter, D. C., M. A. Skinner, and A. R. Ferguson. 2016. Kiwifruit and health. p. 239-269. *In: Watson, R. R. and V. R. Preedy. (ed). Fruits, Vegetables, and Herbs, Academic Press.*
- Kikuzaki, H., A. Sato, Y. Mayahara and N. Nakatani. 2000. Galloylglucosides from berries of *Pimenta dioica*. *Journal of natural products* 63(6):749-752.
- Lokeshwar, B. 2012. Medicinal properties of the Jamaican pepper plant *Pimenta dioica* and All spice. *Current drug targets* 13(14): 1900-1906.
- Martínez, P. D., I. H. García, M. Antonio, I. M. González and E. Genaro. 2013. La pimienta gorda en México (*pimenta dioica* L. Merrill): avances y retos en la gestión de la innovación.
- Mercado, G. M., A. Laura, A. W. Medrano, J. A. L. Díaz y E. Á. Parrilla. 2013. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición hospitalaria: Órgano oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral* 28(1): 36-46.
- Miyajima, Y., H. Kikuzaki, M. Hisamoto y N. Nakatani. 2004. Antioxidative polyphenols from berries of *Pimenta dioica*. *Biofactors* 22(1-4): 301-303.
- Monteiro, O. S., A. G. Souza, L. E. B. Soledade, N. Queiroz, A. L. Souza, V. E. Mouchrek F. *et al.* 2011. Chemical evaluation and thermal analysis of the essential oil from the fruits of the vegetable species *Pimenta dioica* Lindl. *Journal of thermal analysis and calorimetry* 106(2): 595-600.
- Mostofa, M. G., M. A. Hossain and M. Fujita. 2015. Trehalose pretreatment induces salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings: oxidative damage and co-induction of antioxidant defense and glyoxalase systems. *Protoplasma* 252(2): 461-475.
- Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum* 15(3): 473-497.
- Nieto, V. E., y M. L. Valdiviezo Menéndez. 2013. Establecimiento de un protocolo de regeneración *in vitro* y aclimatación para *Fuchsia pilaloensis* y *Fuchsia hybrida* para su conservación. Tesis Bachelor. Quito, Ecuador.
- Padmakumari, K. P., L. Sasidharan and M. M. Sreekumar. 2011. Composition and antioxidant activity of essential oil of pimento (*Pimenta dioica* (L) Merr.) from Jamaica. *Natural product research* 25(2): 152-160.



- Payet, B., A. S. Shum Cheong S. and J. Smadja. 2006. Comparison of the concentrations of phenolic constituents in cane sugar manufacturing products with their antioxidant activities. *Journal of agricultural and food chemistry* 54(19): 7270-7276.
- Pompeu, G., P. Gratão, V. Vitorello and R. Azevedo. 2008. Antioxidant isoenzyme responses to nickelinduced stress in tobacco cell suspension culture. *Scientia Agricola* 65:548-552.
- Ramírez, M., S. León de Sierralta y A. Urdaneta. 1999. Evaluación de desinfectantes superficiales en el establecimiento in vitro de *Psidium guajava* L. y *Psidium friedrichsthalianum* Nierdz. *Revista de facultad de agronomía (LUZ)* 16:243-255.
- Ramos, A., A. Visozo, J. Piloto, A. García, C. A. Rodríguez and R. Rivero. 2003. Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in Cuban medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology* 87(2-3): 241-246.
- Rohman, A., S. Riyanto, N. Yuniarti, W. R. Saputra, R. Utami and W. Mulatsih. 2010. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *International Food Research Journal* 17(1): 97-106.
- Sabra A., F. Daayf and S. Renault. 2012. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. *Scientia Hort.* 135(24): 23-31.
- Sarropoulou, V., K. Dimassi-Theriou and I. Therios. 2016. Effect of the ethylene inhibitors silver nitrate, silver sulfate, and cobalt chloride on micropropagation and biochemical parameters in the cherryrootstocks CAB-6P and Gisela 6. *Turkish Journal of Biology* 40(3): 670-683.
- Sharry, S. E., M. Adema y W. Abedini. 2015. Plantas de probeta. Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 233 p.
- Shay, J., H. A. Elbaz, I. Lee, S. P. Zielske, M. H. Malek and M. Hüttemann. 2015. Molecular mechanisms and therapeutic effects of (-)-epicatechin and other polyphenols in cancer, inflammation, diabetes, and neurodegeneration. *Oxidative medicine and cellular longevity*.



- Varghese, B., C. Naidoo and N. W. Pammenter. 2016. The use of plant stress biomarkers in assessing the effects of desiccation in zygotic embryos from recalcitrant seeds: challenges and considerations. *Plant Biology* 18(3):433-444.
- Xu, H., X. Sun, X. Wang, Q. Shi, X. Yang, and F. Yang. 2011. Involvement of a cucumber MAPK gene (CsNMAPK) in positive regulation of ROS scavengence and osmotic adjustment under salt stress. *Sci Hortic* 127(4): 488-493.





## ESTABLECIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR VAR. COLPOS CTMEX 05-204 EN BIORREACTOR DE INMERSIÓN TEMPORAL (BIT)

Lagunes Álvez Cristina<sup>336</sup>, Sorcia Morales Monserrat<sup>337</sup>, Gómez Merino Fernando Carlos<sup>337</sup>,  
Hernández Rosas Francisco<sup>337</sup> y Bello Bello Jericó Jabín<sup>338\*</sup>

### Resumen

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos de México, sus principales variedades cultivadas son MEX 69-290 (nacional) y CP 72-2086 (extranjera) así mismo, la producción nacional se ha basado principalmente en estas. Paralelamente, en la actualidad las industrias tienen la necesidad de implementar variedades con alto rendimiento para que cumplan con la demanda de producción a gran escala. Por consiguiente, se ha optado por la introducción de nuevas variedades y la aplicación de tecnologías como la propagación *in vitro* de plantas utilizando técnicas innovadoras de Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV) que permitan la optimización y el proceso de micropropagación para la obtención de plántulas libres de plagas y enfermedades. El objetivo de estudio fue evaluar el establecimiento de caña de azúcar Var. COLPOS CTMEX 05-204 en sistemas de inversión temporal (SIT). Se utilizaron explantes *in vitro* al tercer subcultivo los cuales fueron establecidos en medio convencional MS. Para su multiplicación se introdujeron en Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT) que contenían medio MS, adicionado con sacarosa 3%, 0.3 mg/L de BAP, 0.6 mg/L de ácido AIA y 1 mg/L de KIN. Se tuvo un control y dos tratamientos de cuales a los 30 días, al T1 se le adicionó 2 mg/L de ANA +1 mg/L de Azul de metileno y T2 se le adiciono 1mg/L de BAP +1 mg/L de ANA +1 mg/L de AIA ácido. Pasados los 15 días se evaluó el número de brotes, número de hojas y longitud de brote por explante. Los resultados demuestran que el T1 adicionado con 2 mg/L de ANA +1 mg/L de Azul de metileno

<sup>336</sup> 1-2 Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana campus Orizaba

<sup>337</sup> Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana campus Orizaba

<sup>338</sup> CONACyT- Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados \*jericobello@gmail.com



fue el que mostró mejores resultados con una diferencia significativa en comparación con el control y T2. En conclusión, la introducción de nuevas variedades puede ser una alternativa para cumplir con la demanda comercial compitiendo con variedades ya establecidas en el campo. Por otro lado, la aplicación de innovaciones biotecnológicas en la producción *in vitro* de caña permite optimizar el proceso de producción a escala comercial de una manera más eficaz.

**Palabras clave:** multiplicación, sistemas de inversión temporal, *In vitro*

## Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* ssp.) es una gramínea originaria de Nueva Guinea, aunque es cultivada en muchas partes del mundo. Su importancia económica se basa principalmente en la producción de azúcar, aunque también es utilizada para la fabricación de subproductos como papel, cemento, abonos, alcohol y alimento animal (Aguilar-Rivera *et al.*, 2017).

Actualmente México ocupa el 6° lugar como productor mundial de caña con 56,672,829 toneladas anuales, según datos reportados del SIAP en el 2017 y sus principales variedades cultivadas son MEX 69-290 (nacional) y CP 72-2086 (extranjera). Así mismo, la mayor parte de las variedades comerciales de caña de azúcar se propagan por métodos convencionales mediante la siembra de yemas; sin embargo, esta técnica no garantiza el saneamiento y rejuvenecimiento de las variedades seleccionadas en campo. Esto ha provocado pérdidas de la capacidad de regeneración, que se ve reflejado en los bajos rendimientos en campo. De acuerdo con Flores (2001), las variedades de caña se deterioran con el transcurso de los años, perdiendo su poder productivo.

Una de las alternativas más utilizada para el saneamiento y rejuvenecimiento de esta especie es implementar el uso de técnicas de cultivo de tejidos vegetales (CTV) (Rangel *et al.*, 2016). El CTV es una rama de la biotecnología que permite el establecimiento, mantenimiento y manipulación de cualquier parte de una planta,



desde una célula hasta un organismo completo, bajo condiciones artificiales, asépticas y controladas (Castañeda-Castro *et al.*, 2014). Por otro lado, una de las aplicaciones del CTV es la micropropagación o clonación *in vitro* de plantas, que consiste en la obtención masiva de material vegetal rejuvenecido con alta calidad genética y fitosanitaria bajo condiciones asépticas y controladas (Nogueira *et al.*, 2019).

Sin embargo, los avances biotecnológicos han desarrollado nuevas metodologías para la propagación masiva de plantas *in vitro*, una de ellas son los Sistemas de Inmersión Temporal (SIT), mediante el uso del medio de cultivo líquido debido a que reduce las manipulaciones y simplifica los cambios de medios de cultivo en comparación con un medio semisólido con un costo más elevado, utilizando agentes gelificantes (Posada-Pérez *et al.*, 2003). Los SIT han demostrado ser una herramienta eficaz para la micropropagación de diferentes especies vegetales de importancia económica. Actualmente los SIT son ampliamente utilizados para la producción a gran escala (Alvarenga *et al.*, 2015).

De esta manera es importante implementar estas tecnologías para la introducción de nuevas variedades o poco comunes. Debido, a que existe la necesidad de cumplir con la alta demanda económica por las industrias.

## **Materiales y métodos**

### **Lugar de trabajo**

El proyecto se realizó en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales perteneciente al colegio de posgraduados campus Córdoba, ubicado en la Carretera Estatal Córdoba - Veracruz Km. 348.5, Venta Parada 11, 94500 Córdoba, Ver.

El cual cuenta con la certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018, por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas libres de plagas y enfermedades manteniendo las



buenas prácticas de laboratorio y cuidados con el medio ambiente mediante normas de seguridad e higiene.

### **Sistemas de inmersión temporal (SIT)**

Para la preparación de sistemas de inmersión temporal, se utilizó el tercer subcultivo de plantas *in vitro* previamente establecidas en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, las cuales se encontraban en medio Murashige and Skoog (MS), adicionado con 30 g/L de sacarosa. Se utilizó la variedad Colpos CTMEX 05-204. Se evaluó el Sistema de Inmersión Temporal (BIT) empleando 10 explantes de aproximadamente 2 cm de longitud por frasco con medio MS líquido adicionado con sacarosa al 3%. Se tuvo un control y dos tratamientos con 0.3 mg/L de 6-Bencilaminopurina (BAP), 0.6 mg/L de ácido indol-3-acético (AIA) y 1 mg/L de kinetina (KIN). Para inducir raíz a los 30 días, en el primer tratamiento (T1) se inyectó 2 mg/L ácido naftalenacético (ANA) y 1 mg/L de azul de metileno, en el tratamiento dos (T2) se inyectó con 1 mg/L de 6-Bencilaminopurina (BAP), 1 mg/L de ácido indol-3-acético (AIA) y 1 mg/L de ácido naftalenacético (ANA). Se utilizaron 50 mL por explante en cada frasco con una capacidad de 1 litro, se incubaron a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , con un fotoperiodo de 16 h luz utilizando lámparas de luz blanca con una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de  $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  y una inmersión de 8 horas por 2 minutos durante 30 días (Jiménez *et al.*, 1995).

### **Diseño experimental**

El diseño experimental fue completamente al azar y cada tratamiento consistió en un total de 10 explantes. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los datos fueron procesados con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22 para Windows y el análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un valor de ( $p \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.





## Resultados y discusión

### Sistemas de inmersión temporal

Al evaluar BIT en caña de azúcar variedad COLPOS CTMEX 05 204 durante su propagación *in vitro*, se observa una mayor eficiencia debido a que el medio líquido es mejor aprovechado cuando las platas son sumergidas. Durante el tiempo de inmersión, la planta adquiere los nutrientes necesarios como vitaminas y una fuente de carbono que complementa el buen desarrollo de estas. Gómez *et al.* (2019) menciona que el utilizar medio líquido mejora la absorción de los nutrientes de la planta, aunque aumenta la hiperhidricidad, por otro lado, el intercambio de aire-planta se restaura después de la eliminación del medio. En comparación, el medio semisólido permite intercambio de aire, mientras que en la absorción de nutrientes es limitada en la superficie basal. Cabe mencionar que se observó un porcentaje alto de fenolización. Sin embargo, no fueron limitantes para el desarrollo de los brotes. Por otro lado, los resultados obtenidos en el número de brotes del T1 con  $20.10 \pm 0.67$  de brotes por explante fueron significativos en comparación con el T2 y el control (Cuadro 1). Martínez *et al.* (2017) obtuvo en su estudio con la variedad MEX 69-290 resultados similares con 20 brotes por explante evaluándolos a los 30 días a diferencia de este estudio donde se evaluaron a los 45 días posteriores a su establecimiento en BIT. Sin embargo, un estudio de Miranda-Marini *et al.* (2018) donde ellos evaluaron el número de tallos obtenidos por cepa de las variedades MEX 69-290 obteniendo 9 tallos por cepa y de la variedad CP 72-2086 con 8 tallos por cepa a los 50 días, a pesar de ello son similares dado que la variedad COLPOS CTMEX 05-204 obtuvo 20 brotes por explantes que en un inicio estaba conformado por dos plantas, cada una formo 10 brotes, un resultado similar a lo ya mencionado. En cuanto a la longitud del explante y el número de hojas no presentaron diferencias estadísticas significativas. Bello-Bello *et al.* (2017), obtuvo una longitud de  $5.55 \pm 0.24$  en su mejor tratamiento con la variedad Mex 69-290, en este estudio se obtuvieron resultados similares lo cual indica que la variedad COLPOS CTMEX 05 204 tiene crecimiento *in vitro* parecido a la variedad Mex 69-290.



**Cuadro 1. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento en la micropropagación de caña de azúcar (*Saccharum spp. cv. COLPOS CTMEX 05 204*).**

Tratamiento	No. De brotes	No. De hojas por brote	Longitud del brote
Control	17.62 ± 0.66b	2.81 ± 0.11a	4.22 ± 0.11b
2 mg/L ANA + 1 mg/L Azul de metileno(T1)	20.10 ± 0.67a	2.81 ± 0.90a	5.58 ± 0.23a
1mg/L BAP + 1 mg/L ANA + 1 mg/L AIA(T2)	17.33 ± 0.53b	2.71 ± 0.10a	4.36 ± 0.15b

Los valores representan la media ± EE (Error estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), a los 45 días de cultivo. ANA: Ácido naftalenacético, BAP: 6-benzilaminopurina y AIA: Ácido indolacético.

## Conclusiones

1. La micropropagación a escala comercial de la mayoría de los cultivos de importancia económica como la caña de azúcar está casi siempre limitada por altos costos por la tecnología que requiere. La semi-automatización de la micropropagación, juega un papel fundamental y la integración de los SIT ofrece una alternativa práctica para reducirlos.
2. Bajo observaciones fisiológicas, ninguno de los tratamientos evaluados presento raíz a los 45 días de ser evaluados, más estudios tendrán que ser realizados en esta variedad. Los resultados obtenidos dan pie a futuras investigaciones en la etapa de enraizamiento.
3. Al comparar la variedad Colpos CTMEX 05-204 estudiada en este trabajo con variedades comerciales, se piensa que es una opción para competir, dado que muestra un rendimiento *in vitro* similar con dichas variedades.



## Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados y a CONACYT, por financiar esta investigación mediante la convocatoria: Cátedras CONACYT para Jóvenes Investigadores y el fondo de problemas nacionales, a través del Proyecto No. 6083 denominado "INNOVACIONES BIOTECNÓLOGICAS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL CAMPO MEXICANO".

## Literatura citada

- Aguilar-Rivera, N., T. J. Debernardi-Vázquez y H. D. Herrera-Paz. 2017. Subproductos, coproductos y derivados de la agroindustria azucarera. *AGROproductividad* 10(11):13-20.
- Alvarenga, V. S. 2015. Micropropagación masiva de *Stevia rebaudiana* Bertoni en sistemas de inmersión temporal. *Cultivos Tropicales* 36(3):50-57.
- Bello-Bello, J. J., R. A. Chavez-Santoscoy, C. A. Lecona-Guzman, N. Bogdanchikova, J. Salinas-Ruíz *et al.* 2017. Hormetic response by silver nanoparticles on in vitro multiplication of sugarcane (*Saccharum* spp. Cv. Mex 69-290) using a temporary immersion system. *Dose-Response* 15(4):1-9.
- Castañeda-Castro, O., F. C. Gómez-Merino, L. Trejo-Téllez, V. Morales-Ramos, M. T. González-Arno, Y. M. Martínez-Ocampo, *et al.* 2014. Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales en caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *AGRO Productividad* 7(2):16.
- Flores, S. C. 2001. Las variedades de Caña de Azúcar en México. ATAM, México. 308 p.
- Nogueira, G., Z. Gomes, L., M. Pasqual and J. Scherwinski-Pereira. 2019. High-efficiency somatic embryogenesis of a broad range of Brazilian *Saccharum* spp. hybrids (sugarcane) varieties using explants from previously established *in vitro* plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 55:26-35.



- Gómez, D., L. Hernández, J. Martínez, D. Escalante, B. E. Zeballos, L. Yabor, *et al.* 2019. Sodium azide mutagenesis within temporary immersion bioreactors modifies sugarcane in vitro micropropagation rates and aldehyde, chlorophyll, carotenoid, and phenolic profiles. *Acta Physiologiae Plantarum* 41: 114.
- Jiménez, E., J. Pérez, V. Gil, J. Herrera, L. García, E. Alonso. 1995. Sistema para la propagación de la caña de azúcar. p 11-20. *In: Estrada M, Riego E, Limonta E, Tellez P, Fuente J (Eds). Avances en Biotecnología Moderna. Elfos Scientiae. La Habana.*
- Martínez-Estrada, E., J. H. Caamal-Velázquez, J. Salinas-Ruíz and J. J. Bello-Bello. 2017. Assessment of somaclonal variation during sugarcane micropropagation in temporary immersion bioreactors by intersimple sequence repeat (ISSR) markers. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 53(6):553-560.
- Posada-Pérez, L., R. Gómez-Kosky, M. Reyes y L. Alvares Díaz. 2003. Empleo de los Sistemas de Inmersión Temporal (RITA) en la propagación de plantas vía organogénesis en caña de azúcar y bananos. *Biotecnología Vegetal* 3(1):3-8.
- Rangel-Estrada, S. E., E. Hernández-Meneses y M. Hernández-Arenas. 2016. Micropropagación de variedades de caña de azúcar cultivadas en México. *Revista fitotecnia mexicana* 39(3): 225-231.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de Producción Agrícola. Caña de Azúcar. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp).





## RADIOSENSIBILIDAD A RAYOS GAMMA (CO<sup>60</sup>) EN BROTES *IN VITRO* DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks)

Samuel Eduardo Martínez Santos<sup>339</sup>, María Karen Serrano Fuentes<sup>339</sup>, Marco Antonio Ramírez Mosqueda<sup>339,340</sup>, Serafín Cruz Izquierdo<sup>341</sup>, Maricela Santiago Santiago<sup>342</sup>, Eulogio de la Cruz Torres<sup>343</sup>, José Luis Torres Reyes<sup>344</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>339\*</sup>

### Resumen

El principal problema del cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) es la pérdida de su variabilidad genética, ocasionada por su método de reproducción asexual; la cual deriva en susceptibilidad a enfermedades y factores de estrés abiótico. Por lo tanto, es necesario hacer uso de herramientas biotecnológicas como base para comenzar programas de mejoramiento genético en esta especie. Una opción ampliamente utilizada en fitomejoramiento es el uso de radiaciones ionizantes para generar mutaciones inespecíficas y así aumentar la variabilidad genética del germoplasma de la especie estudiada en conjunto con técnicas de micropropagación que permiten acelerar la obtención de resultados favorables, así como reducir costos de investigación. El objetivo de este estudio fue evaluar la radiosensibilidad de brotes de *V. planifolia* cultivados *in vitro*. Para ello, brotes de vainilla morfotipo “mansa” previamente establecidos en condiciones *in vitro*, fueron irradiados con diferentes dosis (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 Gy) de rayos gamma (fuente CO<sup>60</sup>). El diseño experimental fue completamente al azar con 5

<sup>339</sup> Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Km. 348 de la Carretera Federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

<sup>340</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Córdoba-Orizaba, Universidad Veracruzana, C.P. 94945 Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

<sup>341</sup> Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

<sup>342</sup> La joya del Totonacapan, calle sin nombre s/n, Localidad El Progreso, C.P. 93680, Atzalan, Veracruz, México.

<sup>343</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carretera México-Toluca s/n. C.P. 52750, La Marquesa, Ocoyoacac, México.

<sup>344</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Carretera El Palmar-Tezonapa C.P. Tezonapa, Veracruz, México.

\* Autor por correspondencia: [jericobello@gmail.com](mailto:jericobello@gmail.com)



repeticiones y 4 brotes por unidad experimental. Al cabo de 30 días de cultivo fueron evaluadas variables de desarrollo como: número de brotes por explante y longitud de brotes. Los resultados obtenidos mostraron un efecto hormético en dosis de 25 Gy debido al aumento del número de brotes (4 por explante). Dosis superiores a los 25 Gy indujeron la disminución del desarrollo de los brotes *in vitro* de *V. planifolia*. La menor cantidad de brotes (1 por explante y longitud (5 mm) se observó a las irradiaciones de 35 Gy. Este estudio contribuirá como base para implementar programas de mejoramiento genético asistido por mutaciones en México. Sin embargo, también es necesario llevar a cabo estudios moleculares para caracterizar las mutaciones ocasionadas por las radiaciones con  $CO^{60}$ .

**Palabras clave:** mutagénesis radio-inducida, radiación ionizante, hormesis

## Introducción

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) es una especie nativa de Centroamérica y sureste de México (Cameron, 2018) por sus antecedentes históricos es considerada una especie emblemática del estado de Veracruz. Valorada principalmente por el compuesto aromático que de sus frutos se obtiene (la vainillina), esta posicionada como la segunda especia más importante a nivel mundial después del azafrán (Azofeifa-Bolaños *et al.*, 2014) y se cultiva principalmente en Madagascar, Indonesia, China y México (FAOSTAT, 2019).

Uno de los principales problemas que presenta el cultivo de *V. planifolia* es la marcada carencia de variabilidad genética en su germoplasma, lo cual propicia susceptibilidad a plagas y enfermedades, (Ramírez-Mosqueda *et al.*, 2015) así como a factores de estrés abiótico (Castro-Bobadilla *et al.*, 2011). Se estima que esta carencia de variabilidad genética es causada en primera instancia por la propagación clonal de las plántulas de vainilla para el establecimiento de cultivos comerciales (Hernández-Hernández, 2011).



Se estima que en la última década el rendimiento promedio de vainilla ha disminuido notoriamente causando pérdidas que fluctúan entre el 16 y el 90% de la producción (Hernández-Hernández, 2011). Algunos autores asocian este hecho con una serie de fenómenos como baja disponibilidad hídrica del suelo, la humedad atmosférica, incremento de la temperatura y manejo de la sombra (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009; Castro-Bobadilla *et al.*, 2011; Herrera-Cabrera *et al.*, 2018). Borbolla *et al.* (2016) plantean que el bajo rendimiento de la vainilla puede deberse a la alta incidencia de Aborto Prematuro de Frutos (APF) provocada por la sequía reportada en México.

Si bien es cierto que la susceptibilidad al déficit hídrico es uno de los factores que más repercuten en el rendimiento de este cultivo, el trasfondo de este y otros problemas parece ser la depresión genética que este presenta (Herrera-Cabrera *et al.*, 2013) y atender a esta problemática requiere del uso de técnicas de mejoramiento genético y herramientas biotecnológicas que permitan lograr la obtención de material vegetal mejorado y mitigar los problemas ya mencionados. Bajo este contexto, el uso de cultivo *in vitro* como base de bancos de germoplasma (Bello-Bello *et al.*, 2015) en combinación con la técnica de mutagénesis radioinducida para generar variabilidad genética (Carretero *et al.*, 2016) parecen ser las técnicas más apropiadas para iniciar un programa de mejoramiento genético eficiente. Sin embargo, antes de comenzar un programa de mejoramiento genético asistido por radiaciones ionizantes es necesario conocer el efecto que esta va a tener sobre los tejidos celulares objetivo (Hernández-Muñoz *et al.*, 2017) y establecer una curva de radiosensibilidad. Por tanto, en este trabajo se planteó evaluar el efecto de diferentes dosis de rayos gamma (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 Gy) en el desarrollo de brotes cultivados *in vitro* de *V. planifolia*, con el fin de conocer la radiosensibilidad de esta especie.



## Materiales y métodos

Esta investigación se realizó entre los meses de junio y julio del 2019 en el Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica y Fitosanitaria del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo ubicado en Texcoco, Estado de México, México, cuya localización geográfica es 19° 30' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 m. Las irradiaciones se realizaron en el departamento de irradiaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ubicado en Ocoyoacac, Estado de México.

### Material vegetal

Se emplearon plantas de *Vanilla planifolia* (morfotipo Mansa) previamente establecidas *in vitro* en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Las plantas *in vitro* fueron multiplicadas a partir de segmentos nodales de 2 cm de longitud (conteniendo una yema axilar) en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 30 g/L de sacarosa, 2.15 mg/L de 6-bencilaminopurina (BA) (Lee-Espinosa *et al.*, 2008) como regulador de crecimiento vegetal (RCV) y 2.2 g/L de Phytigel® como agente gelificante. El pH del medio se ajustó a  $5.7 \pm 0.2$ . Posteriormente se vertió 30 mL del medio en frascos tipo "G" y se procedió a esterilizarlos en una autoclave a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  de presión y  $121^\circ\text{C}$  por 15 min. Los brotes sembrados en el medio fueron incubados a una temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  bajo un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, bajo una irradiación de  $50 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  proporcionada por lámparas fluorescentes.

Una vez multiplicado el material necesario para el experimento, se transfirieron segmentos nodales de 0.5 cm a medio MS con las mismas características anteriormente descritas. Los cultivos fueron incubados bajo las mismas condiciones anteriormente descritas. Se utilizaron frascos tipo "G" dosificados con 30 mL de medio de cultivo. En cada frasco se colocaron 4 explantes, posteriormente se cubrieron con tapas de plástico transparente sellados con una película adhesiva marca Kleen Pack®.





### **Radiosensibilidad de brotes *in vitro* de *Vanilla planifolia* de CO<sup>60</sup>**

Se utilizaron 5 frascos con 4 explantes por cada dosis de radiación. Las dosis que se utilizaron fueron 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 Gy. La irradiación se realizó en el ININ, utilizando un irradiador Transelektro LGI-01 con una Fuente de CO<sup>60</sup> a una razón de dosis de 696.59 Gy/h. Se irradiaron 20 explantes (conglomerado de brotes) por tratamiento. Los brotes irradiados se mantuvieron en incubación a una temperatura de 25±2°C bajo un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, bajo una irradiancia de 50 μmol/m<sup>2</sup>/s proporcionada por lámparas fluorescentes. Después de 30 días de cultivo se evaluó en número de brotes por explante y la longitud de los brotes generados.

### **Análisis estadístico**

El diseño estadístico fue completamente al azar, los experimentos se realizaron por duplicado. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el software IBM SPSS Estadísticas (Versión 21 para Windows).

### **Resultados y discusión**

Después de 30 días de cultivo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). Se observó un efecto hormético de los brotes de *V. planifolia* en radiaciones de 25 Gy, se observó un aumento en el número de brotes por explante (4 brotes por explante). En general, se observó una disminución de las variables de desarrollo cuando aumento la dosis de irradiación (Cuadro 1). El menor número de brotes (1 brote por explante) y la menor longitud (5 mm) se observó a 35 Gy.

En nuestro estudio, se observó que las radiaciones gamma tienen diferentes efectos en el desarrollo morfológico y caracterización molecular de vitroplántulas de *V. planifolia*. En este contexto, se observó que tanto la dosis más baja evaluada (5 Gy) como la dosis de radiación más alta (50 Gy) tienen un efecto positivo en el número



de brotes por explante y la longitud de los brotes. Esto confirma lo descrito por Hernández *et al.* (2017) quienes reportaron que bajas dosis de radiaciones gamma (5 y 35 Gy) obtuvieron un efecto radioestimulante, en el cultivo *in vitro* de protocormos de *Laelia autumnalis*. Por tanto, son necesarias dosis en un rango de 5-100 Gy para no afectar (disminuir) las variables morfológicas en el cultivo *in vitro* de *V. planifolia*.

**Cuadro 1. Efecto de sistemas de cultivo *in vitro* en el desarrollo de brotes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks).**

Dosis de radiación (Gy)	No. De brotes/explante	Longitud de brotes (mm)
0	2.95±0.22bc	19.25±0.83 <sup>a</sup>
5	4.20±0.26bc	11.50±0.52b
10	3.75±0.51abc	10.75±0.54b
15	2.65±0.40bcd	10.00±0.72bc
20	3.55±0.43abc	7.00±0.56cde
25	4.65±0.44a	9.25±1.10bcd
30	3.65±0.50abc	7.50±0.57cde
35	1.25±0.22d	5.00±0.00e
40	2.30±0.25cd	5.25±0.25e
45	3.40±0.26abc	6.75±0.65de
50	2.50±0.33cd	8.50±0.73bcd

\* Los valores representan la media±EE (Error Estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), a los 30 días de cultivo.

## Conclusión

La radiación gamma de  $CO^{60}$  tuvo un efecto positivo sobre el desarrollo de los brotes de *V. planifolia*. A dosis de 25 Gy presentó un efecto conocido como radioestimulación en el desarrollo de los brotes, mientras que en el tamaño de los brotes se demostró que las dosis bajas son las más adecuadas. La dosis comprendía a  $25 \pm 5$  Gy pueden ser utilizadas de manera segura en programas de mejoramiento genético de *V. planifolia* con el objetivo de propiciar la aparición de mutaciones que favorezcan la obtención de variantes mejoradas de importancia agronómica.



## Literatura citada

- Azofeifa-Bolaños, J., A. Paniagua y J. García. 2014. Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp. (orquidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 25(1):189-202.
- Barrera-Rodríguez A., B. E. Herrera, J. L. Jaramillo, J. S. Escobedo y A. Bustamante. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:199-212.
- Bello-Bello, J., G. García y L. Iglesias. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) bajo condiciones de lento crecimiento *in vitro*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2):165-171.
- Borbolla-Pérez, V., L. Iglesias, E. Escalante, J. Martínez, M. Ortiz y O. Aguilar. 2016. Molecular and microclimatic characterization of two plantations of *Vanilla planifolia* (Jacks ex Andrews) with divergent backgrounds of premature fruit abortion. *Scientia Horticulturae* 212(2016):240–250.
- Cameron, Kenneth. 2018. Vanilla Phylogeny and Classification p. 377-390 in Daphna H. F. and Faith C. B. (ed). *Handbook of Vanilla Science and Technology*.
- Carretero, C., J. Noa y L. Iglesias. 2016. Mutagénesis química inducida en *Vanilla planifolia* Jacks. *Agroveracruzano* 1:418-429.
- Castro-Bobadilla G., J. Martínez, I. Martínez y J. García. 2011. Aplicación de riego localizado para aumentar la retención de frutos de *Vanilla planifolia* en el Totonacapan, Veracruz, México. *Agrociencia* 45:281-291.
- FAOSTAT (2019) Food and Agriculture Organization of United Nations. <http://www.fao.org/statistics/es/> [consultado el 14 de julio de 2019].
- Hernández-Hernández J. 2011. Paquete tecnológico Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el desarrollo Rural Sustentable de la Región Sursureste: Trópico Húmedo. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Tlapacoyan, Veracruz, México. 24p.



- Hernández-Munoz, S., E. Pedraza, M. Antonio, E. De La Cruz, A. Fernandez, S. Martinez y M. Martinez-Trujillo. 2017. DL50 and GR (50) determination with gamma rays ((CO)-C-60) on *in vitro* *Laelia autumnalis* protocorms. *Agrociencia*, 51(5):507-524.
- Herrera-Cabrera, B. E. 2013. Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México. Informe técnico No 1. Proyecto 2012-04-190442. Puebla, México: SAGARPA-CONACYT, 50 pp.
- Herrera-Cabrera, B. E. 2018. Determinación preliminar de componentes de rendimiento para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México. *AgroProductividad*, 11(3).
- Lee-Espinoza H., J. Murguía, B. García y A. Córdoba. 2008. *In vitro* clonal propagation of Vanilla (*Vanilla planifolia*) Andrew. *HortScience*. 43:454-458.
- Murashige, T., y F. Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3), 473-497.
- Ramírez-Mosqueda, M.A., L. Iglesias, M. Luna, y A. Castro. 2015. *In vitro* phytotoxicity of culture filtrates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* in *Vanilla planifolia* Jacks. *Sci. Hortic.*





## EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) UTILIZANDO UN SISTEMA DE HIDRODESTILACIÓN OPERADO A PRESIONES REDUCIDAS

Neric Missael Cardeña Moctezuma<sup>345</sup> y Lázaro Gabriel Trujillo Juárez<sup>345\*</sup>

### Resumen

La producción de cítricos en México se desarrolla en 28 estados con climas tropicales. El principal estado productor de cítricos es Veracruz, donde se cultiva principalmente naranja, limón, mandarina, toronja, tangerina y tangelo. En 2018, los principales estados productores del limón persa (o sin semilla) fueron: Veracruz, Oaxaca y Jalisco, en conjunto aportaron 95% del volumen producido en México de esta variedad. Los aceites cítricos son mezclas de componentes muy volátiles como terpenos y compuestos oxigenados. El limoneno, un monoterpeno, es el componente principal de la cal y otros aceites esenciales relacionados con los cítricos. Estos aceites se utilizan en las industrias farmacéutica, de perfumería y de alimentos, y la calidad de los aceites está relacionada con el valor de los aldehídos totales, básicamente el contenido de citral, que se encuentra entre el 4-5%. En este trabajo se obtuvo el rendimiento del aceite esencial de limón persa variando la relación sólido/líquido del sistema y el tiempo de extracción, empleando un equipo de hidrodestilación a presiones reducidas. Se eligió el proceso a presiones reducidas ya que una disminución de la presión provocará que el punto de ebullición sea menor, por lo que la calidad del aceite no se verá afectada al tener compuestos termosensibles. Se obtuvo la presión registrada por el manómetro de la bomba de vacío y se comparó con la presión de vapor del agua y del limoneno (principal compuesto del aceite esencial de limón) utilizando la ecuación de Raoult y la ecuación de Dalton. El mejor rendimiento fue de 65.18 mL aceite esencial/kg de

<sup>345</sup> Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. \*ibqgabrieltrujillo@gmail.com



cáscara base seca. La calidad sensorial del aceite es buena, ya que no presenta coloración, es transparente y el color es característico de cítrico fresco.

**Palabras clave:** esencia, cítrico, presión de vapor

## Introducción

Además de la producción de jugo, el aceite esencial es uno de los principales subproductos del procesamiento de cítricos (Vekiari *et al.*, 2002). El aceite esencial de cítricos es uno de los aceites esenciales más importantes, como el aceite extraído del limón que es un agente de sabor importante, que normalmente se obtiene mediante el proceso de destilación.

El aceite de limón es uno de los aceites aromatizantes más importantes, se utiliza ampliamente en todo tipo de bebidas, refrescos, polvos y tabletas de refrescos, y en productos horneados, como pasteles, rellenos para los pay, confitería, dulces centrales suaves y duros, postres de gelatina, helados, etc. El aceite también se utiliza en perfumes, aguas de tocador, agua de colonia y en cosméticos, a los que imparte una nota superior refrescante (Guenther, 1955).

El aceite esencial de limón es una mezcla compleja de compuestos químicos como limoneno,  $\alpha$ -terpineno, citral, linalool y  $\beta$ -cariofileno entre otros, que pueden representarse por tres clases principales: terpenos, compuestos oxigenados y sesquiterpenos. El más importante es el compuesto citral, mientras que linalool posee características organolépticas altamente distintivas. Además, el limoneno, el mirceno, el octanal y el  $\gamma$ -terpeno, entre otros, contribuyen con un alto aroma a aceite de limón (Benvenuti *et al.*, 2001; Van Straten y Maarse, 1983).

La calidad del aceite esencial depende de diferentes factores. Entre ellos se encuentran el quimiotipo y biotipo de la planta, las condiciones climáticas y el proceso de extracción (Vekiari, *et al.*, 2002, Blanco Tirado, 1995). Hay más de 130 compuestos volátiles identificados en el aceite de limón, siendo la mayoría de ellos insaturados, como los terpenos, que pueden modificarse fácilmente, causando



pérdidas en el sabor y el aroma del aceite esencial (Van Straten y Maarse, 1983). El aceite esencial de limón consiste básicamente en un 75% de terpenos, un 12% de compuestos oxigenados y un 3% de sesquiterpenos.

El aceite de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) ha sido ampliamente utilizado en varios campos, tales como productos farmacéuticos (Hammer *et al.*, 1999; Rowe *et al.*, 1998; Gharagozloo y Ghaderi, 2001), cosméticos (Chisholm *et al.*, 2003), alimentos (Lota *et al.*, 2002; Conner y Booth, 1998) y productos bioquímicos (Brune *et al.*, 1998). En productos farmacéuticos, el aceite de limón persa ha sido aceptado como un ingrediente estándar en varios medicamentos, principalmente como auxiliar en antigripales. También contiene propiedades antisépticas que ayudan a combatir infecciones y protege el cuerpo de las bacterias (Komaki, 2003). El aceite de limón persa es un desodorante natural y es capaz de tensar la piel y el tejido conectivo (Tsuji y Yonehara, 2003; Inoue, 1992). En la cocina, el aceite de lima se usa en fresco, en la preparación de bebidas mixtas y postres. La fragancia del aceite es dulce fresco, verde, vivo, único y fuerte.

Hoy en día, los métodos de producción de aceite de lima son la expresión fría de la cáscara y la destilación adicional del aceite expresado o destilación directa de la piel del fruto picado (Azzouz *et al.*, 1976). El extracto comprende dos grupos principales. El primero es el menos polar, un grupo de monoterpenos volátiles, que le da solo una pequeña fragancia; es entonces considerado como constituyente menos favorable. El segundo, son derivados polares oxigenados de los compuestos monoterpenos, que contribuyen a un olor muy agradable y distinguible, incluso en pequeñas cantidades, proporcionando así un aceite más valioso (Dugo *et al.*, 1998). En realidad, existe una creciente demanda industrial de limoneno, el componente principal del aceite esencial de limón. Las propiedades sensoriales y físico-químicas de este aceite están directamente relacionadas con el contenido de aldehídos (Vekiari *et al.*, 2002). Las cantidades superiores al 3% de estos compuestos son indeseables y están prohibidas cuando se solicita la aplicación de alimentos, lo que hace que la adquisición de datos precisos de composición sea altamente deseable. El documento ISO/DIS 9235.2013 de la Organización Internacional de Normas (ISO) define a un aceite esencial, correspondiente a materias primas aromáticas



naturales, como: “Producto obtenido a partir de materias primas vegetales, ya sea por destilación con agua o vapor, o desde el epicarpio de los frutos cítricos mediante un proceso mecánico, o por destilación seca”. Los productos obtenidos por métodos de extracción con solventes y/o con bióxido de carbono (extracción supercrítica) no se consideran aceites esenciales. Asimismo, los productos obtenidos por tratamiento enzimático de material vegetal no cumplen con los requisitos de la definición de un aceite esencial. Existe, sin embargo, al menos una excepción que es el “aceite esencial” de levadura de vino que se deriva de un microorganismo y no de una planta.

La obtención de aceites esenciales se realiza mediante la destilación por arrastre con vapor de agua y es la técnica más difundida porque es fácil de operar y produce aceites de alta calidad. La técnica consiste en vaporizar dos líquidos inmiscibles a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor agua. El vapor ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y disminuir la temperatura de ebullición al adicionar la tensión (presión) del vapor, que se inyecta, a la de los componentes volátiles de los aceites esenciales. Los vapores que salen se enfrían hasta condensar y los dos líquidos inmiscibles: agua y aceite esencial, finalmente, se separan por gravedad. En la destilación por arrastre con vapor, el vapor húmedo o seco se produce por separado en una caldera y se inyecta por la parte inferior del recipiente que contiene el material vegetal. La ventaja de este tipo de destilación “seca” es que es relativamente rápida, consume menos energía y causa menos transformaciones químicas a los componentes lábiles o reactivos de los aceites esenciales.

La hidrodestilación es otro método de destilación que consiste en evaporar una suspensión acuosa del material vegetal que durante toda la operación se encuentra sumergido en agua y en constante agitación para evitar aglomeración o sedimentación que pueden degradar térmicamente el aceite esencial.

Al destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, su punto de ebullición será la temperatura a la cual la suma de las presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura será inferior al punto de ebullición del componente más volátil. Si





uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100°C. Esto es muy importante cuando el compuesto se descompone a su temperatura de ebullición o cerca de ella.

Sin embargo, estos procesos tienden a ser delicados ya que las altas temperaturas que se manejan pueden provocar la hidrólisis de los compuestos carbonilos presentes en los aceites provocando un cambio en las propiedades organolépticas. Una opción viable puede ser disminuir la presión de vapor para así conseguir que el punto de ebullición de una sustancia descienda evitando la descomposición de compuestos termosensibles. Aunque aparentemente sencilla, este proceso, encierra muchos conceptos sumamente útiles para la comprensión de muchísimos fenómenos, como lo son los cambios de fase y en particular de líquido a gas o viceversa. Cuando la presión de vapor es igual a la presión atmosférica, el líquido comienza a hervir, cosa que sucede siempre para la misma temperatura a la misma presión (si se modifica la presión, cambia la temperatura). Esto quiere decir que el líquido empuja con igual fuerza que la atmósfera en este punto. En los gases, la presión de vapor es mayor que la presión atmosférica y por ello pueden moverse libremente.

En este trabajo se extrajo el aceite esencial de limón persa, tomando en consideración la disminución de la presión interna del sistema de hidrodestilación para disminuir el punto de ebullición del llevar a cabo el proceso de extracción a una temperatura menor asegurando un aceite esencial que cumpla la normatividad internacional.

## **Materiales y método**

Se recolectó la materia prima en la parcela del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Los limones se pelaron y la cáscara se cortó en segmentos de 1 cm<sup>2</sup> aproximadamente. Se utilizaron lotes de 150, 200 y 250 g de este material se



colocaron en la cámara de extracción diseñada para esta tecnología de extracción. Se colocaron 500 mL de agua destilada en el matraz donde se lleva a cabo la producción de vapor.

Se realizaron los experimentos empleando tres diferentes tiempos de extracción: 1.00, 1.50 y 2.00 h, los experimentos se llevaron a cabo por triplicado. Se obtuvo la presión del sistema por medio del manómetro de la bomba de vacío y la temperatura del vapor a la salida de la cámara de extracción. Posterior a la evaporación se midieron los volúmenes de agua y de aceite. Se calcularon el rendimiento másico de la extracción y la presión del sistema. Con la presión de operación y la presión teórica se pudieron calcular los parámetros termodinámicos del sistema.

Se midió la cantidad de aceite extraído, y se promedió a partir de las tres repeticiones, y con los datos de alimentación másica y de humedad de la muestra se determinó el rendimiento másico de la extracción utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (mL AE/kg cáscara)} = \frac{\text{mL AE}}{0.25 \text{ kg} \left( \frac{100 - \%HR}{100} \right)}$$

Se determinó la calidad sensorial del aceite esencial de limón empleando la norma internacional ISO 3809:2004 "Oil of lime (cold pressed), Mexican type (Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle), obtained by mechanical means".

## Resultados y discusión

Para calcular el rendimiento de aceite esencial de limón se determinó la humedad nativa de la cáscara utilizando una termobalanza (modelo MF-50, marca A&D, Japón). La humedad obtenida fue del 64.2%.

Se estableció un diseño experimental exponencial  $3^n$ , donde  $n=2$ , que corresponde al tiempo de extracción y a la relación sólido (cáscara de limón): líquido (agua)



dentro del sistema de extracción. Y se tomaron solo los puntos de los extremos y el punto central, celdas sombreadas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Diseño experimental para la extracción de aceite esencial de limón persa.**

1.0 h 1:2	1.0 h 1:2.5	1.0 h 1:3
1.5 h 1:2	1.5 h 1:2.5	1.5 h 1:3
2.0 h 1:2	2.0 h 1:2.5	2.0 h 1:3

La Cuadro 2 expone los rendimientos de aceite esencial. Se puede observar que el mayor rendimiento se muestra para una extracción de dos horas con una relación 1:3, es decir que el tiempo de extracción es una variable que incide directamente en la extracción, sin embargo, la relación cáscara:agua, no. Se llevaron a cabo experimentos preliminares a tiempos mayores sin embargo después de las dos horas de extracción, la cantidad de aceite extraído es mínimo, por lo que no se recomienda, por el gasto energético del proceso de extracción.

**Cuadro 2. Rendimiento máximo del aceite esencial de limón.**

Tiempo (h)	Relación s/l	Rendimiento BS (mL AE/kg de cáscara)
Atti-Santos <i>et al.</i> , 2005		40.00
1.0	1:2.0	49.62
1.0	1:3.0	18.62
1.5	1:2.5	41.90
2.0	1:2.0	44.69
2.0	1:3.0	65.18

AE=Aceite esencial, BS=Base seca, s=sólido, l=líquido

Los volúmenes de agua y aceite se ocuparon para determinar la presión parcial del agua y del aceite, tomando al limoneno como referencia ya que es el compuesto de mayor proporción. Estos se sumaron y con la curva de presión de vapor del agua se obtuvo la presión total del sistema.

La presión teórica se calculó con la ley de Raoul, que establece que la presión de vapor parcial de cada componente de una mezcla ideal de líquidos es igual a la



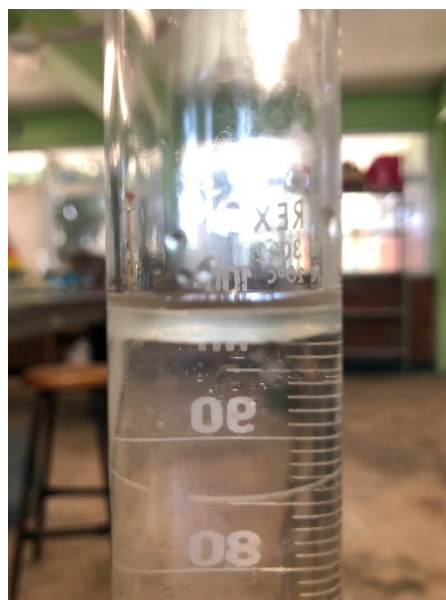
presión de vapor del componente puro multiplicado por su fracción molar en la mezcla y la ley de Dalton, la cual menciona que la presión total de un sistema es igual a la suma de las presiones parciales de los componentes que lo conforman.

El Cuadro 3 expone que la presión dentro del sistema es menor, esto se debe a que por medio de la bomba se eliminó el aire del sistema formando un vacío parcial, para disminuir la presión de vapor y por consecuencia el punto de ebullición del agua.

### Cuadro 3. Presión experimental.

Tiempo (h)	Relación s/l	Presión teórica (kPa)	Presión experimental (kPa)	Temperatura teórica (°C)	Temperatura Experimental (°C)
1.0	1:2.0	75.76		91.95	
1.0	1:3.0	93.22		97.69	
1.5	1:2.5	77.35	53.33-66.67	92.53	70-80
2.0	1:2.0	64.45		87.29	
2.0	1:3.0	72.49		90.74	

La Figura 1 muestra el aceite extraído, separado del agua, por diferencia de densidades, y separándose fácilmente por decantación.



**Figura 1. Sistema aceite (superior) – agua (parte inferior).**





El aceite tiene un aspecto transparente, incoloro, lo que potencia su uso en varios productos alimentarios y farmacéuticos, y el olor es cítrico fresco, tal como se describe en la norma ISO 3809:2004.

## Conclusiones

El sistema de extracción es termodinámicamente estable. Es un proceso con un gran aporte energético para poder cambiar de fase el agua y poder arrastrar el aceite que se encuentra contenido en las vesículas oleosas del flavedo en la cáscara de limón persa.

Los rendimientos son aceptables, son en algunos casos mayores a los reportados por otros autores. La aplicación del vacío al sistema ayuda en gran manera a aumentar el rendimiento de extracción sin demeritar la calidad.

## Literatura citada

- Atti-Santos, A. C., E. Cassel y L. Atti-Serafini. 2000. Supercritical carbon dioxide extraction of essential oils from mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore) from South Brazil. *Perfumer and Flavorist*. 25:26-36.
- Azzouz, M.A., G.A. Reineccius y M.G. Moshonas. 1976. Comparison between cold-pressed and distilled lime oils through the application of gas chromatography and mass spectrometry. *J. Food Sci.* 41(2): 324-328.
- Benvenuti, F, F. Gironi y L. Lamberti. 2001. Supercritical deterpenation of lemon essential oil, experimental data and simulation of the semicontinuous extraction process. *Journal of Supercritical Fluids*. 20:29-44.
- Blanco Tirado, C, E.E. Stashenko, M.Y. Combariza y J.R. Martinez. 1995. Comparative study of colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 697:501-513.



- Brune, A., P. Gonzalez, R. Goren, U. Zehavi y E. Echeverria. 1998. Citrate uptake into tonoplast vesicles from acid lime (*Citrus aurantifolia*) juice cells. *J. Membr. Biol.* 166:(3):197-203.
- Chisholm, M.G., M.A. Wilson y G.M. Gaskey. 2003. Characterization of aroma volatiles in key lime essential oils (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Flavour Fragrance J.* 18(2): 106-115.
- Conner, M.T. y D.A. Booth. 1988. Preferred sweetness of a lime drink and preference for sweet over non-sweet foods, related to sex and reported age and body weight. *Appetite.* 10(1):25-35.
- Dugo, P., A. Cotroneo, L. Bonaccorsi y L. Mondello. 1998. On the genuineness of citrus essential oils. Part LVII. The composition of distilled lime oil. *Flavour Fragrance J.* 1998, 13(2):93-97.
- Gharagozloo, M. y A. Ghaderi, 2001. Immunomodulatory effect of concentrated lime juice extract on activated human mononuclear cells. *J. Ethnopharmacol.* 77(1):85-90.
- Guenther, E. 1955. "The Essential Oils", vol. III, Ed. Fritzsche Brothers INC, New York, USA, 777p.
- Hammer, K.A., C.F. Carson, C.F. y T.V. Riley. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.* 86(6):985-990.
- Inoue, T. y T. Sakui. 1992. Deodorants for indoor air treatment. JP Patent 04079961, March 13.
- ISO 9235:2013 Aromatic natural raw materials—Vocabulary
- Kesterson, J.W. 1959. Florida Persian seedless lime oil. *Am. Perfumer Essential Oil Rev.* 56:125-128, 161.
- Komaki, R. Y. Kato, y A. Someya. 2003. Antibacterial compositions, cosmetics, and topical preparations containing citrus oils and macrocyclic compounds. JP Patent 2003089635, March 28.
- Lanças, F.M. y M. Cavicchioli. 1990. Analysis of the essential oils of Brazilian citrus fruits by capillary gas chromatography. *Journal of High Resolution Chromatography*, 13:207-209.
- Lota, M-L., D. de Rocca Serra, F. Tomi, C. Jacquemond y J. Casanova. 2002. Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species. *J. Agr. Food Chem.* 50(4):796-805.



- Rowe, A.K., F.J. Angulo y R.V. Tauxe. 1998. A lime in a litre rapidly kills toxogenic *Vibrio cholerae* O1. *Tropical Doct.* 28(4):247-248.
- Sato, M., M. Goto y T. Hirose. 1996. Supercritical fluid extraction on semibatch mode for the removal of terpenes in citrus oils. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35:1906-1911.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Producción nacional de limón persa. <http://www.siacon.mx>
- Shaw, P.E. 1979. Review of quantitative analysis of citrus essential oils. *Journal of Agricultural Food Chem.*, 27:246-257.
- Tsuji, M. y A. Yonehara. 2003. Deodorants containing b-ionone, geranium oil, and/or coumarin and deodorant compositions containing them and other perfume components. JP Patent 2003339837, Dec 2.
- Van Straten, S y H. Maarse. 1983. Volatile compounds in food, Division for Nutrition and Food Research, TNO: Zeist.
- Vekiari, S.A., E.E. Protopapadakis, P. Papadopoulou, D. Papanicolaou, C. Panou y M. Vamvakias. 2002. Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a cretan lemon variety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:147-153.



## ORGANOGENESIS INDIRECTA DEL CHAYOTE (*Sechium edule*)

Anell Soto Contreras<sup>346</sup>, Marco Antonio Ramírez Mosqueda<sup>346,347</sup>, Jericó Jabín Bello Bello<sup>347</sup> y  
Rosalía Núñez Pastrana<sup>346\*</sup>

### Resumen

El chayote (*Sechium edule*) es un cultivo con gran importancia en el estado de Veracruz, que se posiciona como el principal productor de este fruto a nivel nacional. El chayote verde liso es el que se comercializa en mayor nivel y es el único que se exporta actualmente. El cultivo *in vitro* de esta especie vegetal brinda grandes oportunidades para su mejoramiento, propagación y conservación. La generación de callo, y posteriormente la obtención de plantas completas, es una alternativa muy poderosa que puede permitir la propagación masiva y la obtención de plantas con características sobresalientes, en un menor tiempo respecto al fitomejoramiento convencional. A pesar de ello, no existen reportes sobre la organogénesis indirecta de *S. edule*; por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar distintas concentraciones de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) para inducir la formación de callo a partir de diferentes explantes de vitroplantas de chayote, y la posterior generación de brotes evaluando distintas concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP). La primera etapa de esta investigación consistió en el establecimiento del cultivo *in vitro* de chayote, a partir de yemas axilares; posteriormente, se utilizaron cuatro tejidos de las vitroplantas: hoja, tallo apical (hipocotilo), parte basal del tallo y raíz, para evaluar la formación de callo utilizando 0.5, 1.0 y 1.5 mg/L de 2,4-D. Posteriormente, los callos se colocaron en medio Murashige y Skoog (MS) suplementado con 1, 2 y 3 mg/L para evaluar la regeneración de brotes. Los resultados demostraron que las tres concentraciones de 2,4-D utilizadas indujeron la formación de callo a partir de todos los explantes

<sup>346</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Camino Peñuela-Amatlán s/n, Municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., C.P. 94945, México.

<sup>347</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Ver., C.P. 94946, México.\*ronunez@uv.mx





utilizados; sin embargo, la concentración de 1.5 mg/L indujo la formación de callo con mayor rapidez. Por otra parte, se logró el desarrollo de un pequeño brote a partir de la parte basal del tallo en medio MS suplementado con 3 mg/L de BAP; sin embargo, la tasa de regeneración fue muy baja.

**Palabras clave:** 6-bencilaminopurina, callo, 2,4-diclorofenoxiacético, vitroplantas

## Introducción

El chayote [*Sechium edule* (Jacq.) Sw.] pertenece a la familia *Cucurbitaceae*, es una planta monoica, herbácea, rastrero-trepadora, vigorosa, perenne, con zarcillos y raíces tuberosas, cultivada desde tiempos precolombinos en México (Cadena-Lñiguez *et al.*, 2007; Lira-Saade *et al.*, 2009). México se encuentra dentro de los principales productores a nivel mundial, y el estado de Veracruz es el principal productor dentro del país (SIAP, 2016). La región centro del estado de Veracruz aporta el 81% del volumen nacional y cerca del 78% del volumen exportable. La importancia de esta especie radica también en sus propiedades nutraceuticas y medicinales. La variedad que se produce en mayor nivel es el verde liso, y su superficie como monocultivo ha aumentado considerablemente, lo que ha generado un incremento en la aparición de problemas fitosanitarios, como la marchitez de las plantas y la pudrición de frutos. El cultivo de tejidos vegetales está conformado por una serie de técnicas que permiten micropropagar plantas, obtener plantas libres de patógenos, y obtener plantas con mayor tolerancia a ciertos tipos de estrés. La organogénesis indirecta, es la formación de órganos de la planta a partir de un callo durante el cultivo *in vitro*, y a menudo puede inducir variación somaclonal, que permite obtener plantas con distintas características respecto a la planta madre, fenómeno que se puede aprovechar durante el fitomejoramiento. A pesar de que existe información sobre la micropropagación y conservación del chayote, no existen reportes que describan la generación de callo y la inducción de brotes a partir de callo en esta cucurbitácea.



## Materiales y métodos

### Material biológico

Las plantas donadoras que se utilizaron para el establecimiento del cultivo *in vitro* de chayote fueron del grupo varietal verde liso. Se cosecharon frutos en madurez fisiológica en Rincón Grande, Municipio de Orizaba, Veracruz, que fueron sembrados en bolsas de 25 x 35 cm, que contenían una mezcla de Promix® y lombricomposta (1:1); se cultivaron en el invernadero de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad Veracruzana. Las plantas se regaron dos veces por semana, y se les aplicó fertilizante MiracleGro® una vez a la semana, de acuerdo a las instrucciones recomendadas por el fabricante. Tres semanas anteriores a la introducción en el cultivo *in vitro* se trataron con 1 g/L de Captan®.

### Cultivo *in vitro*

Todas las etapas del cultivo *in vitro* de chayote se realizaron en medio Murashige y Skoog (1962) suplementado con 30 g/L de sacarosa y 100 mg/L de mio-inositol, el pH del medio se ajustó a 5.8 y posteriormente se le adicionó phytigel (2.3 g/L) como agente gelificante; posteriormente se esterilizó a 121°C (1.1 kg/cm<sup>2</sup>) durante 15 min.

### Establecimiento

Los explantes fueron de segmentos de tallo de 1.5 cm de longitud que contenían un nudo y una yema axilar, se lavaron inicialmente con agua y jabón durante 30 min, después se enjuagaron tres veces con agua estéril, seguido de un lavado con etanol al 70% durante 30 s, los explantes se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril, y posteriormente en la campana de flujo laminar, se realizó un último lavado con hipoclorito de calcio (Ca(OCl)<sub>2</sub>) al 4% durante 6 min y se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril (Abdelnour *et al.*, 2002). Posteriormente se cortaron los extremos de los explantes y de manera individual se colocaron en tubos con medio MS suplementado con 1 mg/L de BAP, 500 mg/L de cefotaxima y 0.005% de nanopartículas de plata. Los explantes se mantuvieron en fotoperiodo, 16/8 h (luz/oscuridad) a 25±2°C durante un mes.



## **Multiplicación**

Transcurrido un mes después del establecimiento, los explantes habían generado más brotes, los cuales se seccionaron en fragmentos de 1.5 cm y se colocaron en frascos gerber con el mismo medio de cultivo utilizado durante el establecimiento y bajo las mismas condiciones de fotoperiodo, durante un mes.

## **Inducción de callo**

Se utilizaron las vitroplantas de chayote obtenidas en la etapa de multiplicación, y a partir de ellas se obtuvieron segmentos de hoja, de hipocotilo, de la parte basal del tallo y de la raíz. Se colocaron de dos a cuatro explantes por frasco gerber con medio MS suplementado con 0.5, 1 y 1.5 mg/L de 2,4-D en oscuridad a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  durante un mes. Se contó con un testigo negativo que consistió en el medio MS sin 2,4-D.

## **Generación de brotes**

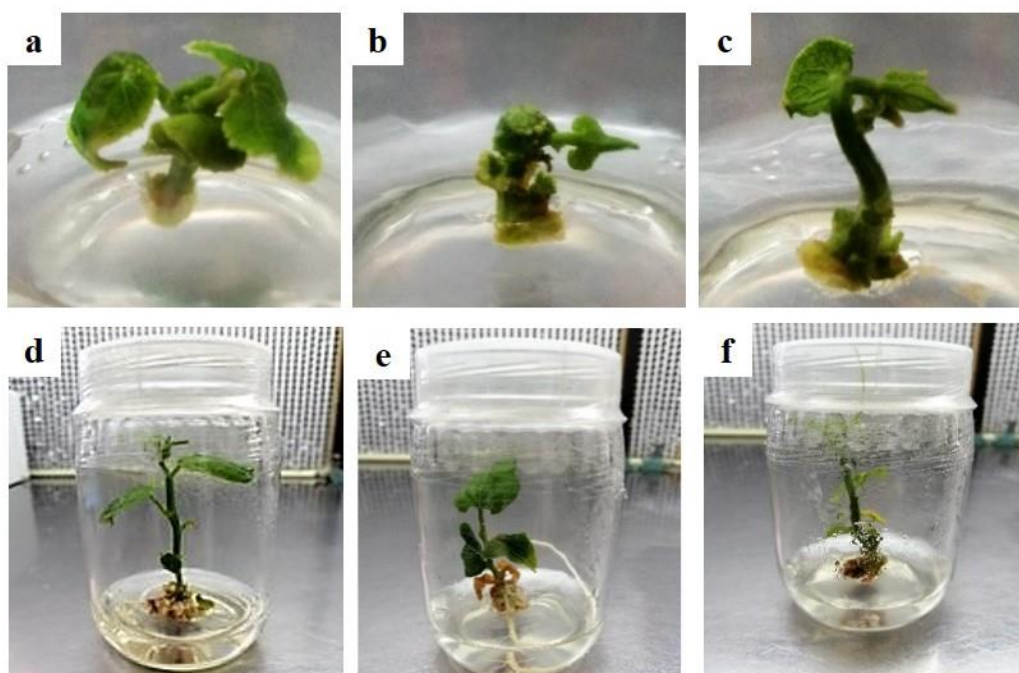
Se colocaron de uno a dos callos obtenidos de segmentos de hoja, de hipocotilo, de la parte basal del tallo y de la raíz en frascos gerber con medio MS suplementado con 1, 2 y 3 mg/L de BAP, el testigo negativo fue medio MS sin BAP, y se colocaron en fotoperiodo 16/8 h (luz/oscuridad) a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  durante un mes para inducir la formación de brotes.

## **Resultados y discusión**

Se obtuvo un alto porcentaje de contaminación durante el establecimiento del cultivo *in vitro* de chayote (90%). A pesar de que se establecieron muy pocos explantes exitosamente, la multiplicación se llevó a cabo adecuadamente. En la Figura 1a se muestra una planta obtenida durante la etapa de establecimiento cultivada *in vitro* durante un mes en medio con 0.5 mg/L de BAP, se observa el desarrollo de hojas y un nuevo brote que surge de una yema axilar. En las Figuras 1b y c, se observan las vitroplantas de chayote obtenidas en el primer subcultivo y que tienen uno y dos meses de edad, respectivamente. En la Figura 1b se puede observar



la aparición de nuevos brotes y en la Figura 1c la elongación del tallo y la aparición de brotes en la parte basal. Al tercer mes de edad, las plantas del primer subcultivo presentaban un evidente incremento de su tamaño (Figura 1d), y en algunas de ellas se desarrolló raíz (Figura 1e) o los primeros zarcillos (Figura 1f). Existen reportes previos que describen la introducción y micropropagación del chayote, utilizando diversos explantes y las estrategias para disminuir la contaminación durante el establecimiento han sido diversas e incluyen lavados exhaustivos, uso de diferentes agentes desinfectantes y la adición de distintos fungicidas y antibióticos en el medio de cultivo (Alvarenga y Morera, 1992; Coria *et al.*, 2009; Cruz-Martínez *et al.*, 2017; García-García *et al.*, 2015).



**Figura 1. Plantas *in vitro* de *S. edule* cultivadas en medio MS suplementado con 0.5 mg/L de BAP. a) Planta de un mes de edad obtenida en el establecimiento del cultivo *in vitro*; b) Planta del primer subcultivo de un mes de edad, muestra aparición de los primeros brotes; c) Planta del primer subcultivo de dos meses de edad, muestra elongación del tallo y aparición de brotes en la parte basal; d-f) Plantas del primer subcultivo de tres meses de edad; e) Desarrollo de raíces; f) Desarrollo de los primeros zarcillos.**





Después de cuatro semanas de cultivo se observó la formación de callos en todos los tratamientos suplementados con 2,4-D, sin importar el tipo de explante utilizado (Cuadro 1). Sin embargo, se observaron diferentes tipos de callo (friable y compacto).

**Cuadro 1. Efecto de las diferentes concentraciones de 2,4-D sobre la formación y las características del callo del chayote verde liso, después de cuatro semanas de cultivo.**

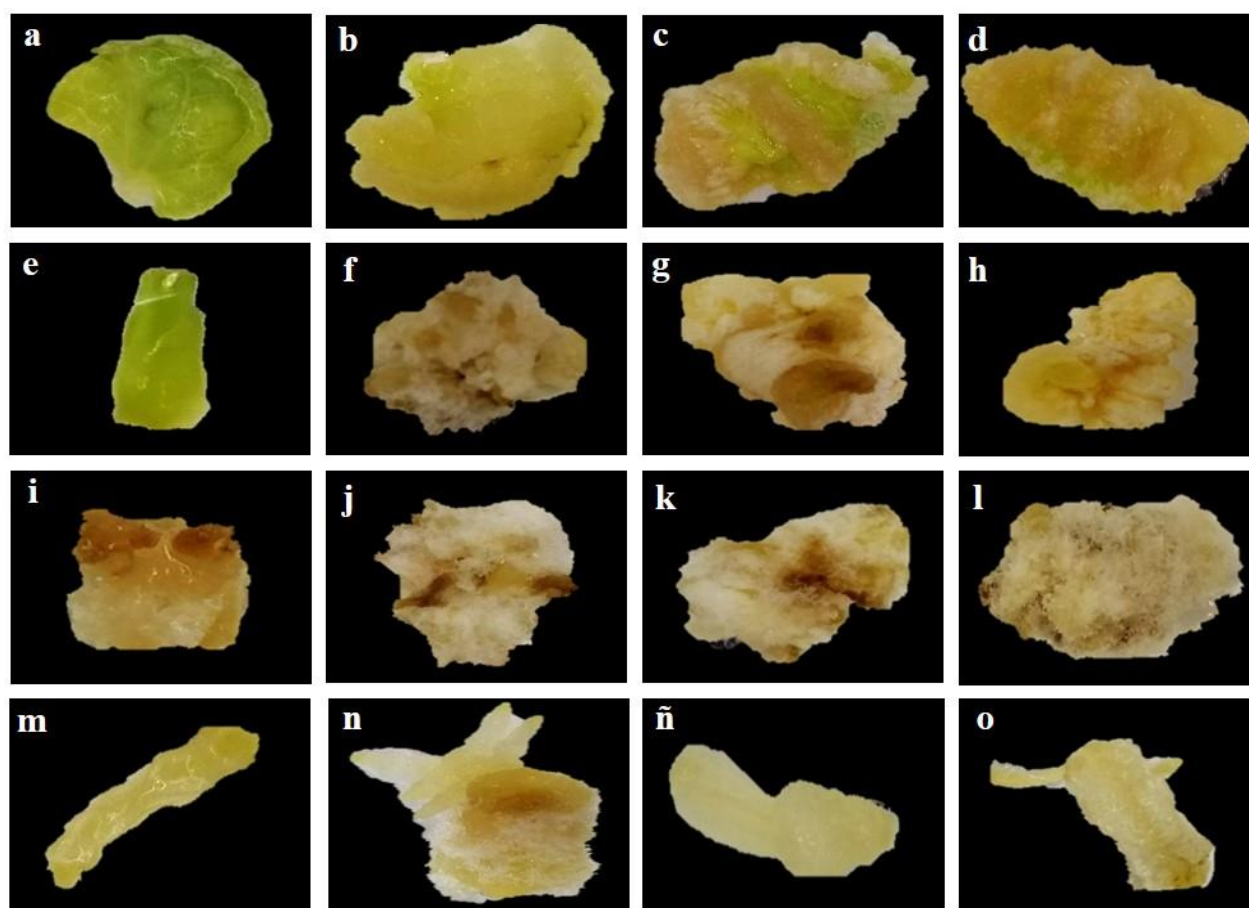
Explante/Tratamiento (2,4-D, mg/L)	Formación de callo	Tipo de callo	Color del callo
Segmento de hoja			
0	-	-	-
0.5	+	Friable	VC y A
1.0	+	Friable	
1.5	+	Friable	
Segmento de hipocótilo			
0	-	-	-
0.5	+	Compacto	A, MB
1.0	+	Compacto	B
1.5	+	Compacto	B
Parte basal del tallo			
0	-	-	-
0.5	+	Friable	B, MB
1.0	+	Friable	A, MB
1.5	+	Friable	MB
Segmento de raíz			
0	-	-	-
0.5	+	Friable	MB
1.0	+	Friable	B
1.5	+	Friable	B

F: Friable; C: compacto; VC: verde claro; A: amarillo; MB: marrón con blanco; B: Blanco.

Cuando se utilizaron segmentos de hoja, raíz y la parte basal del tallo como explantes, se obtuvieron callos con apariencia friable, mientras que utilizando segmentos de hipocotilo se obtuvieron callos compactos. En los tratamientos testigos (ausencia de 2,4-D), no se observó la formación de callos. A pesar de que en todos los tratamientos de 2,4-D se generó callo, en la concentración de 1.5 mg/L se observó la mayor rapidez de inducción a los 15 días de cultivo.

Por otra parte, el 2,4-D suplementado en el medio MS fue muy efectivo para inducir la formación de callo, y en todos los tratamientos (diferentes concentraciones de

2,4-D y diferentes explante) se observó el 100% de sobrevivencia de los callos, su color fue variado dependiendo de la fuente de explante y de la concentración de 2,4-D. La Figura 2 muestra los callos que se formaron a partir de diversos tejidos de *S. edule*, a las tres semanas de cultivo, cuando en la mayoría de los explantes ya se había inducido la formación de callo. El callo que se formó a partir de raíz fue blanco y ligeramente marrón; mientras que los callos provenientes del hipocotilo y la parte basal del tallo fueron color marrón y amarillo; y los callos provenientes de fragmentos de hoja fueron verdes y amarillos (Figura 2).



**Figura 2. Formación de callo a partir de distintos tejidos de vitroplantas de *S. edule*. Los tejidos utilizados para generar callo fueron: a-d) Segmentos de hoja; e-h) Segmentos de hipocótilo; i-l) Parte basal del tallo; m-o) Segmentos de raíz. Los tejidos se cultivaron en medio MS con distintas concentraciones de 2,4-D. a, e, i, m) En ausencia de 2,4-D; b, f, j, n) 0.5 mg/L de 2,4-D; c, g, k, ñ) 1.0 mg/L de 2,4-D; d, h, l, o) 1.5 mg/L de 2,4-D.**



Por otra parte, al intentar obtener brotes a partir de los callos de chayote, se observó que únicamente se obtuvo un brote a partir del callo que provenía de la parte basal del tallo, y fue utilizando medio MS suplementado con 3 mg/L de BAP. Actualmente, la información que describe la formación de callo en el cultivo *in vitro* de chayote es como una respuesta secundaria durante la micropropagación de la especie (Alvarenga y Morera, 1992), por lo que será necesario continuar con más estudios para determinar que reguladores del crecimiento vegetal y en qué concentraciones y combinaciones son los más apropiados para generar brotes a partir de callos de *S. edule*.



**Figura 3. Brote de chayote a partir de callo obtenido de la parte basal del tallo de vitroplantas de *S. edule*, en presencia de 3 mg/L de BAP.**

## Conclusiones

El chayote es una especie que produce callo con alta eficiencia durante su cultivo *in vitro* en medio suplementado con 2,4-D, donde la concentración de 1.5 mg/L fue la generó una producción de callo más rápida; la hoja, raíz y tallo son explantes adecuados para generar callo. La aplicación de BAP permite obtener brotes de chayote; sin embargo, en las condiciones evaluadas, la tasa de regeneración es muy baja, por lo que aún es necesario evaluar otros reguladores del crecimiento vegetal que permitan obtener mejores resultados.



## Agradecimientos

Al CONACyT por la beca otorgada a ASC para estudios de maestría.

## Literatura Citada

- Abdelnour, A., C. Ramírez y F. Engelmann. 2002. Micropropagación de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) a partir de brotes vegetativos. *Agronomía Mesoamericana* 13(2):147-151.
- Alvarenga, S. y J. Morera. 1992. Micropropagación *in vitro* del chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.). *Tecnología en Marcha* 11(3):31-41.
- Cadena-Iñiguez, J., L. Arévalo-Galarza, C. H. Avendaño-Arrazate, M. Soto-Hernández, L. M. Ruiz-Posadas, E. Santiago-Osorio, M. Acosta-Ramos, V. M. Cisneros-Solano, J. F. Aguirre-Medina, and D. Ochoa-Martínez. 2007. Production, genetics, postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Fresh Produce* 1(1):41-53.
- Coria, N.A., J.I. Sarquís and M. C. Díaz. 2009. *In vitro* micropropagation of *Sechium edule* Jacq. Sw. from axillary buds. *Int. J. Agric. Environ & Biotech.* 2(3): 284-288.
- Cruz-Martínez, V., O.A. Castellanos-Hernández, G.J. Acevedo-Hernández, M.I. Torres-Morán, M. Gutiérrez-Lomelí, D. Ruvalcaba-Ruiz, F. Zurita and A. Rodríguez-Sahagún. 2017. Genetic fidelity assessment in plants of *Sechium edule* regenerated via organogénesis. *South African Journal of Botany* 112:118-122.
- García-García, J., E. Salas-Alvarado y J. Azofeifa-Bolaños. 2015. Efecto del AIA y el AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de brotes de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Biotecnología Vegetal* 15(1):3-7.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Lira, R., A. Casas, R. Rosas-López, M. Paredes- Flores, E. Pérez-Negrón, S. Rangel-Landa, L. Solís, I. Torres, and P. Dávila. 2009. Traditional knowledge and useful plants richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Econ. Bot.* 3:271-287.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap)





## SUSCEPTIBILIDAD DE *Fusarium oxysporum* ENDÓFITO DE *Vanilla planifolia* Jacks A FUNGICIDAS

Nelly Abigail González Oviedo<sup>348</sup>, Lourdes Iglesias Andreu<sup>348</sup>, Andrés Rivera Fernández<sup>349</sup>,  
Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>350</sup> y Mauricio Luna Rodríguez<sup>349\*</sup>

### Resumen

La vainilla es una orquídea de origen mexicano, la cual se aprovecha en diversas industrias en todo el mundo. Su principal patógeno es *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, el cual puede hacer perder más del 80% de la producción. Actualmente hay pocas herramientas que impidan la infección de la planta por parte del patógeno. El objetivo del trabajo fue analizar la susceptibilidad de cepas de *Fusarium oxysporum* a distintas dosis de tres fungicidas sistémicos y uno de contacto (benomilo, carbendazim, tiofanato metílico y clorotalonil). Las pruebas de susceptibilidad mostraron que las cepas provenientes de Veracruz, Nayarit y Oaxaca, son altamente resistentes al clorotalonil y al tiofanato metílico, en cambio son susceptibles a los fungicidas benomilo y carbendazim. Estos resultados son congruentes con otros estudios en diversas formas especiales, aunque *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* ha sido poco tratado con fungicidas, al ser la vainilla un cultivo secundario, esto puede suponer que la resistencia se ha conferido de forma natural.

**Palabras clave:** *Fusarium oxysporum*, benomilo, carbendazim, clorotalonil, tiofanato metílico, resistencia

<sup>348</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA). Universidad Veracruzana.

<sup>349</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana

<sup>350</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias C.E. Ixtacuaco

\*mluna@uv.mx



## Introducción

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) es una orquídea mexicana, cultivada en países como Australia, Indonesia, Islas Reunión y México (Pinaría *et al.*, 2015), las grandes extensiones de producción se explican por su amplio uso en distintas industrias como la cosmética, farmacéutica y en especial la gastronómica. Es un cultivo con una estrecha variabilidad genética debido a su reproducción asexual (Adame-García *et al.*, 2015), lo que le impide tener un armamento eficiente para protegerse de diversos patógenos, ejemplo de esto es el hongo *Fusarium oxysporum*, el cual es principal agente causal de la enfermedad pudrición de tallo y raíz (Koyyappurath *et al.*, 2015). Este padecimiento causa pérdidas de vainillales en todo el mundo (Pinaría *et al.*, 2010), haciendo indispensable el desarrollo de técnicas capaces de controlar al patógeno. A pesar de los avances biotecnológicos, el control químico sigue siendo el modo más eficaz para contrarrestar el ataque de fitopatógenos. En el caso de los hongos se utilizan fungicidas sistémicos capaces de introducirse en la planta para atacar al hongo, y fungicidas de contacto que crean condiciones poco aptas fuera de la planta impidiendo que el hongo se establezca sobre ella. Los fungicidas más utilizados para *F. oxysporum* son carbendazim, benomilo y tiofanato metílico, como fungicidas sistémicos y clorotalonil como fungicida de contacto (Yossen y Conles, 2014). A pesar de la eficiencia de dichos plaguicidas, con el paso del tiempo y su uso constante, los organismos son capaces de generar resistencia, disminuyendo o erradicando su efecto (Frac *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue estudiar la susceptibilidad del hongo *F. oxysporum* patógeno y no patógeno ante tres diferentes concentraciones de los fungicidas: benomilo, carbendazim, tiofanato metílico y clorotalonil.



## Materiales y métodos

### Aislamientos de *Fusarium oxysporum*

Se utilizaron nueve aislamientos de *Fusarium oxysporum*, tres patógenos y uno no patógeno de cada sitio, provenientes de Veracruz, Nayarit y Oaxaca previamente identificados morfológica y genéticamente por Adame-García *et al.* (2015), Casillas-Isiordia *et al.* (2017) y Flores-de la Rosa *et al.* (2017), conservados en el cepario del Laboratorio de Genética e Interacciones Planta-Microorganismos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana. Para activar dichas cepas, se sembraron de dos a tres replicas por cada aislado en cajas Petri con medio PDA, además se re-verificó la especie utilizando The Fusarium Laboratory Manual a los siete días después de la siembra. A los diez días de crecimiento se hicieron suspensiones de esporas de cada cepa.

### Pruebas de susceptibilidad

Se tomaron 100  $\mu$ L de cada suspensión de esporas, se colocaron al centro de la caja Petri y se vertió medio PDA por la técnica de caja vaciada. Cuando el medio se solidificó, y con ayuda de una vara estéril, se removieron 4 círculos equidistantes de 1 cm de diámetro aproximadamente. En uno de los orificios se agregaron 10  $\mu$ L de agua, como control, y en los demás se colocaron las diluciones de uno de los fungicidas ya sea tiofanato metílico, benomilo, carbendazim o clorotalonil; las cuales fueron 0.5, 1 y 2.5% como tratamientos. Se dejaron crecer en cámaras de incubación de 4 o 5 días, dependiendo la cepa y se midió el diámetro de inhibición con ayuda de un vernier digital. Se hicieron cinco repeticiones por cada cepa por cada fungicida.

## Resultados y discusión

Todos los aislados de *F. oxysporum* provenientes de los tres sitios (Veracruz, Nayarit y Oaxaca) fueron susceptibles a los fungicidas benomilo y carbendazim a partir de



la menor concentración (Cuadro 1). La efectividad del carbendazim se ha descrito con anterioridad en *F. oxysporum* pero en otras formas especiales como *vasinfectum*, *niveum*, *liilii*, y otras más (Chung *et al.*, 2009, Petkar *et al.*, 2017). Para el fungicida tiofanato metílico la cepa JF9, no patógena proveniente de Veracruz, fue la única susceptible. De igual manera se han reportado en otras formas especiales la resistencia de *F. oxysporum* al tiofanato metílico (Petkar *et al.*, 2017, Chen *et al.*, 2014, Zhou *et al.*, 2016). Diversos autores atribuyen esta resistencia a posibles mutaciones puntuales en el gen  $\beta$ -tubulina, por ejemplo, el cambio de una fenilalanina por una tirosina en la posición 200 o una asparagina por una tirosina en la posición 50. En cambio, el fungicida de contacto clorotalonil causó inhibición solamente en las cepas JF9, Chic 3 y Chic 6, las primeras dos no patógenas.

### Cuadro 1. Cuadro de susceptibilidad.

Nombre	Procedencia	Carácter	Benomilo	Carbendazim	Tiofanato Metílico	Clorotalonil
H9	Veracruz	Patógeno	S	S	R	R
JF5	Veracruz	Patógeno	S	S	R	R
JF9	Veracruz	No Patógeno	S	S	S	S
N12	Nayarit	Patógeno	S	S	R	R
N3	Nayarit	Patógeno	S	S	R	R
BC1	Nayarit	No Patógeno	S	S	R	R
Chic 2	Oaxaca	Patógeno	S	S	R	R
Chic 6	Oaxaca	Patógeno	S	S	R	S
Chic 3	Oaxaca	No Patógeno	S	S	R	S

S= Susceptible; R= Resistencia.

### Conclusiones

Las cepas de *F. oxysporum* endófitas de *Vanilla planifolia* Jacks recolectadas Veracruz, Nayarit y Oaxaca mostraron sensibilidad a los fungicidas carbendazim y benomilo. Siendo los dos fungicidas altamente efectivos para el control de *F. oxysporum*, con la desventaja de no discriminar entre cepas patógenas o no patógenas. El fungicida tiofanato metílico no es efectivo para el control de la





enfermedad ya que la cepa JF9 proveniente de Veracruz fue la única sensible, además de que no es patogénica. El fungicida clorotalonil resultó poco efectivo para el control del hongo, ya que solo causó inhibición en tres de nueve cepas, de las cuales dos eran no patógenas. Aunque el uso del control químico para la enfermedad de pudrición de tallo y raíz sea el más utilizado y económico, el estudio muestra que no todos son altamente efectivos y los que si son podrían provocar un desequilibrio entre los hongos benéficos, patógenos y neutrales endófitos de la planta.

## Agradecimientos

El primer autor agradece al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada y al CONACYT por su apoyo en sus estudios de posgrado, así como al Laboratorio de Genética e Interacciones Planta-Microorganismos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana por permitirle realizar gran parte de los experimentos.

## Literatura citada

- Adame-García, J., R. Rodríguez-Guerra, L. Iglesias-Andreu, J. Ramos-Prado y M. Luna-Rodríguez. 2015. Molecular identification and pathogenic variation of *Fusarium* species isolated from *Vanilla planifolia* in Papantla Mexico. *Botanical Sciences* 93(3):669-678.
- Chen, Z., T. Gao, S. Liang, K. Liu, M. Zhou y C. Chen. 2014. Molecular mechanism of resistance of *Fusarium fujikuroi* to benzimidazole fungicides. *FEMS Microbiology Letters*, 77-84.
- Chung, W. H., W. C. Chung, P. F. Ting, C.C. Ru, H.C. Huang, y J.W. Huang. 2009. Nature of Resistance to Methyl Benzimidazole Carbamate Fungicides in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* and *F. oxysporum* f. sp. *gladioli* in Taiwan. *J Phytopathol.* 157:742-747.



- Flores-de la Rosa, F. R., E. De Luna, J. Adama-García, L.G. Iglesias-Andreu y M. Luna-Rodríguez. 2017. Phylogenetic position and nucleotide diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* worldwide based on translation elongation factor 1 $\alpha$  sequences. Plant Pathol. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ppa.12847>. [Consultado el 15 de junio de 2017].
- Frac M., A. Gryta, K. Oszust y N. Kotowicz. 2016. Fast and Accurate Microplate Method (Biolog MT2) for Detection of *Fusarium* Fungicides Resistance/Sensitivity. Front. Microbiol 7:489.
- Koyyappurath S., T. Atuahiva, R. Le Guen, H. Batina, S. Le Squin, N. Gautheron, et al. 2015. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-vanillae* is the causal agent of root and stem rot of vanilla. Plant Pathol. 65(4):612-625.
- Petkar, A., D. B. Langston, J. W. Buck, K. L. Stevenson y P. Ji. 2017. Sensitivity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* to prothioconazole and thiofanate-methyl and gene mutation conferring resistance to thiophanate-methyl. Plant Disease, 366-371.
- Pinaria A. G., E. C. Y. Liew y L. W. Burgess. 2010. *Fusarium* species associated with vanilla stem rot in Indonesia. Australas. Plan Pathol. 39:176-183.
- Pinaria A. G., M. H., L. W. Burgess y E. C. Y. Liew. 2015. Phylogeny and origin of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* in Indonesia. Plant Pathol 64(6):1358-1365.
- Yossen, V. E. y M. Y. Conles. 2014. Eficacia de fungicidas in vitro para el control de *Fusarium oxysporum* y *F. proliferatum*, agentes causales de marchitamiento en el cultivo de orégano en la Argentina. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumá. 91 (1): 19-25.
- Zhou, Y., J. Xu, Y. Zhu, Y. Duan y M. Zhou. 2016. Mechanism of action of the benzimidazole fungicide on *Fusarium graminearum*: interfering with polymerization of monomeric tubulin but not polymerized microtubule. Phytopathology, 807-813.



## LIMPIEZA DE AGUAS RESIDUALES COMUNITARIAS CON MESOCOSMOS DE HUMEDALES: EFECTO DEL TIPO DE VEGETACIÓN ORNAMENTAL Y DIFERENTES CAPAS DE SUSTRATOS

Marín Muñiz José Luis<sup>351\*</sup> y Sergio Zamora<sup>352</sup>

### Resumen

La limpieza del agua es una situación pertinente, una opción sustentable para ello es utilizando humedales artificiales (HC); celdas rellenas de material poroso y plantas que en conjunto eliminan contaminantes. Este estudio evaluó mediante mesocosmos de HC su funcionalidad comparando durante 180 días dos plantas ornamentales (*Spathyphilum wallisii*, *Hedychium coronarium*), sembradas en capas de piedra porosa de río, tepepyl y suelo o capas similares sin capa de suelo. Se detectó que la remoción de contaminantes (DQO, SST, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, y P-PO<sub>4</sub>) fue 20-50% mayor en HC con vegetación, que, en ausencia de ésta, y que los HC con capa de suelo favorecieron entre 33-45% la remoción de P-PO<sub>4</sub>. Diferencias en remoción respecto a la vegetación solo se observaron para N-NH<sub>4</sub>, siendo entre 25-45% mayor en HC con *H. coronarium*, en comparación con *S. wallisii*. Ambas especies resultan idóneas para utilizarse en HC como fitorremediadoras, y por las ventajas estéticas al florear; en sistemas más grandes podría generar un ingreso económico a sus operadores. La capa de suelo en HC es necesaria para aumentar la remoción de P-PO<sub>4</sub>, ión difícilmente eliminado en tratamiento de agua.

**Palabras clave:** humedales construidos, fitorremediación, agua, vegetación ornamental

<sup>351</sup>Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto No. 26, 91000 Xalapa, Veracruz, México. \*soydrew@hotmail.com

<sup>352</sup>Facultad de Ingeniería, Construcción y Hábitat. Universidad Veracruzana Bv. Adolfo Ruíz Cortines 455, Costa Verde, C.P. 94294 Boca del Río, Veracruz, México



## Introducción

El planeta es un conjunto de ecosistemas que incluyen seres vivos y no vivos, donde los humanos han desarrollado capacidades que han permitido la creación de tecnología, nuevos ambientes y grupos sociales que han sobrevivido de manera conjunta, gracias también a las bondades de los recursos naturales y los servicios ambientales que estos proveen. Sin embargo, el crecimiento poblacional ha aumentado a lo largo del tiempo de forma constante, lo cual implica mayor utilización de los recursos naturales y a su vez, mejores estrategias de convivencia para una co-existencia balanceada. De acuerdo a INEGI (2015), durante los últimos 65 años, la población en México ha crecido poco más de 4 veces. En 1950 había 25.8 millones de personas, mientras que en 2015 se han registrado 119.5 millones. De tal cantidad, el Estado de Veracruz es una de las entidades con mayor población (8, 112, 505). Tal crecimiento ha repercutido a su vez en escasez del recurso agua de calidad, lo cual podría incrementar sino se instalan más sistemas de tratamiento de agua residual. De acuerdo a CONAGUA (2018), de las aguas residuales municipales colectadas, solo el 63% de estas son tratadas en 2526 plantas en todo el país, dejando de lado las aguas residuales no colectadas y estando vulnerables las comunidades rurales, que por ser <2500 habitantes, pocas veces se les considera en la instalación de un sistema de tratamiento. De acuerdo a Marín-Muñiz (2017), en México existen 47,233 comunidades rurales que tienen entre 100 y 2,499 habitantes, lo cual indica que este alto número de población no cuenta con tratamiento para sus aguas residuales.

Ante tal situación, es necesario el uso de alternativas ecológica y económicamente viables como lo son los humedales artificiales (HC). Los cuales son celdas o canales impermeables y con presencia de un sustrato que sirva como medio de anclaje de vegetación y a la vez como filtro para el agua a tratar. De acuerdo con el tipo de flujo de agua en los sistemas de HC, éstos se clasifican en HC de flujo superficial (HC-FS) y de flujo subsuperficial (HC-FSS) (Mitsch y Gosselink, 2015). En los HC-FS el agua fluye sobre el sustrato (generalmente suelo). La columna de agua está en contacto directo con la atmósfera. En los HC-FSS el agua fluye por debajo del sustrato, lo cual





favorece menos olores y e insectos. El sustrato en este tipo de sistemas es un medio poroso, generalmente grava o piedra porosa, tezontle, arena, o zeolita.

En este tipo de ecotecnología, el tratamiento del agua se realiza mediante procesos físicos, químicos y biológicos que se ejercen en el sustrato, por las películas microbianas y por la vegetación. Otro componente importante en la ecotecnología es la vegetación, la cual principalmente suele ser de humedales naturales, por su facilidad de adaptación a las condiciones de mantener las raíces inundadas y alta carga de contaminantes, sin embargo, recientemente se ha implementado el uso de vegetación ornamental que provee flores (Hernández *et al.*, 2016; Sandoval *et al.*, 2018) y que cuentan con características fisiológicas que le permitan adaptarse a estos ecosistemas. La producción de flores en un humedal también favorece la aceptación de la tecnología, al hacer los sistemas más estéticos y generar productos que pueden venderse como las flores, o artesanías a partir de los tejidos de las plantas.

A pesar de que esta ecotecnología ha sido ampliamente utilizada en Europa y Estados Unidos (Vymazal, 2011; Arden y Ma, 2018), en México su uso no ha sido extensivo y aún se estudian diferentes sustratos y vegetación de la zona tropical para favorecer remociones, condiciones que difieren de los sitios no tropicales. En ese sentido, el uso de residuos o sustratos locales para rellenar las celdas de flujo subsuperficial, así como el uso de vegetación ornamental que no es típica de humedales naturales, pero que presenta características fisiológicas por las que pudieran adaptarse a los HC y que además generen un paisaje estético al producir flores, es un objetivo general de este estudio. Se evaluará el efecto de remoción de contaminantes de aguas residuales comunitarias usando diferentes capas de sustratos (piedra porosa de río (PPR) + tepezil (TZ) vs PPR + TZ + Suelo) y diferente vegetación ornamental (*Spathyphilum wallisii* y *Hedychium coronarium*) en mesocosmos de HC de flujo subsuperficial.



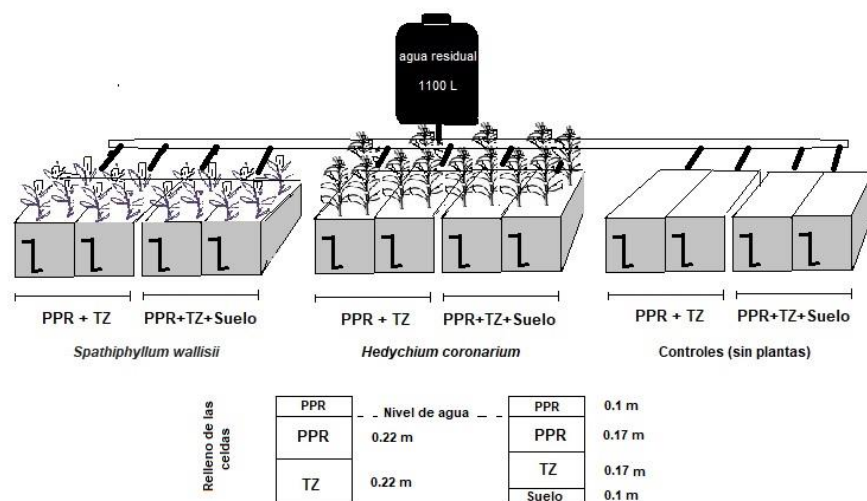
## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la comunidad de Pastorías, Actopan, Veracruz (19°03'47.96" N y 96°34'18.99" O), lugar con 620 habitantes (INEGI, 2010), y que cuenta con sistema de alcantarillado desde el 2013 (Marín-Muñiz, 2016). Sin embargo, no existe sistema de tratamiento de las aguas residuales y estas solo se almacenan en un tanque receptor de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>, lo cual no es suficiente y por lo que el agua residual sale del tanque receptor y por gravedad corre hacia el río Topiltepec, subcuenca del Río Actopan. Además, el uso del río como área recreativa es una actividad común en la zona, por lo que la entrada de agua residual al río denota un foco de posibles infecciones. El clima de la planicie costera del Golfo de México -región que comprende a la comunidad donde están los mesocosmos- tiene tres períodos: periodo de lluvias entre los meses julio a octubre; frente frío con fuertes vientos y lluvias entre noviembre y febrero; y período de secas entre los meses de marzo a junio (Marín-Muñiz *et al.*, 2016). La precipitación promedio anual fluctúa entre 1200 y 1650 mm.

Para el diseño de los HC-FSS se acondicionaron 12 mesocosmos de 250 L (1.1 x 0.55 x 0.45 m). Cuatro unidades fueron sembradas con cuatro plantas de *H. coronarium* y cuatro con mismo número de plantas, pero con la especie *S. wallisii* (Figura 1), ambas especies abundantes en la zona ribereña; la mitad de celdas rellenas de arriba abajo con una capa de PPR seguida de una capa de TZ (mineral inerte como arena, de peso ligero, usado para hacer blocks de construcción). La otra mitad tenía una capa de 0.1 m de suelo en la parte de abajo (Figura 1). Duplicados de unidades con y sin capa de suelo, y además sin vegetación, fueron utilizados como controles. La PPR (50% porosidad) fue colectada del río Topiltepec. Los mesocosmos con *S. wallisii* fueron cubiertas con malla sombra para favorecer el desarrollo de la especie, ya que no es típica de lugares expuestos al sol (Conover, 1992). El TZ fue colectado en la comunidad como residuo de construcción (40% porosidad). Ambos sustratos fueron de aproximadamente de 2.5 cm de diámetro. Los HC-FSS fueron alimentados de agua de la llave durante 30 días y 10 días con agua residual mezclada al 50% con agua de la llave para la adaptación de la vegetación.

Posteriormente el agua residual se obtenía por bombeo desde el sistema de drenaje a un tanque de 1,100 L. Los HC fueron operados a un tiempo de retención hidráulica de 3 días.

Los parámetros medidos como indicadores de calidad del agua fueron demanda química de oxígeno (DQO), Oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno en forma de nitratos (N-NO<sub>3</sub>), amonio (N-NH<sub>4</sub>), y fosfatos (P-PO<sub>4</sub>), medidos con métodos estándares (APHA, 2005). El porcentaje de remoción de contaminantes (Em) se determinó de acuerdo a Sandoval *et al.*, (2018).  $Em = [(Ci - Ce)/Ci] \times 100\%$  (1) Dónde Ci es la concentración en el influente (mg/L) y Ce es la concentración en el efluente (mg/L).



**Figura 1. Esquema de los mesocosmos de humedales en estudio.**

## Resultados y discusión

Las características del agua residual antes de entrar a los mesocosmos, como después del período de tratamiento están descritas en el cuadro 1. El pH en el agua osciló de 6.9 a 7.3 en los mesocosmos, con un valor promedio de  $7.6 \pm 0.3$  en la entrada. El OD fue de  $2.2 \pm 0.3$  mg/L en la entrada, mientras que, a la salida, las concentraciones fueron entre 4.0 y 4.6 para los sistemas con presencia de



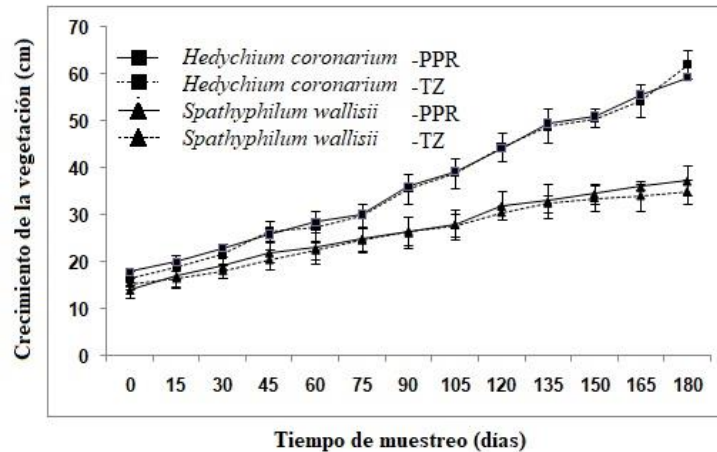
vegetación y entre 2.6 y 2.7 mg/L en los sistemas sin presencia de plantas. La temperatura en el agua fue similar tanto en la entrada como salida de las unidades experimentales (18-20°C).

**Cuadro 1. Parámetros de pH, OD y temperatura medidos en los mesocosmos en estudio**

Parámetro	Plantas de humedales en diferentes sustratos								
	Influyente	<i>Canna indica</i>		<i>Pontederia sagittata</i>		<i>Spatyphilum wallisii</i>		Control	
		PPR	TZ	PPR	TZ	PPR	TZ	PPR	TZ
pH	7.6 ± 0.3	7.3 ± 0.3	7.2 ± 0.5	7.1 ± 0.3	7.2 ± 0.6	7.1 ± 0.9	6.9 ± 0.6	7.4 ± 0.2	7.3 ± 0.3
OD (mg L <sup>-1</sup> )	2.2 ± 0.3	4.6 ± 0.7	4.8 ± 0.6	4.0 ± 0.4	4.5 ± 0.6	4.7 ± 1.1	4.1 ± 0.4	2.6 ± 0.5	2.7 ± 0.3
Temperatura (°C)	18.0 ± 0.9	19.6 ± 0.5	19.1 ± 1.9	19.4 ± 0.6	19.6 ± 0.8	17.8 ± 1.6	18.9 ± 0.9	20.0 ± 0.6	19.6 ± 0.5

El crecimiento de las plantas tendió a ser mayor en *H. coronarium* (60-70 cm) (Figura 2) derivado de la naturaleza misma de la especie en comparación con *S. wallisii* (32-40 cm), ya que la primera puede alcanzar hasta 2.5 m de altura y crece fácilmente en sitios anegados y con frecuente exposición al sol. Además, *H. coronarium*, también llamada, jengibre blanco o mariposa, es importante su reproducción porque varios de sus componentes (rizoma, hojas), se han reportado benéficos contra infecciones y dolores articulares (Aguilar-Garavito, 2017). El mostrar adaptación a sistemas de tratamiento de aguas residuales de esta especie, da pie a considerarlas como atractivo por su floración o uso de sus componentes para aspectos medicinales. En el caso de *S. wallisii* no es una planta común de humedales, pero su adaptación fue demostrada, y además tiene valor en el mercado por planta de \$70 a \$150, dependiendo de tamaño y flores. Considerando tales ventajas, son entonces una opción viable en HC-FSS.





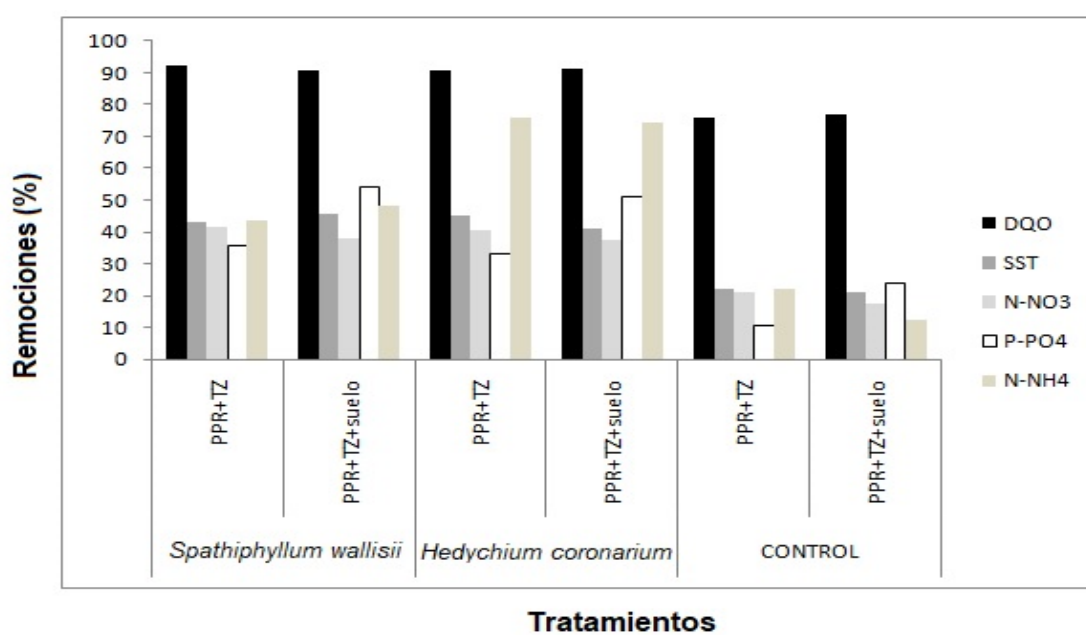
**Figura 2. Crecimiento de la vegetación en estudio.**

### Concentración y remoción de contaminantes en mesocosmos de HC

En la entrada del sistema la concentración promedio de materia orgánica medida como DQO fue de  $398 \pm 39$  mg/L, mientras que las salidas oscilaron de 35 a 96 mg/L. Las bajas concentraciones observadas indicaron remoción de tal parámetro en un rango de 75 a 77% en los sistemas control, mientras que en los mesocosmos con plantas la remoción fluctuó entre 90 y 92%, sin importar el tipo de especie ( $P= 0.061$ ) (Figura 3). La reducción de DQO con respecto a los controles alude al suministro de oxígeno que proporcionan las plantas a través de su sistema parenquimal, lo cual favorece el desarrollo de la comunidad microbiana responsable vital del proceso de remoción de materia orgánica (Vera *et al.*, 2010). De igual manera se ha reportado que las raíces de las plantas minimizan la velocidad del agua y ello favorece sedimentación de materia orgánica en suspensión (Vera *et al.*, 2010; Vymazal, 2011). Cabe mencionar que en México CONAGUA monitorea los cuerpos de agua y establece que para DQO un criterio aceptable en descargas de aguas residuales tratadas biológicamente no debe superar los 40 mg/L (CONAGUA, 2018), criterio que se cumple en los HC con plantas, indicando la importancia de la ecotecnología en el tratamiento de materia orgánica.

Los SST miden la cantidad de sólidos sedimentables, así como materia orgánica en suspensión y/o coloidal, un cuerpo de agua con altas cantidades de SST impide la diversidad sana de vida acuática, CONAGUA (2018) señala que un agua con calidad

aceptable debe tener entre 76 y 150 mg/L, de buena calidad entre 26 y 75 mg/L y de calidad excelente con concentraciones  $\leq 25$  mg/L. En este estudio la concentración de entrada fue de  $780 \pm 72$  mg/L, la cual se redujo al pasar por los HC (426-618 mg/L), reflejado a su vez en las remociones, observando que estas fueron estadísticamente mayores ( $p > 0.05$ ) en los sistemas con presencia de vegetación sin importar la diferencia en capas de sustrato (41-45%) en comparación con los mesocosmos con ausencia de plantas (20-22%) (Figura 3), los datos detectados indican que el agua tratada aún sigue teniendo altas concentraciones de SST a pesar de las remociones casi del 50%, un porcentaje de remoción importante con la ecotecnología.



**Figura 3. Remociones de contaminantes.**

La concentración promedio de N-NO<sub>3</sub> en la entrada fue de  $14.4 \pm 0.11$  mg/L, mientras que en los humedales osciló de 9.0 a 11.1 mg/L, lo cual implicó remociones de 17 a 21% en los sistemas control y de 37 a 42% en las unidades con plantas. Los mesocosmos con diferente vegetación y sustrato no mostraron diferencia significativa ( $p = 0.234$ ) (Figura 3), mientras que éstos si mostraron valores de remoción estadísticamente más altos que los mesocosmos sin presencia de plantas ( $p > 0.05$ ). Lo anterior indica que la presencia de vegetación está favoreciendo liberación de oxígeno radial (Wang *et al.*, 2018) y esto a su vez permitió nitrificación



sumada a procesos de desnitrificación en la zona anaerobia, este último proceso solo pudo haber sido el presente en los mesocosmos sin plantas, y en menores proporciones, ya que la presencia de vegetación en condiciones anaerobias también favorece exudados de carbono de la raíz, lo cual intensifica la desnitrificación (Martínez *et al.*, 2018). Basado en datos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) (USEPA, 1986), el límite máximo permitido de N-NO<sub>3</sub> para permitir vida acuática en sistemas de agua dulce de forma aguda, no debe superar 3.0 mg/L y 10 mg/L para cuerpos de agua recreativos y estéticos. Considerando que en el sitio de estudio el agua residual es liberada a cielo abierto y parte de ella llega al río, además de que este es utilizado para usos recreativos y obtención de peces para consumo, resulta prioritario bajar los niveles del ión, el cual aún con el tratamiento de HC es superior a los 3.0 mg/L, esto podría ser mitigado combinando sistemas de HC superficiales y subsuperficiales tanto de flujo horizontal como vertical.

La cantidad promedio P-PO<sub>4</sub> presente en la entrada de los mesocosmos fue de 6.06±0.64 mg/L, mientras que en los efluentes varió con respecto al tipo de tratamiento, reflejado en las diferentes remociones, las cuales tendieron a ser estadísticamente mayores ( $p > 0.05$ ) en los mesocosmos con sustrato que incluía suelo (54.0 ± 02.9 y 51.2 ± 09.6 en unidades con *S. wallisii* y *H. coronarium*, respectivamente) (Figura 3), sin importar el tipo de vegetación, esto se debe a que el contenido de arcillas del suelo provee un área importante de adsorción del ion (Mitsch y Gosselink, 2015). Remociones menores fueron detectadas en los mesocosmos con las mismas especies, pero donde el sustrato no contenía suelo (33-36%), seguidas de las remociones en las unidades control, donde también se observó la importancia del suelo como medio de adsorción del ión, ya que la remoción promedio en los controles con suelo fue de 24.1±03.5% y de 10.9±04.1% en ausencia del mismo. Cabe señalar que la concentración del ion detectada supera los límites establecidos por la USEPA, (1986), la cual establece un máximo de 0.05 mg/L del ión en cuerpos de agua para prevenir problemas de eutrofización. Aunque las remociones en presencia de vegetación fueron arriba del 50%, estas aguas aún requieren un tratamiento más para disminuir los efectos tóxicos, si estas aguas



residuales fueran descargadas a otros cuerpos de agua, lo cual se puede solucionar sumando los HC-FS.

En el caso del amonio se observó una concentración promedio de  $4.11 \pm 1.08$  mg/L, mientras que un rango de concentraciones del ión en las salidas de 1.06 a 3.6 fue registrado. El  $N-NH_4$  fue menormente removido en los sistemas control ( $< 23\%$ ) como era de esperarse (Figura 3), ya que esta forma de nitrógeno es preferiblemente absorbida por la vegetación, y considerando que en los controles no hay plantas, este solo es utilizado por la presencia microbiana para procesos de nitrificación. En HC-FSS con plantas la remoción fue mayor que en los controles, observándose diferencias entre los sistemas con distinta especie ( $P= 0.042$ ), en los sistemas con *H. coronarium*, la remoción fue superior al 70% tanto en presencia o ausencia de capa de suelo, mientras que en las celdas con *S. wallisii* las remociones del ión no superaron el 50%, lo anterior también reflejado en la altura de las especies. Para considerar si este ión está dentro de los límites permisibles, dado que en México no se reglamenta, se comparó con datos de la Agencia de Protección Ambiental de Taiwan, donde solo 0.5 mg/L del ión son permisibles (vida acuática), por lo que aún se requiere más pulimiento utilizando solo el HC estudiado.

## Conclusiones

El uso de HC-FSS para remover contaminantes del agua en conjunto con plantas ornamentales como *H. coronarium* y *S. wallisii* resultan ser una opción viable, a pesar de no ser plantas típicas de ambientes saturados de agua con altas cargas de contaminantes, han demostrado en ambos casos adaptación de crecimiento en presencia de agua residual y funcionalidad para remover contaminantes. De acuerdo al estudio también se detectó que agregar una capa de suelo en los mesocosmos mejora las remociones de fosfatos y por lo que su uso debe replicarse. Tener sistemas de HC con vegetación ornamental es una opción que podría favorecer el uso de los mismos a nivel domiciliario, comunitario y para atender problemas de descargas de agua en instituciones o empresas. El que en el sistema





se produzcan plantas con flores, propicia una estética del paisaje y un ambiente más fresco. Por lo anterior, se sugiere replicar esta alternativa ecológica en sitios con problemas de atención a sus aguas residuales.

### Literatura citada

- Aguilar-Garavito, M. 2017. Familia Zingiberaceae *Hedychium coronarium*. En: *Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia*, (D. Cárdenas-López, D. Baptiste y N. Castaño, eds.), Pp. 229-234. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.
- APHA. 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21 ed. Washintong, DC: American Public Health Association.
- Arden, S. y X. Ma. 2018. Constructed wetlands for grey water recycle and reuse: A review. *Sci Total Env.* 630:587-599.
- CONAGUA. 2018. *Numeragua*. Comisión Nacional del Agua. México.
- Conover, C.A. 1992. Foliage plants, En *Introduction to Floriculture* (R.A. Larson, Ed.), Academic Press, Pp. 569-601. Nueva York.
- Hernández, M. E. 2016. Humedales ornamentales con participación comunitaria para el tratamiento de aguas residuales municipales en México. *Rinderesu.* 1(2):1-12.
- INEGI. 2015. Censo de Población y Vivienda 2015. México.
- Marín-Muñiz, J. L. 2016. Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de Actopan, Veracruz, México. *Rev Mex Ing Quim.* 15(2):553-563.
- Marín-Muñiz, J. L. 2017. Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. *Agroproductividad* 10(5):90-95.
- Martínez, N., A. Tejeda., A. Del Toro, Sánchez y F. Zurita. 2018. Nitrogen removal in pilot-scale partially saturated vertical wetlands with and without and internal source of carbon. *Sci Total Env.* 645:524-532.



- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink 2015. *Wetlands*. cuarta ed. New York: Hohn Wiley/Sons.
- Sandoval-Herazo, L. C., A.A. Alvarado-Lassman, J.L. Marín-Muñiz, J.M. Méndez-Contreras, y S. A. Zamora-Castro. 2018. Effects of the use of ornamental plants and different substrates in the removal of wastewater pollutants through microcosms of constructed wetlands. *Sustainability*. 10:1594.
- USEPA. 1986. "United States Environmental Protection Agency, Superfund Public Health Evaluation Manual", EPA/5401/1-86/060.
- Vera, A., C. Andrade, E. Flores, M. Nùñez, C. Càrdenas, y E. Morales. 2010. Remoción de nutrientes y materia orgánica en un humedal construido en función del desarrollo de la macrófita *Typha dominguensis* Pers. *Rev Tecn Fac Ing Univ Zulia*. 33(2):153-163.
- Vymazal, J. 2011. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia*. 674:133-156.
- Wang, Q., Y. Hu, H. Xie, and Z. Yang. 2018. Constructed wetlands: A review on the role of radial oxygen loss in the rhizosphere by macrophytes. *Water* 10:678.



## ESTIMULACIÓN MICORRIZICA APLICADA EN DISTINTAS FECHAS PARA EL CRECIMIENTO VEGETAL EN SOYA (*Glycine max*)

Liliana Guadalupe Sánchez Arévalo<sup>353</sup>, Nancy García Roa<sup>353</sup>, Gabriel Rincón Enríquez<sup>353</sup>,  
María Dolores García Parra<sup>354</sup>, Alí Asaff Torres<sup>355</sup> y Evangelina Esmeralda Quiñones  
Aguilar<sup>353\*</sup>

### Resumen

La soya es el cuarto grano más importante en producción en el mundo, ya que proporciona distintos nutrientes de interés que se requieren en la dieta del hombre. Además, por sus características fisicoquímicas, la soya es altamente usada por la industria alimentaria. Por esto se han buscado nuevas alternativas para mejorar su producción, entre ellas se encuentra la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que brindan distintos beneficios a las plantas de soya. Tal es la importancia de estimular la colonización micorrízica, que se han desarrollado productos que cumplen esta función. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de estimulantes de la micorrización en plantas de soya a nivel de invernadero. Se realizó un experimento completamente al azar con 9 tratamientos y 10 repeticiones. Se evaluaron tres niveles de HMA: *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus intraradices*, sin HMA; cuatro niveles de aplicación del estimulante: antes, al momento y después del trasplante, sin estimulante. El experimento permaneció dos meses en condiciones de invernadero. Las variables de crecimiento vegetal que mostraron diferencias significativas (Tukey,  $P < 0.05$ ) fueron del tratamiento *F. mosseae* con estimulante después de la inoculación (biomasa fresca total, biomasa seca total y volumen total); además para *F. mosseae* sin estimulante mostro mayor diámetro de tallo. Sin embargo, las variables

<sup>353</sup> Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. \*equinones@ciatej.mx.

<sup>354</sup> Laboratorio de Microbiología de Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.

<sup>355</sup> INNOVAK GLOBAL S.A. de C.V.



microbiológicas mostraron lo contrario, dado que *R. intraradices* tuvo la densidad de esporas mayor para estimulación al momento de la inoculación de HMA (389 esporas/100 g de suelo), mientras para *R. intraradices* sin estimulante el porcentaje de colonización tuvo el valor más alto (2.5%). En todas las variables microbiológicas *F. mosseae* tuvo porcentajes de colonización bajos y casi nulos, por lo cual la colonización no podría estar relacionada con la estimulación del crecimiento vegetal, pero si para brindarle otros beneficios relacionados de manera más directa con la raíz, como protección contra patógenos ubicados en la rizosfera, abriendo así nuevas oportunidades de estudios futuros.

**Palabras clave:** hongos micorrízicos arbusculares, *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, estimulante de la micorrización

## Introducción

La soya pertenece a un miembro subtropical de la familia de las leguminosas. La soya es el cuarto grano más importante producido en el mundo, teniendo como principales productores a Estados Unidos, Brasil, China y Argentina, con una producción mundial aproximadamente de 256 millones de toneladas métricas (Bueno *et al.*, 2012). Las altas producciones, están relacionadas con altos requerimientos de esta semilla por el ser humano y estos se deben en primera instancia por los beneficios que brinda a la salud debido a su aporte de vitaminas (E y B) y contiene aproximadamente 40-42% de proteínas, proporcionando aminoácidos esenciales que se requieren en la dieta del ser humano (Masciarelli *et al.*, 2014; Spagnoletti *et al.*, 2017). Además de que por sus características fisicoquímicas es altamente usado por la industria alimentaria, para preparación de harina, aceite, galletas, dulces, leche, productos tipo queso (vegano), sustitutos de cárnicos, lecitina, entre otros (Masciarelli *et al.*, 2014). Debido a la importancia de esta legumbre, se han buscado nuevas alternativas para mejorar su crecimiento vegetal y a su vez, sus rendimientos. Una de las estrategias que se han utilizado es la





inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos son hongos biotrofos obligados, que logran hacer simbiosis no patógena con el 95% de plantas (Abdel-Salam *et al.*, 2017). La relación es mutualista, por un lado, la planta le otorga carbono fijado fotosintéticamente y lípidos (Abdel-Salam *et al.*, 2017; Keymer y Gutjahr, 2018). Mientras que, los HMA les brindan a las plantas diferentes beneficios, por ejemplo, en soya se han observado diferentes efectos al ser colonizada por micorrizas. Se ha evaluado como promotor de nutrición vegetal (Bulgarelli *et al.*, 2017), como proveedores a resistencia ante estrés abiótico (Hashem *et al.*, 2016; Spagnoletti *et al.*, 2017) y resistencia a patógenos (Malik *et al.*, 2016). Tal es la importancia por inducir la colonización, no solo micorrizica, sino de microorganismos benéficos para las plantas, que se han desarrollado productos que estimulen la exudación de compuestos propios de la raíz, que actúan como señalizadores o fuentes de carbono y de esta manera favorecer la colonización y establecimiento de microorganismos benéficos (Gomez, 2009). Rivera *et al.* (2017) evaluaron el efecto de exudados radicales en la simbiosis micorrízica en árboles de manzano, teniendo como resultados, un incremento del 15% en la biomasa radicular y una colonización micorrízica 55% mayor, ambos comparados con el control. Por otro lado Perez (2017) realizó un análisis metagenómico de los microorganismos presentes en la rizosfera de plantas de chile al agregar exudados radicales, observando un aumento en la diversidad de especies de hongos, comparando con el control, entre las cuales destacan tres clases: Olpidiaster, Ceratobasidiaceae y Mortierella. En el perfil de bacterias presentes en la rizosfera se identificaron cinco clases representativas: Gammaproteobacteria, Alfabroteobacteria, Actinobacteria, Bacili y Plantomycetacia, concluyendo que, al añadir estimulante de exudación radical, se obtuvo un equilibrio en la biodiversidad microbiana del suelo. En la mayoría de los estudios sobre simbiosis micorrizica realizados con soya, se han empleado principalmente dos especies de HMA: *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus intraradices*. Por lo cual que el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un estimulante promotor de la micorrización en plantas de soya inoculadas con dos especies de HMA (*F. mosseae* y *R. intraradices*) bajo condiciones de invernadero.



## Materiales y métodos

### Diseño experimental y localización del experimento

El experimento fue realizado a nivel invernadero en la Unidad Zapopan del CIATEJ, ubicado Zapopan, Jalisco. Se realizó un experimento completamente al azar con 9 tratamientos (Cuadro 1) con 10 repeticiones. La unidad experimental fue una maceta con 1.2 kg de sustrato con una planta de soya.

### Cuadro 5. Diseño de tratamientos para determinar el efecto de un estimulante de la micorrización en plantas de soya inoculadas con HMA en condiciones de invernadero.

Clave del tratamiento	Descripción del tratamiento
SESM	Sin estimulante, sin micorriza
SERI	Sin estimulante, inoculado con <i>R. intraradices</i>
SEFM	Sin estimulante, inoculado con <i>F. mosseae</i>
AIRI	Estimulante antes de la inoculación de <i>R. intraradices</i>
AIFM	Estimulante antes de la inoculación de <i>F. mosseae</i>
MIRI	Estimulante al momento de la inoculación de <i>R. intraradices</i>
MIFM	Estimulante al momento de la inoculación de <i>F. mosseae</i>
DIRI	Estimulante después de la inoculación de <i>R. intraradices</i>
DIFM	Estimulante después de la inoculación de <i>F. mosseae</i>

### Germinación de semillas de soya

Las semillas de soya fueron germinadas en un sustrato esterilizado (120°C, 1.05 kg/cm<sup>2</sup>, 6 h) preparado con agrolita, suelo y arena (1:1:1, v: v: v). El sustrato estéril fue colocado en charolas de germinación, colocando 180 semillas por charola a nivel invernadero.

### Preparación de los inóculos de los HMA

Las esporas de *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus intraradices* se obtuvieron a partir de macetas trampa. La extracción y el conteo se realizaron bajo la técnica de Gerdemann y Nicolson (1963). Para la inoculación de las plantas de soya se colocaron 100 esporas por unidad experimental.



## **Trasplante, inoculación y tratamiento de estimulante de la micorrización en plantas de soya**

El trasplante se llevó a cabo una vez que las semillas germinaron y mostraron su primera hoja verdadera, colocándolas en macetas con capacidad de 1 L con sustrato estéril igual al de germinación. Posteriormente, se aplicó estimulante al 0.5% en tres diferentes momentos: un día antes, al momento y un día después del trasplante e inoculación micorrizica.

### **Variables de respuesta evaluadas**

El experimento tuvo una duración de dos meses, durante los cuales, se realizaron tres muestreos cada 20 días, durante el primer y segundo muestreo, se evaluaron únicamente las variables de crecimiento vegetal: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, número de vainas y de flores. Al momento de realizar el tercer muestreo se levantó el experimento, se agregaron las variables siguientes: longitud de raíz, peso fresco y seco, volumen de la parte aérea y raíz, conteo de esporas y porcentaje de micorrización.

La altura de la planta y longitud de raíz se midieron con un flexómetro, el diámetro del tallo fue determinado con un vernier digital, mientras que el número de hojas, vainas y flores se efectuó por conteo visual, el peso fresco y seco se determinó en una balanza electrónica, el volumen se cuantificó por desplazamiento de agua en una probeta, el conteo de esporas se realizó con la técnica de Gerdemann y Nicolson (1963); la colonización micorrizica se realizó de acuerdo a la técnica de Phillips y Hayman (1970).

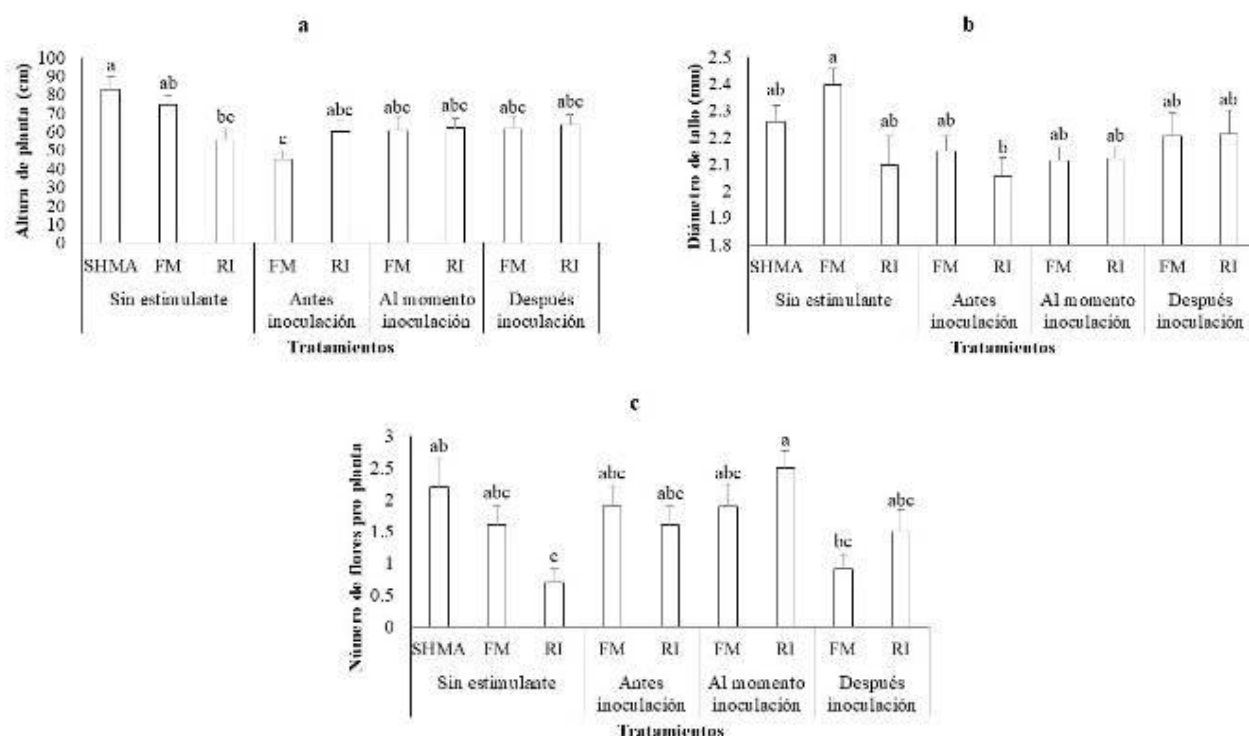
### **Análisis estadístico de datos**

Los datos de las variables evaluadas fueron examinados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, las variables con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se les aplicó una prueba de comparaciones múltiples de media de Tukey ( $P < 0.05$ ) y un análisis de correlación. Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint, 2005).

## Resultados y discusión

### Crecimiento de plantas de soya por efecto de la micorrización a los 20 días después de la inoculación con los HMA

Dentro de los resultados arrojados para el primer muestreo (20 días después de la inoculación), las variables que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron altura de planta, diámetro de tallo y número de flores (Figura 1).



**Figura 20. Comportamiento del crecimiento de plantas de soya por efecto de la estimulación de la micorrización a los 20 días después de iniciado el experimento en condiciones de invernadero. Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). (a) Altura de planta; (b) Diámetro de tallo; (C) Número de flores por planta.**

Con respecto a la altura de la planta, los valores más altos se presentaron en el tratamiento sin estimulante y sin HMA y los más bajos con antes de inoculación con *F. mosseae*, 82.81 y 45.34 cm respectivamente. En el diámetro de tallo se obtuvieron valores de 2.40 mm con el tratamiento sin estimulante y sin HMA y 2.05 mm con antes de inoculación con *R. intraradices*, mientras que en el número de flores la

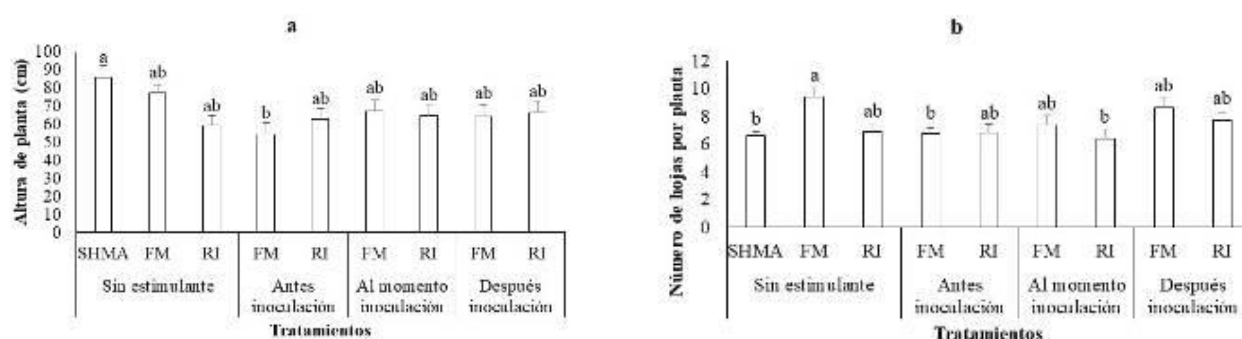




mayor cantidad de ellas se lograron gracias al tratamiento MIRI con 2.5 flores, por otro lado, el tratamiento que produjo el menor número de flores fue el SERI con 0.7 flores. Cabe resaltar que, en la altura de la planta, se mostró un mayor crecimiento en el tratamiento que no se adiciono estimulante ni inóculo micorrízico; a pesar de que en las otras variables los niveles más altos se consiguieron con otros tratamientos, para sin estimulante y sin HMA mostraron valores estadísticamente iguales en las tres variables con respecto a los inoculados con *F. mosseae* o *R. intraradices* (Figura 1a, 1b, 1c).

### Crecimiento de plantas de soya por efecto de la micorrización a los 40 días después de la inoculación con los HMA

A los 40 días después de la inoculación se observó poca variabilidad en las variables de respuesta, ya que solo en la altura de planta y en número de hojas se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ). Se conservó la tendencia anteriormente observada respecto a altura de planta, para el tratamiento sin estimulante y sin HMA (85.66 cm) y la menor de 53.94 cm nuevamente para antes de inoculación con *F. mosseae*. Mientras que para el número de hojas fue mayor cuando se aplicó el tratamiento sin estimulante con *F. mosseae* (9.4 hojas), mientras que la menor cantidad de hojas se encontró en al momento de inoculación con *R. intraradices* (6.4 hojas) (Figura 2).

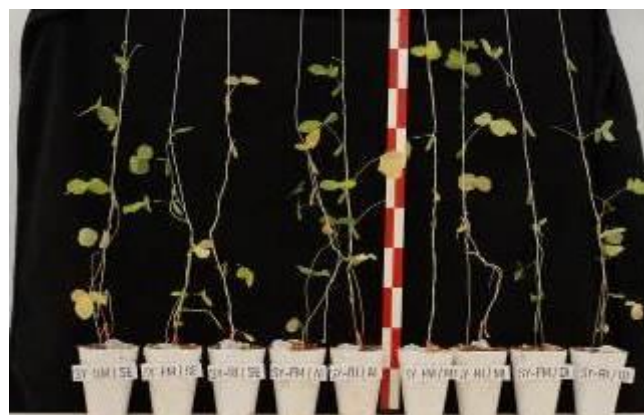
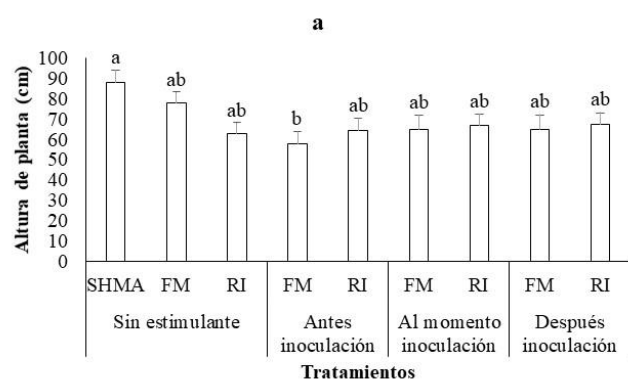


**Figura 21. Comportamiento del crecimiento de plantas de soya por efecto de la estimulación de la micorrización a los 40 días después de iniciado el experimento en condiciones de invernadero. Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). (a) Altura de planta; (b) Número de hojas por planta.**

En el caso del número de hojas, el tratamiento SMSE tuvo un total de 6.6 hojas, siendo el segundo en tener menor cantidad de hojas, incluso en la categorización de grupos, no tuvo una diferencia significativa con el tratamiento MIRI (Figura 2b), por tal, se podría indicar que la presencia micorrízica estimula una mayor producción de follaje.

### Crecimiento de plantas de soya por efecto de la micorrización a los 60 días después de la inoculación con los HMA

Al momento de realizar el tercer muestreo, se levantó el experimento. La altura de la planta presentó los valores significativamente superiores con el tratamiento sin estimulante y sin HMA (88.02 cm), mientras que el menor crecimiento se mostró en antes de inoculación con *F. mosseae* (57.75 cm) (Figura 3).



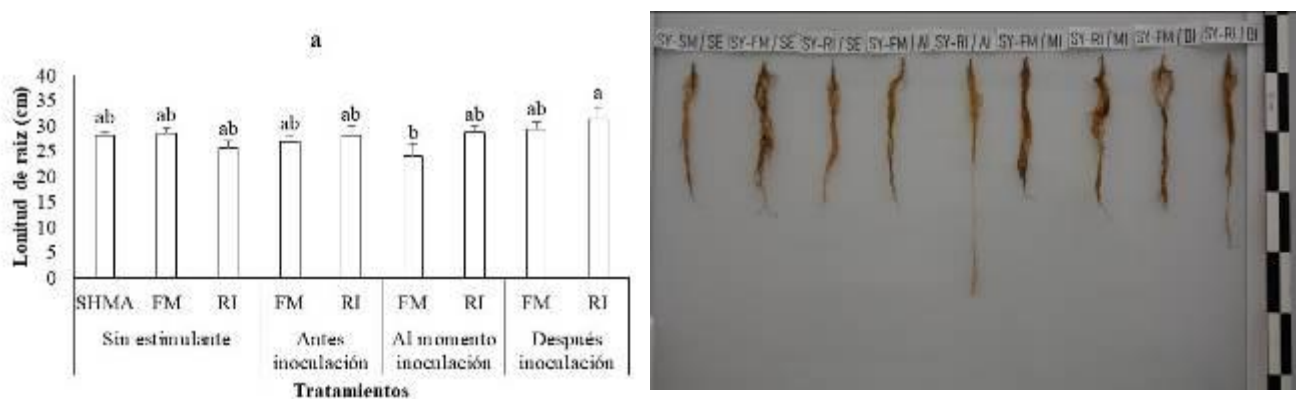
**Figura 3. Comportamiento del crecimiento de plantas de soya (altura de planta) por efecto de la estimulación de la micorrización a los 60 días después de iniciado el experimento en condiciones de invernadero. a) Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). b) Plantas de soya de una repetición representativa de cada tratamiento.**

Este resultado contrasta con el estudio de Bai *et al.* (2019), en el cual se inocularon plantas de soya con *F. mosseae*, dándoles seguimiento por 90 días. A los 60 días corresponde a los resultados de este estudio encarándose una diferencia entre el control y los tratamientos con el HMA, obteniendo alturas de planta de 49 y 53 cm, respectivamente. Cabe mencionar que la diferencia entre ambos tratamientos es

mínima, además que notoriamente el crecimiento en este estudio fue superior. Lo cual se podría adjudicar a la agregación del estimulante, o bien a la constitución del sustrato.

De acuerdo al tipo de fotosíntesis de la soya, corresponde a la clasificación  $C_3$  (Lallana y Lallana, 2003), tomando esto a consideración, se puede comparar los resultados obtenidos, con la investigación realizada por Chandrasekaran *et al.* (2016) en la cual observó los efectos de inocular plantas  $C_3$  y  $C_4$  con *F. mosseae* y *R. intraradices*, y de acuerdo a los resultados, las plantas  $C_3$  tuvieron una mayor altura de la planta cuando se encontraban en simbiosis con *R. intraradices*, a pesar de que en este experimento, los dos puntos más altos se lograron con el tratamiento sin estimulante y sin HMA, seguido por el compuesto por inóculo de *F. mosseae* y sin estimulante, los dos tratamientos con valores más altos siguientes e incluso estadísticamente sin diferencias significativas con el tratamiento mencionado anteriormente, fueron los inoculados con *R. intraradices*, con el momento de agregación de estimulante al momento y después del trasplante.

La longitud de la raíz tuvo sus valores más altos cuando el estimulante fue agregado después de la micorrización, sin embargo, se obtuvo con *R. intraradices*: 31.35 cm seguido por *F. mosseae* con un crecimiento de 29.45 cm (Figura 4).



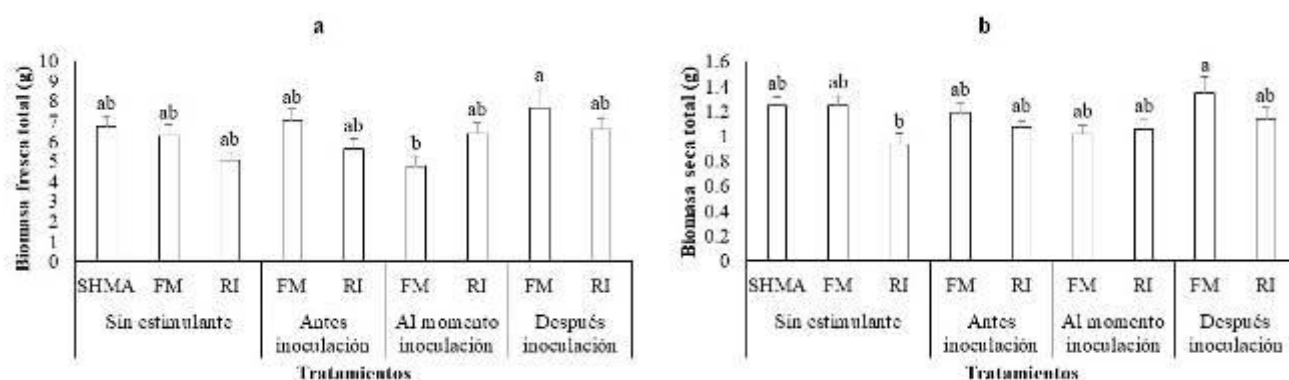
**Figura 4. Efecto de la estimulación micorrizica en la longitud de raíz (cm) de plantas de soya a los 60 días después de establecido el experimento en condiciones de invernadero. a) Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). b) Raíces de soya de una repetición representativa de cada tratamiento.**





Por lo cual el crecimiento de la raíz podría presentar una influencia al momento de agregar el estimulante, aunque bien, hay evidencia de que en plantas como *Morus alba* L. se presentan una mayor longitud de raíz cuando se encuentran inoculadas con *R. intraradices* que por *F. mosseae* (Shi *et al.*, 2016).

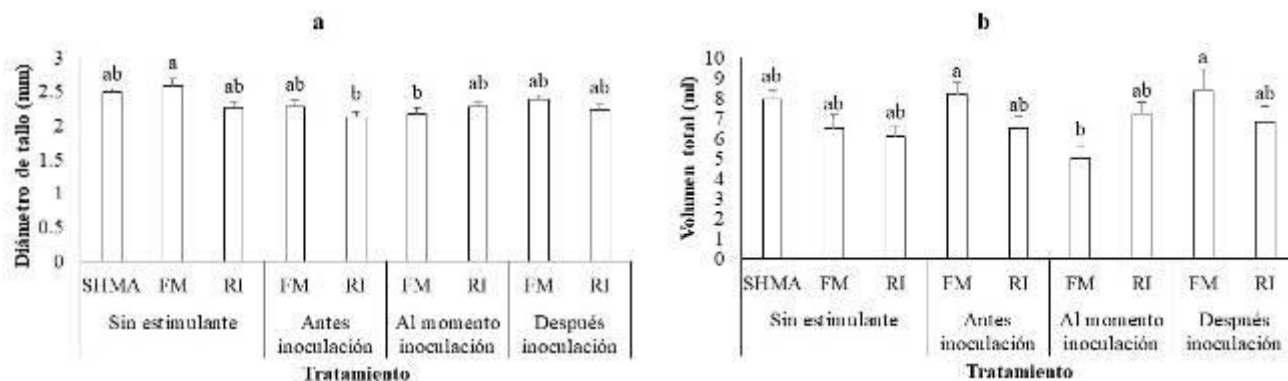
La biomasa fresca y seca total de las plantas de soja tuvieron sus mayores valores con el tratamiento inoculado por *F. mosseae* colocando el estimulante después del trasplante, con valores de 7.6 y 1.3 g, respectivamente (Figura 5). Además de ser el tratamiento que mostró una mayor absorción de agua, efecto de *F. mosseae* que ya se había visualizado en plantas  $C_3$  (Chandrasekaran *et al.*, 2019). La biomasa con menores valores fueron con el tratamiento MIFM (4.76 g) en biomasa fresca y SERI (0.94 g) de biomasa seca.



**Figura 5. Biomasa total (g) por efecto de la estimulación de la micorrización en plantas de soja bajo condiciones de invernadero a los 60 días después de la inoculación. a) Biomasa fresca total. b) Biomasa seca total. Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).**

El diámetro de tallo y el volumen total de plantas de soja mostraron diferencias significativas (Figura 6). El diámetro de tallo tuvo su valor para el tratamiento conformado con *F. mosseae* y sin estimulante (2.59 mm) y el menor el inoculado con *R. intraradices*, con el estimulante añadido antes del trasplante (2.12 mm) (Figura 6a). Mientras que en volumen mostró su mayor valor con DIFM (8.35 MI) y el menor con el tratamiento con *F. mosseae* con el estimulante agregado al momento (4.99 MI) (Figura 6b).

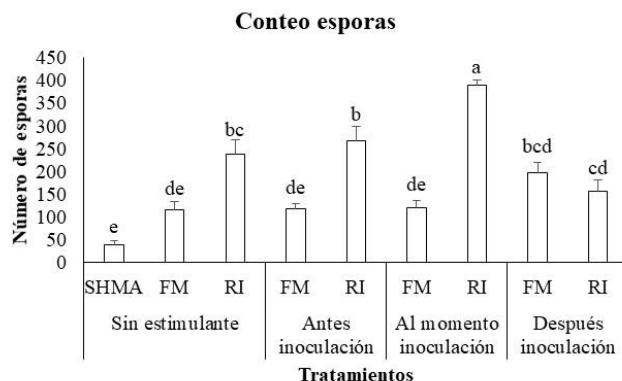




**Figura 6. a) Diámetro de tallo, b) Volumen total por efecto de la estimulación micorrizica de plantas de soya en condiciones de invernadero. Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).**

Existe evidencia de que *Morus alba* L. al ser inoculada por *F. mosseae* muestra un mayor diámetro de tallo que cuando se encuentra en simbiosis con *R. intraradices* (Shi *et al.*, 2016).

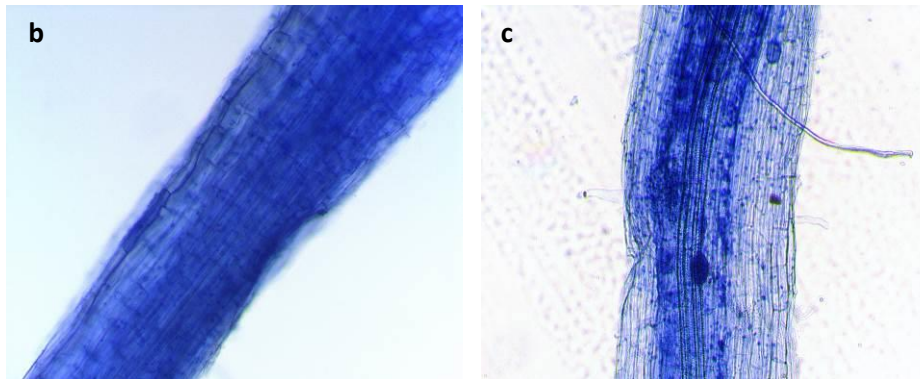
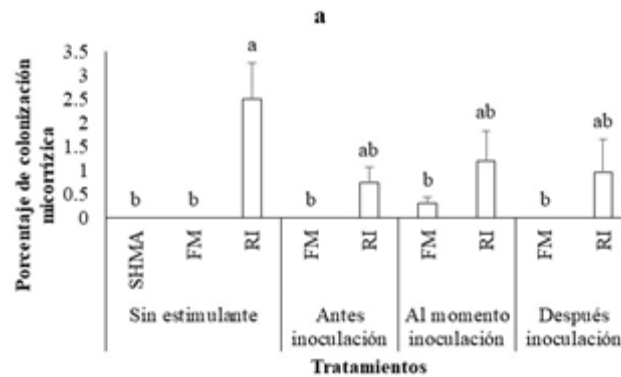
Las variables microbiológicas mostraron diferencias significativas: densidad de esporas y porcentaje de colonización micorrizica (PCM). En ambos casos se observó que los tratamientos inoculados con *R. intraradices* tuvieron los valores más altos en ambas variables, mientras que los que tuvieron *F. mosseae* como HMA fueron los más bajos o casi nulos. Los resultados de concentración de esporas que tuvieron valores más altos y bajos fueron 389 y 38.8 esporas/100 g de suelo con el tratamiento inoculado con *R. intraradices* y el estimulante añadido al momento del trasplante y el carente de inóculo de HMA y estimulante, respectivamente (Figura 7).



**Figura 7. Densidad de esporas de HMA al final del experimento en plantas de soya crecidas en condiciones de invernadero. Resultados expresados en esporas por 100 g de suelo seco. Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).**

Los tres primeros tratamientos con valores más altos en densidad de esporas fueron los inoculados con *R. intraradices*, del cual el tratamiento inoculado con *R. intraradices* y el estimulante añadido al momento del trasplante presentó un número total de esporas casi igual al conteo más alto obtenido con la simbiosis de *F. mosseae*, esto también se ve representado en los resultados de PCM.

En los resultados arrojados por los PCM se observó el que tratamiento con un mayor porcentaje fue el que estaba conformado únicamente por el inóculo de *R. intraradices*, sin estimulante con 2.49% y los más bajos fueron representados por el tratamiento blanco, sin inóculo de HMA, y los conformados por inóculos de *F. mosseae*, sin estimulante y colocándolo antes y después del, todos con un porcentaje igual a cero (Figura 8). En las imágenes de las raíces montadas y teñidas, observadas por microscopio del tratamiento conformado por el inóculo de *R. intraradices*, junto con el estimulante agregado al momento del trasplante, se aprecian las estructuras características de este HMA al colonizar las células corticales de la raíz (Figura 8c), creció mostrando un patrón de red intercelular y paredes celulares teñidas de manera más intensa. Mientras que en el tratamiento inoculado con *F. mosseae*, en conjunto con el estimulante colocado después del trasplante se muestra de manera escasa algunas hifas y esporas (Figura 8b).



**Figura 8. Colonización micorrizica en plantas de soya por efecto de la estimulación micorrizica en condiciones de invernadero. (a) Las barras en el rectángulo representan  $\pm$  el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). (b) Muestra de tratamiento inoculado con *F. mosseae*, en conjunto con el estimulante añadido después del trasplante en microscopio a 40x. (c) Muestra de tratamiento sin estimulante, inoculado con *R. intraradices* en microscopio a 40x.**

En estudios realizados con diferentes plantas se ha observado que *R. intraradices* no contribuye de gran manera al metabolismo secundario, sin embargo tiene la capacidad de evadir las respuestas de las plantas a la colonización (Rivero *et al.*, 2018) lo cual justifica en porqué la planta permite una colonización de esa magnitud, sin obtener beneficios en su crecimiento vegetal, pero bien puede brindar otro tipo de beneficios. Como es el caso de Giachero *et al.* (2017) en dónde expusieron raíces de soya al hongo *F. virguliforme*, inoculando con *R. intraradices*, para observar si habían efectos en la protección de la planta, todo esto se realizó de manera *in vitro*. Notablemente, el HMA le brindó protección a la planta, lo cual también estuvo altamente relacionado con sus porcentajes de colonización total, los cuales fueron



del 24.97 al 51.3% en presencia del hongo fitopatógeno. Volpe *et al.* (2018) realizaron un estudio desde otro enfoque en otra planta, en este, se inoculó por separado *R. intraradices* y *F. mosseae*, en plantas de tomate para posteriormente exponerlas a un áfido plaga, siendo el primero quien mostrara una mayor colonización en la raíz, siendo estas mismas plantas las que tuvieron una mayor protección contra el áfido *M. euphorbiae*, liberando salicilato de metilo, compuesto atractivo para su enemigo natural, el parasitoide *A. ervi*.

Así como en este estudio, existen varios en los que *F. mosseae* brinda a diferentes plantas, un mayor crecimiento vegetal en general y que este, está relacionado con la colonización del HMA como es el caso de la colonización de *Morus alba* L. (Shi *et al.*, 2016), en plantas  $C_3$  (Chandrasekaran *et al.*, 2016) e incluso en la misma soya, en especial el caso de esta última, cuando se encuentra en simbiosis con *F. mosseae*, es benéfico para el crecimiento y desarrollo de la planta, debido a que promueve la expresión de glucano 1,3-beta-glucosidasa, la calcona isomerasa, la unión a fosfolípidos dependiente de calcio, mejorando las funciones metabólicas, como la del azúcar, el energético, el de los aminoácidos, el anabolismo de los nucleótidos y el metabolismo de los lípidos, proporcionando así una base material y energética para la producción de soya (Bai *et al.*, 2019).

Aunque también existen casos en algunas especies vegetales de la promoción de crecimiento por parte de *R. intraradices*, como en plantas  $C_4$  (Chandrasekaran *et al.*, 2016), lo cierto es que en los distintos estudios en los que se evalúa el efecto de estos HMA, en diferentes plantas y en condiciones variadas, los resultados son disímiles, incluso cuando son en condiciones similares, como es el caso del tomate, este fue valorado por distintos equipos de investigación, inoculándolo con *F. mosseae* y *R. intraradices*, exponiéndolos a distintos tipos de estrés abiótico. Obteniendo resultados distintos, por un lado Rivero *et al.* (2018) tuvo un mayor crecimiento vegetal con *F. mosseae*, mientras que en los experimentos realizados por Volpe *et al.*, (2018), resultó que *R. intraradices* tuvo en general un mayor rendimiento fisiológico, sin embargo la simbiosis con *F. mosseae* arrojó una mayor altura cuando se encontraba bajo estrés hídrico moderado y grave. La colonización de la misma manera también fue mayor en *R. intraradices*. En otras especies vegetales se han





observado este tipo de variaciones, pero con respecto a la colonización, Lu *et al.* (2015) inocularon a *Morus alba* L. con distintos HMA promotores de crecimiento, bajo distintos tipos de suelo, obteniendo que *R. intraradices* fue más eficiente colonizando bajo condiciones de invernadero.

Las discrepancias entre los resultados de este y otros estudios, se pueden deber a las distintas condiciones en las que se plantean los experimentos, evidentemente, tanto el comportamiento del crecimiento vegetal, como la colonización micorrízica depende tanto del tipo de planta, como del HMA, factores bióticos y abióticos, entre otros. Por lo cual se ha propuesto realizar diseños *ad hoc* de HMA en relación con la especie / tipo de cultivo de planta, condición ambiental / protección en el campo, con el fin de tener una mejor explotación (Berruti *et al.*, 2016).

## Conclusiones

Este estudio tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la agregación de un estimulante promotor de la micorrización en plantas de soya, a diferentes niveles: sin estimulante, antes, al momento y después del trasplante e inoculación, la cual se llevó a cabo con dos especies de HMA (*F. mosseae* y *R. intraradices*) bajo condiciones de invernadero. En el cual, como resultados, se observó el momento de aplicación del estimulante no reflejó alguna tendencia, en algunos casos como en biomasa fresca, seca total y volumen, en el que al estar inoculadas las plantas con *F. mosseae* y con el estimulante agregado después del trasplante y la inoculación, obtuvieron los valores más altos, en las variables mencionadas. Aunque bien, independientemente del momento de agregación e incluso en la ausencia del estimulante, el inóculo de *F. mosseae*, fue el que mostró mayores efectos con respecto al crecimiento vegetal, lo cual ya ha sido reportado anteriormente por varios autores en distintas especies vegetales. Sin embargo en este estudio se observó que dichos efectos, no se encontraban relacionados con la colonización micorrízica, debido a que el HMA que mostró una mayor colonización fue *R. intraradices*, quien a pesar de no mostrar totalmente resultados positivos en el



crecimiento vegetal, la permisibilidad de la soya por la apertura de colonización por este HMA, deja un hincapié a futuras investigaciones, ya que en estudios se ha demostrado que *R. intraradices* protege a las plantas de fitopatógenos. Además de la posibilidad de la inoculación de un consorcio de estas dos especies micorrízicas y poder así observar a través de un panorama más amplio, los beneficios que estos le brindan a la planta de soya, y así estandarizar este tipo de técnicas para aumentar los rendimientos de producción de esta leguminosa.

### **Agradecimientos**

Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ. L.G. Sánchez Arévalo agradece a CONACyT por la beca de estudios de maestría y a los Drs. M. D. García-Parra y G. Rincón-Enríquez por su tiempo para participar como codirectores de este trabajo de tesis de maestría.

### **Literatura citada**

- Abdel-Salam, E., A. Alatar y M. A. El-Sheikh. 2017. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 25(8):1772-1780.
- Bai, L., H. B. Sun, R. T. Liang, y B. Y. Cai. 2019. ITRAQ proteomic analysis of continuously cropped soybean root inoculated with funneliformis mosseae. *Frontiers in Microbiology*. 10:1-13.
- Berruti, A., E. Lumini, R. Balestrini, y V. Bianciotto. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*. 6:1-13.
- Bueno, R. C. O. de F., J. R. P. Parra y A. de F. Bueno. 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. *Biological Control*. 60(2):154-162.



- Bulgarelli, R. G., F. C. C. Marcos, R. V. Ribeiro y S. A. L. de Andrade. 2017. Mycorrhizae enhance nitrogen fixation and photosynthesis in phosphorus-starved soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environmental and Experimental Botany*. 140:26-33.
- Chandrasekaran, M., M. Chanratana, K. Kim, S. Seshadri, y T. Sa. 2019. Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Photosynthesis, Water Status, and Gas Exchange of Plants Under Salt Stress—A Meta-Analysis. *Frontiers in Plant Science*. 10:1-10.
- Chandrasekaran, M., K. Kim, R. Krishnamoorthy, D. Walitang, S. Sundaram, M. M. Joe, *et al.* 2016. Mycorrhizal symbiotic efficiency on C3 and C4 plants under salinity stress - A meta-analysis. *Frontiers in Microbiology*. 7:1-13.
- Gerdemann, J. W., y T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 46(2):235-244.
- Giachero, M. L., N. Marquez, A. Gallou, C. M. Luna, S. Declerck y D. A. Ducasse. 2017. An In Vitro Method for Studying the Three-Way Interaction between Soybean, *Rhizophagus irregularis* and the Soil-Borne Pathogen *Fusarium virguliforme*. *Frontiers in Plant Science*. 8:1-9.
- Gomez Currea, M. A. 2009. Efecto de una tecnología organica biofit sobre la producción y calidad de un cultivo de rosa variedad freedom. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 102p.
- Hashem, A., E. F. Abd Allah, A. A. Alqarawi, S. Wirth y D. Egamberdieva. 2016. Comparing symbiotic performance and physiological responses of two soybean cultivars to arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26(1):38-48.
- Keymer, A., y C. Gutjahr. 2018. Cross-kingdom lipid transfer in arbuscular mycorrhiza symbiosis and beyond. *Current Opinion in Plant Biology*. 44:137-144.
- Lallana, V. H., y M. del C. Lallana. 2003. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal. 17-20.
- Lu, N., X. Zhou, M. Cui, M. Yu, J. Zhou, Y. Qin, *et al.* 2015. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi promotes the growth of *morus alba* l. seedlings under greenhouse conditions. *Forests*. 6(3):734-747.



- Malik, R. J., M. H. Dixon y J. D. Bever. 2016. Mycorrhizal composition can predict foliar pathogen colonization in soybean. *Biological Control*. 103:46-53.
- Masciarelli, O., A. Llanes, y V. Luna. 2014. A new PGPR co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* enhances soybean nodulation. *Microbiological Research*. 169(7-8):609-615.
- Perez, N. 2017. Metagenómica: futuro de la microbiología. *InnovakNews*. 68:5.
- Phillips, J. M., y D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55(1):158.
- Rivera Zabala, N., G. Madrid Delgado y M. Roa Huerta. 2017. Efecto de exudados radiculares sobre la infección micorrízica. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 35:129.
- Rivero, J., D. Álvarez, V. Flors, C. Azcón-Aguilar y M.J. Pozo. 2018. Root metabolic plasticity underlies functional diversity in mycorrhiza-enhanced stress tolerance in tomato. *New Phytologist*. 220(4):1322-1336.
- Shi, S. M., K. Chen, Y. Gao, B. Liu, X. H. Yang, X. Z. Huang, *et al.* 2016. Arbuscular mycorrhizal fungus species dependency governs better plant physiological characteristics and leaf quality of mulberry (*Morus alba* L.) seedlings. *Frontiers in Microbiology*. 7:1-11.
- Spagnoletti, F., M. Carmona, N.E.T. Gómez, V. Chiocchio y R. S. Lavado. 2017. Arbuscular mycorrhiza reduces the negative effects of *M. phaseolina* on soybean plants in arsenic-contaminated soils. *Applied Soil Ecology*. 121:41-47.
- Volpe, V., W. Chitarra, P. Cascone, M. G. Volpe, P. Bartolini, G. Moneti, *et al.* 2018. The Association With Two Different Arbuscular Mycorrhizal Fungi Differently Affects Water Stress Tolerance in Tomato. *Frontiers in Plant Science*. 9:1-16.





## ADECUACIÓN DE UN BUFFER DE EXTRACCIÓN PARA PROTEÍNAS FORMADORAS DEL $Ca_v1.2 \alpha1c$ EN ESPERMATOZOIDE DE PORCINO

Edelmira Jácome Sosa<sup>356\*</sup>, Manuel Barrientos Morales<sup>356</sup>, Belisario Domínguez Mancera<sup>356</sup>,  
Pablo Delgado Sanchez<sup>357</sup> y Marcela Solís Rodríguez<sup>357</sup>

### Resumen

Los canales iónicos son estructuras proteicas localizadas en la membrana plasmática (MP) de las células. El espermatozoide requiere del ion calcio ( $Ca^{2+}$ ) para realizar procesos fisiológicos fundamentales como lo es la hipermotilidad, la capacitación y la reacción acrosomal. La extracción de proteínas es la primera y más crítica etapa para la realización de pruebas moleculares (WB, Proteómica, etc). La implementación de estas técnicas en el estudio de la célula espermática, nos permitirán un entendimiento más profundo de su fisiología (biomarcadores) y alteraciones en su manipulación (refrigeración, criopreservación, permeabilización, etc.) El objetivo del proyecto fue determinar el mejor método de extracción de proteínas en MP del espermatozoide porcino y la localización de la proteína  $Ca_v1.2 \alpha1C$ , que en el espermatozoide forma un canal iónico de  $Ca^{2+}$ , indispensable para el gameto. Se utilizaron eyaculados de sementales aprobados en granjas porcícolas, que cumplían los criterios de inclusión: motilidad en masa  $\geq 4$  e individual  $\geq 70\%$ . Se tomaron 6 alícuotas ( $200 \times 10^6$ ) de cada muestra para probar 6 buffers de lisis. Los buffers se realizaron con una solución base de Tris-Citríco-Glucosa pH 6.8-7, 300mM, como amortiguador y posteriormente fueron adicionados los reactivos. Buffer 1: 1% SDS; Buffer 2: 1% Tritón X-100; Buffer 3: 0.1% Twen 20; Buffer 4: 8 M Urea; Buffer 5: 1% Mercaptoetanol; Buffer 6: RIPA. Se centrifugan las alícuotas, se extrae el sobrenadante y se conserva a  $-80^\circ C$  hasta su utilización. Se realizó la cuantificación

<sup>356</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Biología de la Reproducción. \*[edejas\\_0105@hotmail.com](mailto:edejas_0105@hotmail.com).

<sup>357</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Laboratorio de Biotecnología.



de proteínas totales por la técnica de Bradford. Se determinó la presencia de los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{Ca}_v 1.2 \alpha 1\text{C}$ ) con la técnica Western Blot (WB), usando el anticuerpo específico Anti-Calcium Channel ( $\alpha 1\text{C}$  Subunit). Con el buffer 6 se logró la mejor extracción de proteínas totales. En el perfil electroforético (gel de poliacrilamida) se observa uniformidad en las bandas de proteínas; sin embargo, en el WB, solo con el buffer 5 se logra observar la banda que refiere la presencia de la proteína  $\text{Ca}_v 1.2 \alpha 1\text{C}$ . Se puede concluir que, para lograr extraer una mejor calidad de proteínas (150-250 kDa) de la MP del espermatozoide porcino, el buffer de elección sería el 5 (2-mercaptoetanol).

**Palabras clave:** membrana plasmática, lisis celular, canal iónico, calcio

## Introducción

Los canales iónicos son proteínas de membrana, que catalizan eficientemente el transporte de iones a través de la bicapa lipídica. Estas estructuras están formadas de una molécula proteica única o de varias de ellas, constituyendo complejos moleculares que forman un poro a través del cual los iones atraviesan las membranas de manera regulada y con gran eficiencia (Vereb *et al.*, 2003; Christel y Lee, 2012). En la ruta de conducción se encuentra el filtro de selectividad iónica que permite el flujo preferencial de un tipo específico de ion.

Un gran avance en el conocimiento de los canales iónicos se dio con el desarrollo de la técnica "patch clamp" por Erwin Neher y Bert Sakmann. Ellos usaron un microelectrodo de vidrio y lo aplicaron a la superficie de una célula, y con esto aislar un parche pequeño de membrana. El voltaje a través de este parche se mantuvo estable por un amplificador de retroalimentación y de esta manera pudieron medir las corrientes que fluían a través de los canales presentes en él. Esta técnica revolucionó el estudio de los canales iónicos ya que permite registrar la actividad de un sólo canal. El otro gran avance técnico en el estudio de los canales iónicos ha sido



el uso de técnicas de biología molecular que ha permitido investigar la presencia y estructura de estas proteínas (Catterall, 2011; Darszon *et al.*, 2011).

Todas las células poseen canales iónicos; el espermatozoide no es la excepción. Los flujos iónicos a través de membranas en el espermatozoide, particularmente los mediados por canales, regulan su respiración, movilidad y capacidad para fecundar al óvulo. Los desarrollos recientes en las herramientas disponibles para estudiar los canales iónicos están mejorando nuestra comprensión de cómo operan y regulan estas proteínas integrales de membrana en los espermatozoides. La biología molecular está revelando las propiedades únicas de los canales iónicos en el espermatozoide. La distribución de estos canales a lo largo del espermatozoide es heterogénea, lo que sugiere que tienen funciones particulares.

El flujo de iones y sus fluctuaciones modulan el pH intracelular (pHi), el  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular ( $[\text{Ca}^{2+}]_i$ ) y otros segundos mensajeros que influyen en la maduración de los espermatozoides, la motilidad y la reacción acrosomal (RA) (Zeng *et al.*, 1996; Flesh *et al.*, 2001; Maldjian *et al.*, 2005; Yoshida *et al.*, 2008).

El poro de los canales de calcio  $\text{Ca}_v$  está formado por la subunidad  $\alpha_1$  (con una masa de aproximadamente 200 kDa; 190 kDa según Takahashi *et al.*, 1987), la cual es codificada por una familia de unos 10 genes, agrupados en tres subfamilias:  $\text{Ca}_v1$  con cuatro miembros ( $\text{Ca}_v1.1$ -  $\text{Ca}_v1.4$ ), todos activados por voltajes de larga duración (L type).  $\text{Ca}_v2$  con tres miembros, de alto voltaje de activación tipo P/Q ( $\text{Ca}_v 2.1$ ), N ( $\text{Ca}_v 2.2$ ) y R ( $\text{Ca}_v 2.3$ ).  $\text{Ca}_v3$  con tres miembros ( $\text{Ca}_v 3.1$ -  $\text{Ca}_v 3.3$ ), todos de bajo umbral de activación (T type) (Darszon *et al.*, 2011). La subunidad  $\alpha_1$  es una proteína de aproximadamente 2000 aminoácidos y una estructura transmembrana. La secuencia de aminoácidos está organizada en cuatro dominios (I-IV), cada uno de los cuales contiene seis segmentos transmembrana (S1-S6) y un bucle asociado a la membrana entre los segmentos transmembrana S5 y S6. La subunidad  $\beta$  está formada por  $\alpha$  hélices, pero no segmentos transmembrana, mientras que la subunidad  $\gamma$  es una glucoproteína con cuatro segmentos transmembrana (Catterall, 2011). Estos canales se abren bruscamente en respuesta a una despolarización suficiente de la membrana plasmática, permitiendo la entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  desde el espacio extracelular al citosol. Esta entrada suele ser muy rápida



debido al enorme gradiente electroquímico para este ión. La repolarización de la membrana produce el cierre de estos canales (Darszon *et al.*, 2006).

Estas proteínas son componentes integrales de la membrana y únicamente son solubles en presencia de detergentes (Jones, 1998). Las proteínas que forman canales de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) están localizadas en regiones específicas de la membrana plasmática del espermatozoide y participan en la regulación homeostática del  $\text{Ca}^{2+}$  el cual es requerido para varias funciones espermáticas (Ren *et al.*, 2001). En el ratón se ha determinado que la acción de una proteína de seis segmentos transmembra denominada CatSper1, regula la entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  y se encuentra en la membrana plasmática de la región principal del flagelo espermático (Carlson *et al.*, 2003). Se ha descrito que si se bloquea el gen CatSper1 se provoca infertilidad masculina debido a un fallo en el espermatozoide para lograr hiperactividad y motilidad (fenómenos dependientes de calcio) (Carlson *et al.*, 2003; Ren y Xia, 2010). Otro grupo de canales de iones de  $\text{Ca}^{2+}$  están presentes en la membrana plasmática de la pieza principal ( $\text{Ca}_v$  1.2,  $\text{Ca}_v$  2.2 y  $\text{Ca}_v$  2.3), del acrosoma ( $\text{Ca}_v$  1.2 y  $\text{Ca}_v$  2.2) y la región post acrosomal ( $\text{Ca}_v$  2.3) del espermatozoide de ratón (Darszon *et al.*, 2006). El bloqueo de la subunidad ( $\alpha$ 1E) del canal  $\text{Ca}_v$  2.3, da como resultado un aumento en los parámetros de linealidad y velocidad de la motilidad espermática, lo que sugiere que los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  juegan un papel importante en la regulación de la motilidad y la hiperactivación del espermatozoide (Sakata *et al.*, 2002).

## Materiales y métodos

Se trabajaron muestras de semen de 4 cerdos híbridos en edad productiva (2-5 años), con fertilidad probada, de las granjas El Coco (Carrizal), Piedra Negra (Buena Vista perteneciente a Emiliano Zapata), Estado de Veracruz, México. Y muestras de una granja porcícola del municipio de Villa de Arista, San Luis Potosí.

La recolección se realizó usando la técnica de la mano enguantada con ayuda de un maniquí. Previo a la recolección de los eyaculados, se realizará limpieza de la zona prepucial con agua y toallas absorbentes para evitar contaminación del material





biológico. Se recolectan todas las fracciones del eyaculado. Se utiliza tela de gasa para filtrar el eyaculado y descartar el gel o tapioca proveniente de las glándulas bulbo uretrales, así como partículas contaminantes (Rillo *et al.*, 1996).

Se realizaron seis buffers de lisis celular para determinar con cuál de estos se obtenía mejor cantidad y calidad de proteínas.

Los buffers se realizaron con una solución base de Tris-Citríco-Glucosa pH 6.8-7, 300mM, como amortiguador.

### **Cuadro 1. Buffers de lisis para extracción de proteínas espermáticas.**

<b>Buffer 1</b>	<b>Buffer 2</b>	<b>Buffer 3</b>	<b>Buffer 4</b>	<b>Buffer 5</b>	<b>Buffer 6</b>
1% SDS	1% Tritón X-100	0.1% Twen 20	8 M Urea	1% Mercaptoetanol	RIPA

La muestra y los buffers se mantienen en hielo todo el tiempo. Se utilizó a una concentración de  $200 \times 10^6$  células espermáticas. La muestra es centrifugada a 13000 rpm por 10 min en centrifuga refrigerada (4°C). El sobrenadante es colocado en tubos de microcentrífuga con glicerol (5%) y coctel inhibidor de proteasas (1% v/v) para resguardar la integridad de las proteínas obtenidas. Una vez realizado esto, se conservan las extracciones en ultra congelador a -80°C hasta su utilización.

La localización de la subunidad  $\alpha 1C$  del canal de calcio  $Ca_v 1.2$  se realizó por medio del protocolo descrito por Schagger (2006) con adecuaciones para este experimento. Se usó el anticuerpo específico "Anti-Calcium Channel ( $\alpha 1C$  Subunit) (L-type of Voltage-gated  $Ca^{2+}$  Channel) antibody produced in rabbit" (Sigma-Aldrich™, USA) para la detección de la proteína. Se realizó una electroforesis en gel de poliacrilamida al 10% con un voltaje de 80 V por 2 h para la separación de las proteínas obtenidas por medio de la lisis celular de acuerdo a sus pesos moleculares. De acuerdo a la bibliografía, la subunidad que se busca tiene un peso de entre 190-205 kDa (Albrizio *et al.*, 2013).



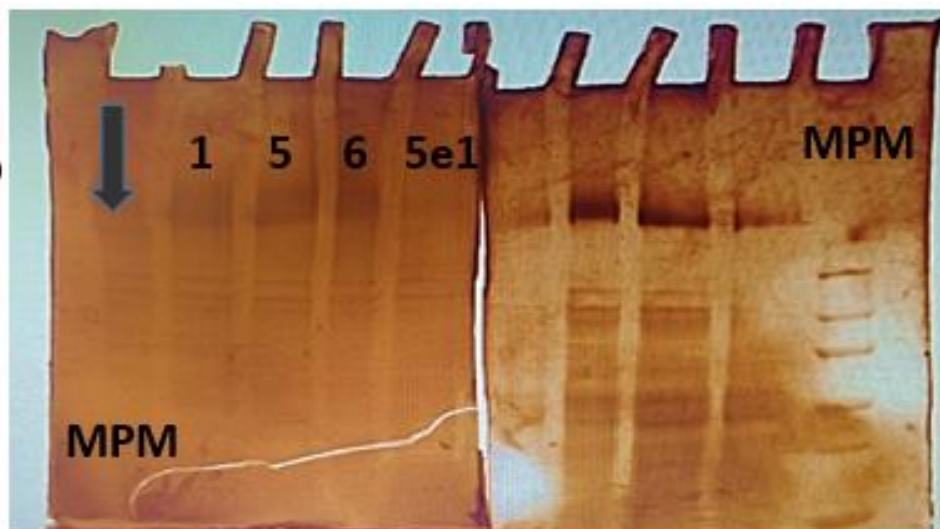
## Resultados y discusión

La extracción de las proteínas de membrana de los espermatozoides es la primera etapa para realizar pruebas moleculares y habitualmente se lleva a cabo por medio de un tampón de lisis que contiene un detergente. Los detergentes más utilizados son Tritón X-100, el tampón RIPA, la urea (D´Amours *et al.*, 2010; Dietrich *et al.*, 2016), el SDS (dodecilsulfato sódico) (Cheema y Babbar, 2008), Tween-20 (Rajeev y Reddy, 2004) y el agente reductor 2-Mercaptoetanol (Garcia-Soto *et al.*, 1988). Se realizó la estandarización de la extracción de proteínas de la célula espermática de porcino por medio de la comparación de estos 6 buffers de lisis (Cuadro 2) (Casares-Crespo *et al.*, 2017) ya que no se tiene una metodología para esta célula y ya que la proteína de interés es una proteína de membrana, se deseaba saber con cuál de los métodos propuestos se obtenía mejor calidad. El buffer de extracción se utilizará dependiendo si se desea o no que las proteínas conserven su actividad biológica, su conformación nativa, su interacción con otras proteínas u otras moléculas. Algunos protocolos son tan violentos que involucran la ruptura de todas las membranas; otros en cambio permiten fraccionar y obtener, distintos componentes subcelulares (núcleos, mitocondrias, etc) (Bradley y Markwell, 2007).

**Cuadro 2. Buffers de lisis y la cuantificación de proteína obtenida.**

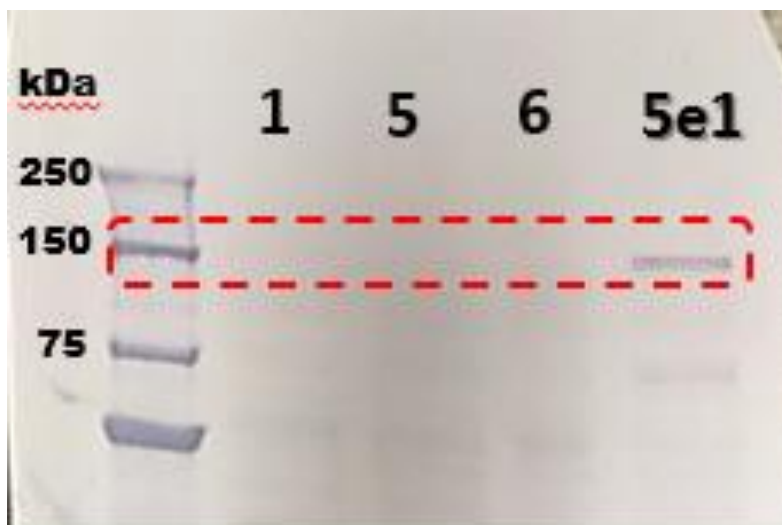
	Buffer de lisis	µg/mL
1	SDS	283.5
2	Tritón X-100	148.5
3	Tween-20	133.5
4	Urea	198.5
5	2-mercaptoetanol	448.5
6	RIPA	638.5

Si bien se obtuvo una mayor cantidad de proteína con el buffer RIPA, al realizar el perfil electroforético en gel de poliacrilamida, se observan bandas de proteínas con cada uno de los buffers de extracción (Figura 1).



**Figura 1. Perfil electroforético en gel de poliacrilamida teñido con la tinción de plata. Se realiza un gel espejo para optimizar recursos. En el carril 1 se encuentra el marcador de peso molecular (MPM), en el carril 2 una muestra de proteínas extraídas con el buffer que contiene SDS; en el carril 3, proteínas extraídas con el buffer 2-mercaptoetanol; en el carril 6, buffer RIPA. En el carril 5 se encuentra una muestra cuya extracción se realizó con un buffer que contenía 2-mercaptoetanol conservadas a  $-80^{\circ}\text{C}$ .**

Se observó una baja calidad de la banda de proteínas con el buffer que contenía 1% de 2-mercaptoetanol; sin embargo, al momento de realizar el Western Blot y realizar la incubación con los anticuerpos ( $\text{Ca}_v1.2 \alpha1\text{C}$ ), se realiza la identificación con claridad de la proteína (Figura 2). Cabe mencionar que el marcador de peso molecular no se logró nivelar correctamente con las bandas de proteína y por ello la percepción del peso molecular de la banda localizada es menor a 150 kDa (Figura 2). Darszon *et al.* (2011) mencionan que la subunidad  $\alpha1$  tendría un peso aproximado de 200 kDa, esto en espermatozoides de ratón. Por otro lado, Albrizio *et al.* (2013) reportan la localización de la subunidad  $\alpha1$  con un peso de 205 kDa, en espermatozoides equinos. Por otro lado, Catterall (2011) menciona que la subunidad  $\alpha1$  tiene una masa de 190 kDa en células somáticas. En este experimento, se tiene la hipótesis de que la proteína de interés ( $\text{Ca}_v1.2$  subunidad  $\alpha1\text{c}$ ), en espermatozoides de porcino, tiene un peso aproximado de 190 kDa, de acuerdo a lo encontrado en el Western Blot.



**Figura 2. Western Blot. Membrana PVDF incubada con los anticuerpos contra la proteína de interés ( $\text{Ca}_v 1.2 \alpha 1\text{C}$ ). En el primer carril se encuentra el marcador de peso molecular. En el segundo carril una muestra tratada con el buffer 1. En el segundo carril una muestra tratada con el buffer 5. En el carril 4, una muestra tratada con el buffer 6. En el carril 5, una muestra tratada con el buffer que contenía 1% de 2-mercaptoetanol. Se observa claramente la detección de la proteína, rebasando un peso de 160 kDa (el marcador de peso molecular no se encuentra bien alineado).**

## Conclusiones

El buffer que contiene 1% 2-mercaptoetanol es la mejor opción para realizar la lisis de células espermáticas porcinas y así obtener una mejor calidad de proteínas de membrana con pesos altos (150-250 kDa). Se determinó la presencia de la proteína  $\text{Ca}_v 1.2 \alpha 1\text{C}$  formadora del canal de  $\text{Ca}^{2+}$  voltaje dependiente, en la célula espermática porcina. Sería interesante observar presencia y modificaciones en espermatozoides porcinos bajo diferentes condiciones.





## Literatura citada

- Albrizio, M., Moramarco, A. M., Nicassio, N., Micera, E., Zarrilli, A., Lacalandra, G. M. 2013. Localization and functional modification of L-type voltage-gated calcium channels in equine spermatozoa from fresh and frozen semen. *Theriogenology*. 83:421-429.
- Bradley, J. S. C. O. and Markwell, J. 2007. Assay for determination of protein concentration. *Current protocols in protein science* 3.4.1-3.4.29.
- Casares-Crespo, L., Fernandez-Serrano, P., y Viudes de Castro, M. P. 2017. Efecto del detergente utilizado en la extracción de proteínas de membrana del espermatozoide de conejo sobre el proteoma resultante. *XVII Jornadas sobre Producción Animal*. 383-385.
- Carlson, A., Westenbroek, R., Quill, T., Ren, D., Clapham, D., Hille, B., Garbers, D., Babcock, D. 2003. CatSper1 required for evoked  $Ca^{2+}$  entry and control of flagellar function in sperm. *Proc Natl Acad Sci USA*. 100:14864-14868.
- Cheema, S., Ranjna, Babbar. B.K. 2008. Sperm membrane/seminal plasma proteins reflect semen quality in cross-bred cattle bulls. *Indian J. Anim. Res.* 42(4): 242-247.
- Catterall, W.A. 2011. Voltage-gated calcium channels. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 3:a003947.
- Christel, C. and Lee, A. 2012.  $Ca^{2+}$ -dependent modulation of voltage-gated  $Ca^{2+}$  channels. *Biochim Biophys Acta*. 1820:1243-1252.
- D'Amours, O., Frenette, G., Fortier, M., Leclerc, P., Sullivan, R. 2010. Proteomic comparison of detergent-extracted sperm proteins from bulls with different fertility indexes. *Reproduction*. 139(3):545-56.
- Darszon, A., Acevedo, J., Galindo, B., Hernández-González, E., Nishigaki, T., Treviño, C., Wood, C., Beltrán, C. 2006. Sperm channel diversity and functional multiplicity. *Reproduction* 131:977-988.
- Darszon, A., Nishigaki, T., Beltran, C., Treviño, C.L. 2011. Calcium channels in the development, maturation, and function of spermatozoa. *Physiol Rev*. 91:1305-1355.



- Dietrich, M. A., Dietrich, G.J., Mostek, A., Ciereszko, A. 2016. Motility of carp spermatozoa is associated with profound changes in the sperm proteome. *Journal of Proteomics*. 138:124–135.
- Flesch, F. M., Wijnand, E., van de Lest, C. H., Colenbrander, B., van Golde, L. M., Gadella, B. M., 2001. Capacitation dependent activation of tyrosine phosphorylation generates two sperm head plasma membrane proteins with high primary binding affinity for the zona pellucida. *Mol Reprod Dev*. 60:107-115.
- García-Soto, J., Mourelle, M., Vargas, I., De la Torre, L., Ramírez, E., López-Colomé, A.M., Darszon, A. 1988. Sea urchin sperm head plasma membranes: characteristics and egg jelly induced  $Ca^{2+}$  and  $Na^{+}$  uptake. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Biomembranes*. 944:1-12.
- Jones, R. 1998. Plasma membrane structure and remodelling during sperm maturation in the epididymis. *J Reprod Fertil Suppl*. 53:73-84.
- Maldjian, A., Pizzi, F., Gliozzi, T., Cerolini, S., Penny, P., Noble, R. 2005. Changes in sperm quality and 439 lipid composition during cryopreservation of boar semen. *Theriogenology* 63:411-421.
- Rajeev, S. K. and Reddy, K. V. 2004. Sperm membrane protein profiles of fertile and infertile men: identification and characterization of fertility-associated sperm antigen. *Hum Reprod*. 19(2):234-42.
- Ren, D., Navarro, B., Perez, G., Jackson, A. C., Hsu, S., Shi, Q., Tilly, J. L., Clapham, D. E. 2001. A sperm ion channel required for sperm motility and male fertility. *Nature*. 413:603-609.
- Ren, D. and Xia, J. 2010. Calcium signaling through CatSper channels in mammalian fertilization. *Physiology (Bethesda)*. 25:165-175.
- Rillo, M. S., Martínez, E., Artiaga, G. C., De Alba, C. 1996. Boar semen evaluation in practice. *Reproduction in Domestic Animals*. 35:519-526.
- Sakata, Y., Saegusa, H., Zong, S., Osanai, M., Murakoshi, T., Shimizu, Y., Noda, T., Aso, T., Tanabe, T. 2002.  $Ca_v2.3$  ( $\alpha 1E$ )  $Ca^{2+}$  channel participates in the control of sperm function. *FEBS Lett*. 516:229-233.
- Schagger, H. 2006. Tricine–SDS-PAGE. *Nat. Protocols* 1. 16–22.



- Takahashi, M., Seagar, M. J., Jones, J. F., Reber, B. F., Catterall, W. A. 1987. Subunit structure of dihydropyridine-sensitive calcium channels from skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 84(15): 5478–5482.
- Vereb, G., Szollosi, J., Matko, J., Nagy, P., Farkas, T., Vigh, L., Matyus, L., Waldmann, T. A., Damjanovich, S. 2003. Dynamic, yet structured: The cell membrane three decades after the Singer-Nicolson model. *Proc Natl Acad Sci USA*. 100:8053-8058.
- Yoshida, M., Kawano, N., Yoshida, K. 2008. Control of sperm motility and fertility: Diverse factors and common mechanisms. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 65:3446-3457.
- Zeng, Y., Oberdorf, J. A., Florman, H. M. 1996. pH regulation in mouse sperm: identification of Na(+)-,Cl(-)-, and HCO<sub>3</sub>(-)-dependent and arylaminobenzoate- dependent regulatory mechanisms and characterization of their roles in sperm capacitation. *Dev Biol*. 173:510-520.



## PROBLEMÁTICAS DEL PROCESAMIENTO DE AZÚCAR: USO DE MATERIALES ARCILLOSOS COMO ALTERNATIVA EN PROCESOS DE MEMBRANAS

Elisa Yescas Fernández<sup>358</sup>, Karina Bustos Ramírez<sup>358</sup>, Verónica Saucedo Rivalcoba<sup>358</sup> y Karen  
Aylin Vargas García<sup>358\*</sup>

### Resumen

Las tendencias actuales en el consumo de alimentos demandan productos con alto valor nutricional, sabor idéntico al de la materia prima, y con el menor daño térmico. En este sentido en la industria azucarera, la clarificación del jugo de caña es una etapa crítica en el procesamiento del azúcar, que consiste en la remoción de sólidos que limitan el rendimiento de etapas posteriores donde el jugo clarificado es turbio y de color café amarillento debido a la ineficiente remoción de impurezas y que afecta los rendimientos de todo el proceso de producción de azúcar. Se realiza de manera convencional con agentes de sedimentación, tierras diatomeas y ayuda-filtros, sin embargo, tiene ciertas limitaciones: remoción ineficiente de gomas, cenizas, sílica y coloides que afectan el color del producto; inversión de la sacarosa; elevación de costos de energía durante la evaporación, condensación, y cristalización; incrustación de sólidos en evaporadores y bajos rendimientos en la cristalización. En este contexto la clarificación a través de procesos de membranas es una alternativa tecnológica para el procesamiento del azúcar. Sin embargo, las membranas comercialmente disponibles (poliméricas) tienen desventajas como baja resistencia mecánica, química y térmica. Mientras que las membranas cerámicas no presentan estos inconvenientes, pero son elaboradas de óxido de aluminio, titanio y zirconia ( $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  y  $Al_2O_3$ ), lo que aumenta su costo. En este sentido, la mullita es un material cerámico con propiedades similares a los

---

<sup>358</sup> ITecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tierra Blanca/Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología, Av. Veracruz s/n, esq Héroes de Puebla, Col Pemex, C.P 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México

\*email: [josarvaga@gmail.com](mailto:josarvaga@gmail.com)





mencionados anteriormente y con menor costo de adquisición; por lo que ha sido un material de gran interés en el desarrollo de cerámicos, debido a que podrían ser competitivas con los materiales cerámicos anteriormente mencionados. Tomando como base lo anterior, en este grupo de trabajo se propuso realizar una revisión bibliográfica que permitiera generar una propuesta como alternativa tecnológica a las problemáticas del procesamiento del azúcar de caña a través del uso de materiales arcillosos como alternativa en procesos de membranas.

**Palabras clave:** mullita, síntesis, cerámicas, caña

## Introducción

La industria azucarera es una de las industrias más importantes en México, siendo Veracruz uno de los principales productores de azúcar de caña en el país. Sin embargo, dentro del proceso de elaboración de azúcar, la industria azucarera tiene retos para mejorar el rendimiento y minimizar el gasto energético en su procesamiento. El proceso convencional para producir azúcar de caña tiene las siguientes limitaciones: a) remoción ineficiente de impurezas, tales como gomas, cenizas, sílica, proteínas durante la clarificación. b) Inversión de sacarosa, la cual aumenta la formación de melaza. c) Altos consumos de energía debido a la evaporación, condensación y cristalización. d) Incrustamiento en evaporadores y bajos rendimientos en la etapa de cristalización. En este sentido, la clarificación de jugo de caña es una etapa crítica y principal de todo el proceso. Su objetivo es eliminar la mayor cantidad de impurezas solubles e insolubles permitiendo el paso de un jugo clarificado con alta calidad que tiene una repercusión en las subsecuentes etapas del proceso (evaporación, cristalización y centrifugación). En el proceso convencional de clarificación de jugo de caña se obtiene un jugo turbio y de color café amarillo debido a la ineficiente remoción de impurezas y trae como consecuencia una baja calidad del producto final. Se realiza de manera convencional con agentes de sedimentación, tierras diatomeas y ayuda-filtros, sin



embargo, tiene ciertas limitaciones: remoción ineficiente de gomas, cenizas, silica y coloides que afectan el color del producto; inversión de la sacarosa; elevación de costos de energía durante la evaporación, condensación, y cristalización; incrustación de sólidos en evaporadores y bajos rendimientos en la cristalización. La clarificación del jugo de caña por ultrafiltración produce una mejora importante en la calidad y rendimiento del azúcar (Bhattacharya *et al.*, 2001; Hincova *et al.*, 2002). Las ventajas de usar UF para la clarificación del jugo de caña son: a) reducción el color y turbidez, b) remoción de colorantes de alto peso molecular, los cuales son ocluidos en los cristales de azúcar, c) incrementos en los rendimientos de cristalización y c) menor incrustación en los evaporadores. Se ha estudiado la viabilidad de utilizar UF durante la clarificación de jugo de caña, demostrando el impacto que tiene en la manufactura de azúcar (Balakrishnan *et al.*, 2000). Los valores de rendimiento reportados en la literatura (Ghosh *et al.*, 2000; Balakrishnan *et al.*, 2000; Battacharya *et al.*, 2001; Ghosh *et al.*, 2003), son bajos (7-35 L/m<sup>2</sup>h) para su aplicación industrial, sin embargo, la calidad del jugo clarificado obtenido por UF es superior al obtenido con el proceso convencional. La principal limitación de la UF es la reducción del flux de permeado durante el proceso debido a la acumulación de compuestos en los poros o sobre la superficie de la membrana, por lo que el uso de un pretratamiento adecuado es necesario para aumentar el flux, disminuir el ensuciamiento de la membrana y mejorar la calidad del jugo. En este contexto la clarificación a través de procesos de membranas es un alternativa tecnológica para el procesamiento del azúcar. Sin embargo, su aplicación está condicionada a las membranas comercialmente disponibles (poliméricas) tienen desventajas como baja resistencia mecánica, química y térmica. Mientras que las membranas cerámicas no presentan estos inconvenientes pero son elaboradas de óxido de aluminio, titanio y zirconia, lo que aumenta su costo (Villar *et al.*, 2004). Contrario a lo anterior existen materiales arcillosos como es el caso de la mullita es un material cerámico con propiedades similares a los mencionados anteriormente y con menor costo de adquisición (Da Silva *et al.*, 2016). Por lo que su aplicación se visualiza como una alternativa económica y tecnológica para la síntesis de membranas cerámicas dirigidas al sector azucarero. debido a lo anterior, en este trabajo se propone



estudiar el uso de materiales arcillosos, específicamente mullita como alternativa en procesos de membranas para su aplicación en el procesamiento de azúcar.

### **Materiales y métodos**

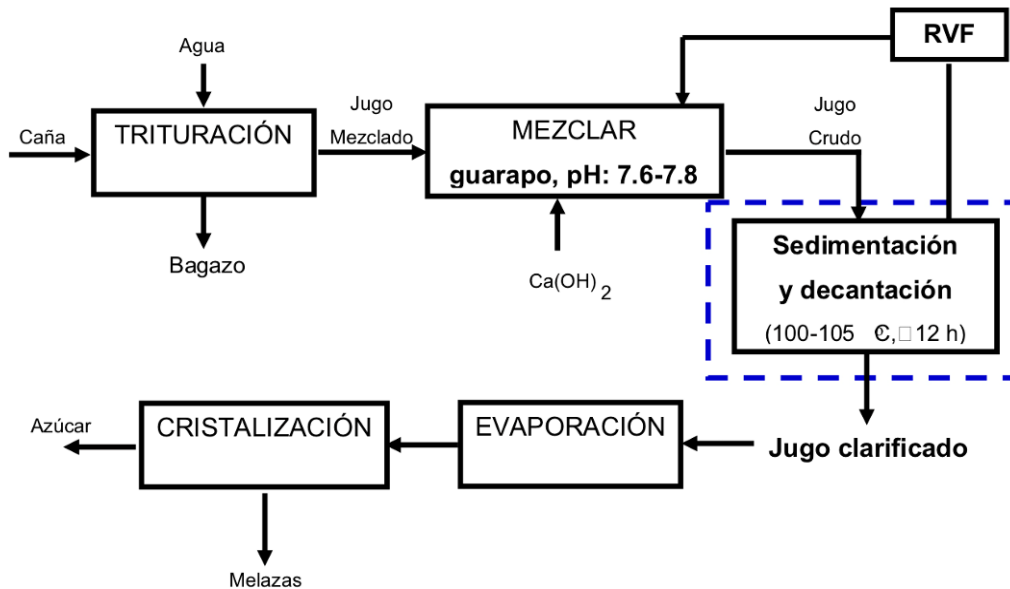
El presente trabajo se realizó en dos etapas, en la primera se realizó la preparación del tema, llevando a cabo una exploración del problema, análisis de los conceptos básicos, y el material bibliográfico del tema para la formulación de las ideas que soportan el argumento científico y tecnológico de este trabajo. En una segunda etapa se realizó la interpretación de los documentos bibliográficos que permitieron la construcción teórica para generar una propuesta como alternativa tecnológica a las problemáticas del procesamiento del azúcar de caña a través del uso de materiales arcillosos como alternativa en procesos de membranas.

### **Procesamiento de azúcar de caña**

La industria azucarera es una de las industrias más relevantes en México donde el estado de Veracruz contribuye el alrededor del 40% esta producción nacional (SAGARPA, 2006). Durante el procesamiento del azúcar cerca del 50% de la energía es consumida durante la evaporación (Cheryan, 1998; Hincova, 2002); por lo que existe la necesidad de buscar nuevas tecnologías que permitan el ahorro y uso eficiente de energía. Las etapas involucradas en el proceso de elaboración de azúcar de caña se detallan a continuación en la Figura 1. La extracción del jugo constituye la primera etapa del procesamiento del azúcar crudo. Donde, la caña se lleva a molienda usando cuchillas giratorias o mediante molinos de martillos. La extracción del jugo se conduce con la aspersion de agua o guarapo sobre la capa de bagazo a la salida de la unidad de molienda. Posteriormente el jugo color verde scuro es llevado a purificación (clarificación) para remover las impurezas tanto solubles como insolubles. Este proceso se conduce a través de una neutralización del guarapo, seguida de una precipitación inducida por calentamiento, los lodos se separan del jugo clarificado por sedimentación y se filtran en tambores rotatorios de filtración. El jugo filtrado regresa al proceso o pasa directamente al jugo clarificado y la torta de la prensa (cachaza) es desechada. El jugo clarificado pasa a los evaporadores y



contiene aproximadamente 85% de agua. Dos terceras partes de esta agua se evaporan en evaporadores al vacío de múltiple efecto. Posteriormente se realiza la cristalización utilizandocrystalizadores al vacío de simple efecto (tachos) donde el jarabe se evapora hasta saturación y adición de núcleos para los cristales de azúcar. (Chen, 1997).



**Figura 1. Procesamiento de azúcar de caña.**

La clarificación del jugo es la etapa más importante y crítica del proceso. Los jugos contienen un promedio de 2 a 4% de sólidos. La clarificación con cal y calor, es el método más antiguo; se añade cal para neutralizar los ácidos orgánicos que contiene el jugo, y se eleva la temperatura a 95°C para formar un precipitado que contiene sales insolubles de calcio, albúmina coagulada y de ceras, grasas y gomas. La separación del precipitado del jugo que lo rodea se efectúa mediante la sedimentación y la decantación y el grado de clarificación tiene un efecto significativo sobre las siguientes etapas del proceso: afecta la ebullición en los tachos, el centrifugado, la calidad del producto y, lo que es más importante, el rendimiento de azúcar crudo (Chen, 1997). El proceso convencional para producir azúcar de caña tiene las siguientes limitaciones (Bhattacharya *et al.*, 2001):

Remoción ineficiente de sustancias como gomas, cenizas, silica y coloides reversibles durante la clarificación afectando el color del producto final.



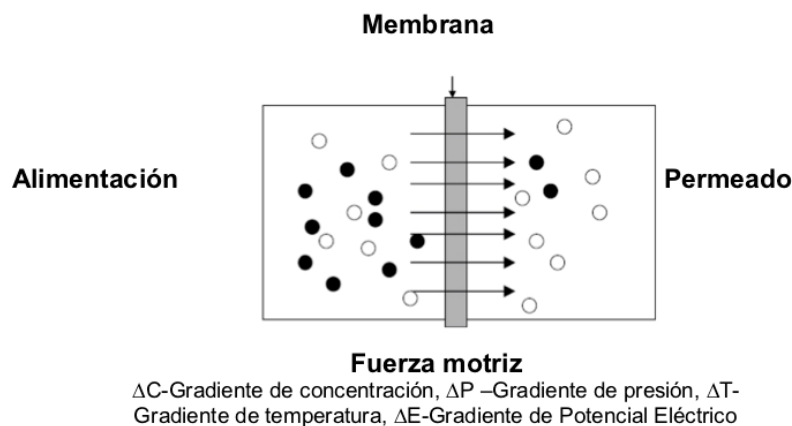


- Inversión de sacarosa, que aumenta la formación de melaza.
- Altos consumos de energía debido a la evaporación, condensación y cristalización.
- Incrustamiento en evaporadores y bajos rendimientos en la etapa de cristalización.

Debido a esto, es necesario buscar alternativas para el mejoramiento del proceso como la aplicación de los procesos de membrana en diferentes etapas del proceso.

### Procesos de membranas

Se denomina con el nombre de membranas a las barreras semipermeables delgadas entre dos fases, a través de las cuales, bajo la acción de una fuerza impulsora o motriz, tiene lugar un proceso de transporte, para separación, retención, concentración y/o purificación de una o mas especies como se esquematiza en la figura 2. Dependiendo del tipo y tamaño de poro de la membrana, y la fuerza motriz, existen diversos procesos que permiten la separación de uno o más componentes de interés ya sea en el retenido o en el permeado del sistema (Benito *et al.*, 2004).



**Figura 2. Diagrama de un sistema de separación por membranas en dos fases.**



## Manufactura de membranas

Para la fabricación de membranas se han usado materiales de naturaleza diversa, que han evolucionado a través del tiempo, buscando suplir las necesidades de separación y/o superar los problemas tecnológicos en los diferentes procesos en los que se utilizan. Se han utilizado desde diferentes tipos de polímeros, hasta materiales de composición mineral como aluminio anodizado o del tipo de “capa S” en las cuales un soporte se cubre con una película cristalina de glicoproteínas obtenidas de bacterias (Zeman y Zydney, 1996). Sin embargo, no todos los materiales reportados en la literatura han culminado con éxito hasta la etapa de comercialización. Los más representativos se clasifican en generaciones de membranas, que se diferencian no sólo por el material de fabricación, sino también por el orden cronológico de su aplicación a nivel industrial. Los requisitos que debe cumplir una membrana son una alta permeabilidad y selectividad, resistencia mecánica adecuada, estabilidad química y térmica en las condiciones de trabajo, baja velocidad de obstrucción, y mejor relación coste/desempeño en comparación con las membranas disponibles comercialmente. En este contexto las membranas poliméricas cumplen con la mayoría de estos, sin embargo, su poca resistencia mecánica, estabilidad química y térmica, así como las conduce a una corta vida útil. Debido a lo anterior, las membranas cerámicas han incrementado su potencial de aplicación en los últimos años. Lo anterior considerando que resisten entornos químicamente agresivos, alta temperatura y presión. Aunque tienen mayor precio de fabricación, este se justifica por sus periodos largos de operación. Las membranas cerámicas son fabricadas por sinterización de materiales orgánicos. Y se hace siguiendo un riguroso control de calidad, utilizando polvos de granulometría controlada y consiguiendo una homogeneidad muy elevada en el paso de poro. Como una ventaja adicional del material cerámico y las nuevas técnicas de fabricación, se obtienen altos grado de hidrofiliidad adecuado en las membranas, y reducción en los fenómenos de fouling o ensuciamiento (Benito *et al.*, 2004). Además, el ensuciamiento se resuelve con lavados químicos agresivos que permiten la continuidad del proceso en el tiempo; por tanto, es fundamental que los materiales de construcción de la membrana resistan estas condiciones, lo



cual ocurre con las membranas cerámicas, aunque por supuesto, presentan también algunas limitaciones como son sus altos costos de obtención debido a los materiales de fabricación.

### **Materiales alternativos**

Entre los materiales mas empleados para la obtención de membranas cerámicas en el tratamiento de aguas está la alúmina,  $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ , por la estabilidad de sus propiedades en los procesos de filtración a altas temperaturas y principalmente por su estabilidad en ambientes químicamente agresivos. Además, como consecuencia del elevado aporte energético implicado en su preparación, el coste de estas membranas es relativamente alto y no se utilizan ampliamente en la industria a menos de que se trate de aplicaciones específicas en las que el uso de membranas poliméricas no es viable (Villar *et al.*, 2004). Es por ello que en los últimos años ha emergido la necesidad en el uso de materiales cerámicos con características similares a las de óxido de titanio, zirconia y aluminio, pero que no impliquen altos costos para su fabricación. En este contexto, la mullita es ampliamente conocida como uno de los constituyentes tradicionales en materiales cerámicos, su composición va desde  $3\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}2\text{SiO}_2$  hasta  $3\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . Este es considerado el único componente estable del sistema binario silicio-aluminio, bajo condiciones normales de presión y temperatura (Baudín y Villar, 2002). La excelente combinación de propiedades de bajo coeficiente de expansión térmica, buena resistencia al shock térmico, estabilidad mecánica y química a elevadas temperaturas; ha sido de interés en los últimos años en el desarrollo de cerámicos a base de mullita, debido a su capacidad de utilizarse como aislante térmico. Además, recientemente la funcionalidad de la mullita ha sido extendida hacia otras áreas, como lo es la energía, medio ambiente y salud. Entre los silicatos alumínicos existen tres compuestos que se encuentran en la naturaleza y forman mineralógicamente el "grupo de la silimanita". Estos minerales son la silimanita, la andalucita y la distena o cianita. Todos ellos, a temperatura elevada, producen mullita y un líquido silíceo. Es interesante hacer notar, que la transformación es monótrona. Se verifica en un solo sentido, es decir, que una vez producida la transformación en mullita, ésta no



se recombina de nuevo (She *et al.*, 2003; García *et al.*, 2011). Además, la Ingeniería de Cerámicas lo ha considerado como un material privilegiado en cuanto a aplicaciones técnicas donde la resistencia mecánica, química y térmica alta esta involucrada. Entre las propiedades que la han hecho merecer esta distinción están, su baja expansión térmica, así como la excelente resistencia al choque térmico, en conjunción con una gran resistencia a la fluencia. Además, posee baja constante dieléctrica y conductividad térmica, lo cual permiten sugerir su uso también en la utilización como sustrato de diversos dispositivos (Villar *et al.*, 2004).

### **Caracterización de membranas**

La caracterización de una membrana permite el conocimiento de su composición, estructura y comportamiento funcional (propiedades de transporte y superficie) a través de diferentes técnicas disponibles. El principal objetivo, es la predicción del comportamiento y el desempeño de una membrana en un proceso, para lo cual es necesario conocer la mayor cantidad posible de parámetros que participan en la aplicación de la membrana bajo condiciones experimentales. Sin embargo, esto no siempre es posible, debido a que durante el transporte pueden intervenir otros factores que pudieran no ser evaluados.

### **Caracterización estructural**

La caracterización estructural, sugiere principalmente la determinación experimental de la morfología, estructura y composición de la membrana, así como la distribución estadística, la densidad superficial y el tamaño promedio de los poros (radio o diámetro equivalente). Estas metodologías (Microscopía de Barrido Electrónico, Microscopía de Transmisión Electrónica y Microscopía de Fuerza Atómica) permiten observar diferencias en la microestructura de las membranas a través de muestras superficiales o de cortes transversales o longitudinales. No sólo generan los resultados de la estructura real de membranas, sino que también permiten la observación de aspectos morfológicos de zonas microscópicas del material analizado. El principal problema de estas técnicas microscópicas es la preparación de las muestras, sin que se dañe la estructura de la membrana. En la





Microscopía de Barrido Electrónico (MBE) las imágenes se obtienen bombardeando el sólido con electrones altamente energéticos, produciendo interacciones entre el material y el rayo electrónico, las cuales permiten identificar los materiales presentes en la muestra, así como una caracterización física de los poros y orificios de la superficie. A partir de estas imágenes se puede determinar estadísticamente el tamaño de poro promedio, y la distribución de tamaños de poro, la porosidad superficial y volumétrica, la forma y estructura del poro, el espesor de la membrana o de sus diversas capas constructivas etc. (Riedel y Spohr, 1980). La Microscopía de Transmisión Electrónica (TEM) obtiene la imagen de la diferencia de la dispersión (con un haz de  $e^-$  de entre 100 y 200 keV), tanto elástica como inelástica, al atravesar zonas con distinta configuración física o composición química. Esta técnica se recomienda en la caracterización de membranas poliméricas para el análisis de irregularidades en la superficie del material (Allen, 1997). Por otra parte, la Microscopía de Fuerza Atómica (MFA) es una técnica de caracterización reciente que garantiza un mejoramiento en la observación microscópica de superficies (microestructura de membranas inorgánicas y poliméricas). Se ha enfocado en la medición del tamaño y forma de los poros en superficies nanométricas; en la comparación con los resultados obtenidos a través de MBE; en el estudio de la correlación de la estructura de superficie con propiedades de la membrana (como el MWCO), en la evaluación del efecto de la superficie sobre el ensuciamiento; en el análisis de las fuerzas de adhesión entre partículas modelo y la superficie de las membranas; en el análisis de la rugosidad de membranas; y en la medición directa de las fuerzas de adhesión entre una partícula (como sílica o poliestireno) y la superficie de la membrana. Este método genera un mapa de la topología superficial de las membranas y debido a que permite la obtención de imágenes en materiales tanto aislantes, como conductores y semiconductores eléctricos se sugiere como el método más conveniente para estudiar la mayoría de las membranas disponibles (Palacios, 1998).

Además, la aplicación de técnicas que permiten describir la morfología y estructura de las membranas principalmente MBE y MFA puede ser complementada con métodos para conocer detalles de la composición de las mismas (Espectroscopía de



electrón, Espectroscopia de Dispersión de Rayos X o Espectroscopía de infrarrojo con Transformada de Fourier) a través del análisis de imágenes de superficie y área transversal, obteniendo un análisis más detallado del material y de la composición química de una membrana, o una variación de está debido a la absorción de sustancias sobre la superficie como grupos funcionales. La Espectroscopia de Dispersión por rayos x (EDX), también conocida como espectroscopia de electrón para análisis químico, es una técnica analítica que acoplada a la MBE proporciona información cuantitativa y cualitativa de composición (grupos funcionales y concentración de superficie) y permite el análisis de la distribución de superficies pulidas (Palacios, 1998).

### **Caracterización funcional**

En cuanto a la caracterización funcional, esta incluye la evaluación de la permeabilidad, de los coeficientes de retención, factores de separación y difusión efectiva, así como las características de adsorción e interacción soluto-superficie y de compatibilidad física y química (Palacios, 1998). Las técnicas relacionadas con parámetros de permeación (permeabilidad al agua, perprometría, pruebas de desplazamiento de líquidos y retención de solutos, etc) proporcionan información relevante de la velocidad y resistencia al transporte en la membrana. La permeabilidad líquida (permeabilidad al agua principalmente) es una de las técnicas de caracterización funcional que proporciona información importante de las propiedades de transporte (coeficiente de transporte y resistencia) de las membranas (Zeeman y Sidney, 1996). Este método puede realizarse en membranas nuevas, ya utilizadas anteriormente en otra aplicación, y para efectos de limpieza. Además, este método permite conocer cómo y dónde ha sucedido el ensuciamiento y taponamiento de las membranas durante alguna aplicación; así como el grado de penetración de moléculas de agua líquida en los poros de una membrana (Cheryan, 1998). Una membrana hidrofílica exhibe una mayor permeabilidad al agua en comparación de una membrana hidrofóbica. La evaluación de la permeabilidad al agua se evalúa asumiendo que el perfil del flux de



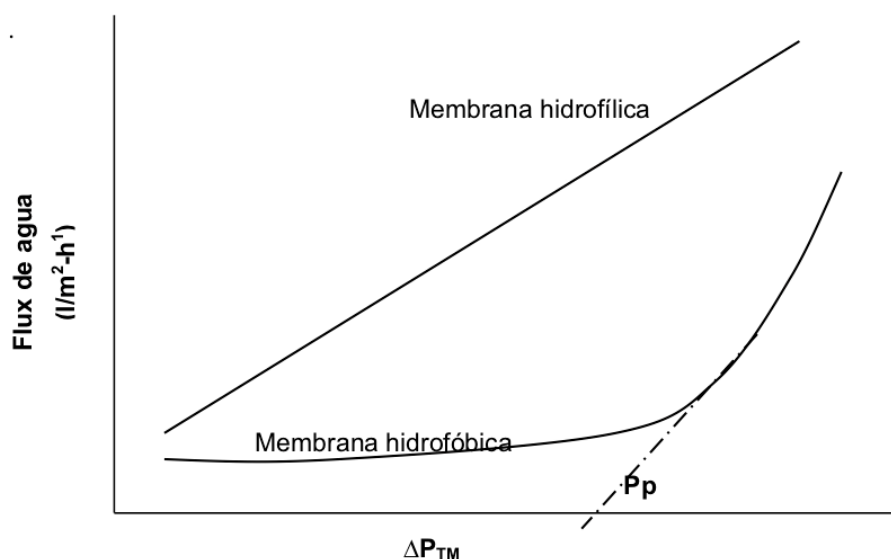
agua a través de los poros de la membrana, a diferente presión  $\Delta P_{TM}$  es descrito por la ley de Hagen-Poiseuille para una solución y membrana ideal (Ec. 1)

$$J = \frac{A}{\mu}(\Delta P_{TM}) \quad J = \frac{1}{\mu R_M}(\Delta P_{TM}) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde A es el coeficiente de permeabilidad al agua en la que depende de las características de la membrana (distribución de los poros, porosidad, espesor y grado de hidrofobicidad),  $\mu$  es la viscosidad de la alimentación ( $A/\mu$  también puede expresarse como  $1/R_M$ ), y  $R_M$  es la resistencia intrínseca de la membrana, la cual se determina empleando agua pura. De acuerdo a lo anterior la permeabilidad corresponde a la pendiente en la ecuación de la recta obtenida de la variación del flux de agua *versus*  $\Delta P_{TM}$  (Ec. 2).

$$J = A(\Delta P_{TM}) \quad \text{Ec. 2.}$$

En una membrana hidrofílica, el flux de agua (transporte de agua líquida a través de los poros) es directamente proporcional a la  $\Delta P_{TM}$  (presión de operación). Por el contrario, en una membrana hidrofóbica el flux de agua es mínimo o nulo, debido a que el transporte se realiza preferentemente en fase de vapor y sólo ocurre en fase líquida una vez que la  $\Delta P_{TM}$  es igual o mayor a la  $P_p$  de la membrana (Figura 3).



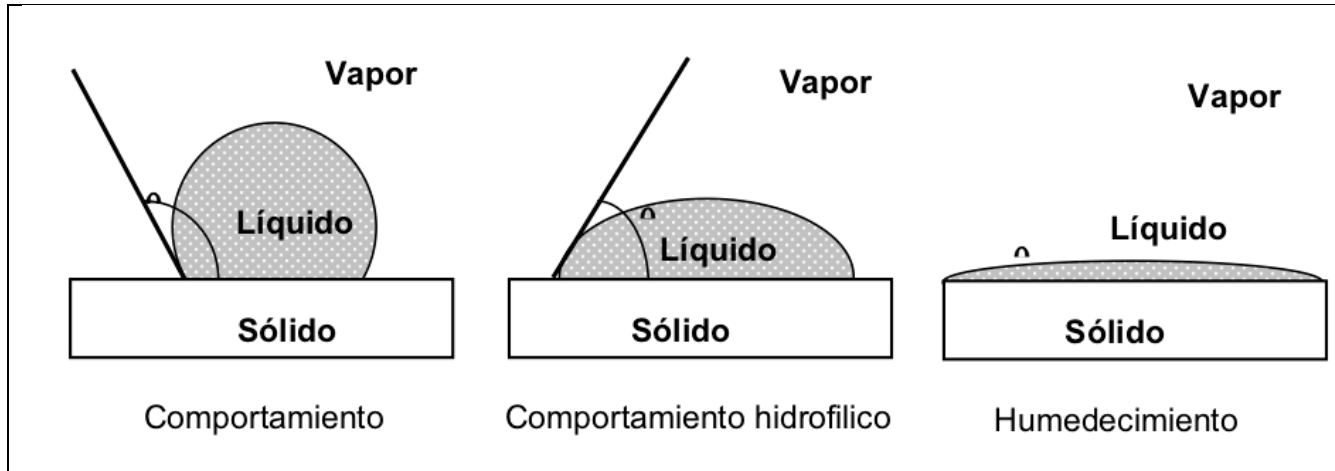
**Figura 3. Perfil del flux de agua en función de la presión transmembrana en membranas hidrofílicas e hidrofóbicas.**



Tomando en cuenta lo anterior, las propiedades de transporte difieren si la membrana es hidrofílica o hidrofóbica y esta característica define como ocurre el transporte durante el proceso de separación por membrana.

Por otro lado, las pruebas de interacción soluto-superficie (ángulo de contacto) muestran el tipo de interacción y el carácter superficial de la membrana (hidrofílico-hidrofóbico). Estos parámetros son claves en el proceso de transporte y en la elección del tipo de membrana para un proceso, debido a que las propiedades de superficie de un sólido poroso se definen principalmente por el tipo de interacción que se exhibe (Stalder *et al.*, 2006). El ángulo de contacto ( $\theta$ ) es la medición más utilizada para definir el grado de hidrofobicidad en una membrana. Cuando este ángulo tiene un valor mayor a  $90^\circ$  existe una baja afinidad entre el líquido y el sólido (comportamiento hidrofóbico), mientras que en caso contrario (cuando el ángulo formado es menor de  $90^\circ$ ) se exhibe una alta afinidad (comportamiento hidrofílico). Finalmente, el humedecimiento (intrusión del líquido en los poros del sólido) en una membrana ocurre, cuando el ángulo representa un valor de  $0^\circ$ , y en este caso, el líquido se dispersa totalmente sobre la superficie sólida (Stalder *et al.*, 2006). En la Figura 4 se esquematiza el balance interfacial estacionario, de las fuerzas que determinan el valor del ángulo de contacto de un líquido sobre una superficie sólida, para los tres casos mencionados anteriormente. Algunos autores (Courel *et al.*, 2001; Celere y Gostoli, 2004) coinciden en que el grado de hidrofobicidad de las membranas, también se puede evaluar en función de la tensión superficial y de la permeabilidad al agua, y no sólo con la medición del ángulo de contacto. Lo anterior se debe, a que la contribución de la membrana en un proceso de transporte se define no sólo por el tipo de interacción que ésta tiene con el soluto (o solutos), sino además por la velocidad de transporte y resistencia que esta opone al proceso global, y ésto depende en gran medida de las propiedades de transporte de la membrana, así como de la morfología de la misma.





**Figura 4. Propiedades de superficie (hidrofilicidad / hidrofobicidad) en sólidos porosos de acuerdo al ángulo de contacto (Courel et al., 2001).**

## Resultados y discusión

Los procesos por membranas para mejorar el proceso de azúcar se han propuesto previamente (Balakrishnan et al., 2000; Bhattacharya, 2001; Hinkova et al., 2002). Balakrishnan et al. (2000) evaluaron la ultrafiltración (UF) para su implementación en el procesamiento del azúcar, reportando una calidad de clarificado superior (pureza, color y contenido de CaO) al del proceso convencional; con mayor rendimiento de azúcar y menor consumo de agentes químicos y energía. Estos autores concluyeron que la etapa a la cual la UF debe ser integrada al esquema de manufactura de azúcar es determinada por la economía del proceso. Si la UF es incorporada en la etapa del jugo mezclado se obtiene jugo de mejor calidad, el consumo de químicos en la limpieza de los evaporadores es bajo, se elimina la etapa de alcalinización y sulfitación del jugo y se producen altos rendimientos de recuperación de azúcar. Ghosh et al. (2000) estudiaron la clarificación de jugo de caña por UF con un sistema en espiral. Sus resultados indican que el incremento en la temperatura de operación mejoró el flux de permeado y la calidad del clarificado. Bhattacharya (2001) reportó que las principales ventajas de utilizar UF en la clarificación de jugo de caña son el decremento en color y turbidez (53 y 87 %), la remoción de colorantes de alto peso molecular en el producto final y el aumento en



rendimiento de cristalización (42 - 49%). Por otro lado, Ghosh *et al.* (2003) reportaron que las propiedades de la membrana, la configuración del modulo y los parámetros de operación tienen un efecto significativo sobre la reducción en la turbidez y el color. Sin embargo, las membranas utilizadas son poliméricas, y aunque la mullita es un material con propiedades similares al de las membranas cerámicas comerciales (Baudin y Villar, 2002; She *et al.*, 2003 y Garcia *et al.*, 2011) su uso en síntesis de membranas de aplicación en la industria del azúcar no se ha reportado. También se han reportado, la clarificación de jugo de remolacha azucarera por UF y NF. Gyura *et al.* (2002) examinaron la influencia de los parámetros de operación y el tamaño de poro sobre la retención de los compuestos coloreados del jugo de remolacha usando membranas poliméricas. Los porcentajes de decoloración del permeado fueron de: 78, 58 y 55%, respectivamente. Concluyeron que el 55% de los compuestos coloreados tuvieron mayor tamaño que 15 kDa. Enríquez (2007) estudió la formación de agregados de los compuestos coloidales del jugo de caña, mediante la adición de pequeñas cantidades de agentes. Los valores de flux obtenidos estuvieron entre los más altos reportados para la clarificación de jugo de caña. El autor sugiere que las membranas cerámicas poseen mejores propiedades de resistencia a condiciones de operación como son flujo y presión transmembrana; así como a los lavados químicos para la remoción de las capas de sólidos en su superficie. Es por ello que se requieren membranas con propiedades similares a las cerámicas, pero con menor costo, que es el objetivo del presente estudio.

En lo que respecta a la formulación, síntesis, caracterización y aplicación de membranas cerámicas de mullita se han realizado diversos estudios. Villar *et al.* (2004) evaluaron el comportamiento de mullitas a alta temperatura: Mediante estudios por Difracción de Rayos X. Los resultados de este trabajo revelaron que la introducción de cromo en la red de mullita produjo una reducción efectiva de su coeficiente lineal de expansión térmica, aunque también un aumento de la anisotropía con que dicha expansión tiene lugar. Y que únicamente cuando se utilizó un 6% en peso de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  se consiguieron comportamientos similares al de la mullita no tratada en cuanto a anisotropía en la dilatación de la red. Agashari *et al.* (2008) realizaron la preparación y caracterización de una membrana tubular a base



mullita y arcilla de caolin, encontrando que los mejores resultados de cristalinidad fueron obtenidos con una relación Si/Al de 1.25 (NaX-tipo zeolite) sin impurezas e n la fase cristalina. Kayal *et al.* (2012) sugieren que la técnica de infiltración permite obtener una estructura porosa por interconexión de poros abiertos; por lo que su aplicación para el control en el tamaño promedio de poro de membranas cerámicas a base de mullita debe estudiarse considerando rampas de calentamiento, así como temperaturas de sinterización y tiempos de infiltración. Da silva *et al.* (2016) estudiaron la aplicación de una membrana cerámica a base de mullita para la remoción de *E. Coli*. Los resultados mostraron excelente permeabilidad de las membranas con agua y buen desempeño en la retención de proteínas (46, 76 y 89% para tripsina, albumina de huevo y albumina de suero bovino respectivamente) como soluciones modelo. Sin embargo, las micrografías obtenidas por MEB mostraron estructura irregular y poros deformados, y pobre retención de *E. coli*. No obstante, su desempeño fue recomendado para procesos de microfiltración para solutos arriba de 69 kDa.

## Conclusiones

La aplicación de procesos por membranas como la Ultrafiltración ha permitido obtener jugo de caña clarificado de mejor calidad que el obtenido convencionalmente, sin embargo, los valores de flux reportados son bajos debido al declinamiento del flux por el ensuciamiento de las membranas, esta problemática ocurre debido al uso de membranas poliméricas por lo que el uso de membranas cerámicas es una alternativa. Tomando en cuenta que la mullita es un material arcilloso con características y propiedades similares a los materiales de fabricación de las membranas cerámicas convencionales. En este trabajo se sugiere su aprovechamiento en la síntesis de membranas para su aplicación en el sector azucarero como una estrategia que podría reducir significativamente problemas en las etapas posteriores del procesamiento del azúcar, lo que sugiere que su aplicación es una alternativa tecnológica en la industria de azúcar de caña.



Tratamientos adicionales como el sinterizado-infiltración con  $\text{SiO}_2$  deben evaluarse para garantizar tamaños de poro promedio en el rango de microfiltración/ultrafiltración. En este contexto, es necesario: Caracterizar las propiedades morfológicas y estructurales de las membranas cerámicas sintetizadas. Evaluar las propiedades de superficie y de transporte de las membranas en utilizando sistemas modelo y sistema real (jugo de caña). La presión transmembrana es uno de los principales factores que afectan el flux en los procesos de membranas por lo que es necesario evaluar efecto utilizando sistemas modelo y reales mediante modelos matemáticos adecuados. El conocimiento de los mecanismos de transporte; y la participación de los componentes del sistema, y de las condiciones hidrodinámicas durante el proceso de transporte y la resistencia al flux, permitirán proponer condiciones de operación para obtener los mejores rendimientos en el proceso de clarificación para el procesamiento de azúcar de caña.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo otorgado para la realización del proyecto 629.18-PD. Elisa Yescas Fernández agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca para sus estudios de Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el ITSTB.

## **Literatura citada**

Asghari M., Mohammadi T., A. Aziznia A., M.R. Danayi M. R., Moosav S.H., Alamdari R.F., Agand F. 2008. Preparation and characterization of a thin continuous faujasite membrane on tubular porous mullite support. *Desalination* 220 (2008) 65–71.





- Baudín, M.P. Villar. 2002. Microstructural and microchemical analysis of the creep damage in mullite tested in flexure, *Journal of the European Ceramic Society*, 22, 2647-2655. [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(02\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(02)00129-2)
- Balakrishnan M., Dua M., Bhagat J.J. 2000. Ultrafiltration for juice purification in plantation white sugar manufacture. *International Sugar Journal* 102 (1213): 21-25.
- Benito J. M., Conesa A., Rodriguez M. A. 2004. Membranas cerámicas. Tipos, métodos de obtención y caracterización. *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 43 [5] 829-842
- Bhattacharya P.K., Agarwal S., De S., Rama Gopal U.V.S. 2001. Ultrafiltration of sugar cane juice for recovery of sugar: analysis of flux and retention. *Separation and Purification Technology*. 21: 247-259. [https://doi.org/10.1016/S1383-5866\(00\)00209-4](https://doi.org/10.1016/S1383-5866(00)00209-4).
- Celere, M. and Gostoli, C. 2004. Osmotic distillation with propylene glycol, glycerol and glycerol-salt mixtures, *Journal of Membrane Science*, 229, 150-170.
- Chen, J. C. P. 1997. *Manual del azúcar de caña*. Limusa. Noriega Editores
- Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Courel, M., Tronel-Peyroz, E., Ríos, G.M., Dornier, M., Reynes, M. 2001. The problem of membrane characterization for the process of osmotic distillation, *Desalination*, 140, 15-25.
- Da Silva, B. D., Bortoluzza J., Zenia M., Bergmann C. P., Dos Santos V. 2016. Characterization of Mullite Ceramic Membranes and their Application in the Removal Escherichia Coli. *Mat Res*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0301>
- Enriquez, H. X. 2007. "Clarificación de jugo de caña por ultrafiltración tangencial". Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos
- García, E. Osendi, M. I. Miranzo, P. 2011. Porous mullite templated from hard mullite beads, *Journal of the European Ceramic Society*, 31, 1397-1403. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.02.004>
- Ghosh A. M., Baladrishnan M., Dua M., Bhagat J. J. 2000. Ultrafiltration of sugarcane juice with spiral wound modules: on-site pilot trials. *Journal of Membrane Science*. 174: 205-216. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)00393-8](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)00393-8)



- Ghosh A. M., Balakrishnan M. 2003. Pilot demonstration of sugarcane juice Ultrafiltration in an Indian sugar factory. *Journal of Food Engineering*. 58: 143-150. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00340-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00340-0)
- Gyura J., Zita Šereša, Gyula V., Békássy Molnár E. 2002. Separation of non-sucrose compounds from the syrup of sugar-beet processing by ultra- and nanofiltration using polymer membrane. *Desalination*. 148 (49–56).
- Hinkova A., Bubnik Z., Kadlec P., Pridal J. 2002. Potentials of separation membranes in the sugar industry. *Separation and Purification Technology*. 26: 101-110.
- Kayal N., Dey A., Chakrabarti O. 2012. Incorporation of mullite as a bond phase into porous SiC by an infiltration technique. *Mat Sci and Eng A*, 535, 222– 227
- Palacios, L. 1998. "Caracterización Estructural y Superficial de membranas microporosas". Tesis de Doctorado en Ciencias Físicas. Universidad de Valladolid.
- Riedel, C. Spohr. 1980. Transmission of nuclear track filters, *J. of Mem Sci*, 7, 225.
- SAGARPA (2006) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.Sagarpa.gob.mx](http://www.Sagarpa.gob.mx)
- She, J.H. Ohji, T. 2003. Fabrication and characterization of highly porous mullite ceramics, *Materials Chemistry and Physics*, 80, 610-614. [https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(03\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(03)00080-4)
- Stalder, A.F., Kulik, G., Sage, D., Barbieri, L., Hoffmann, P. 2006. A snake-based approach to accurate determination of both contact points and contact angles, *Coll. Surf. A. Physiochem. Eng. Asp.* 286, 92–103.
- Villar, M.P., Gago-Dupor L., García R. 2004. Comportamiento de mullitas a alta temperatura: Estudio mediante Difracción de Rayos X. *Bol. Soc. Esp. Ceram.* V., 43 [2] 135-137
- Zeman, L. J., Sydney, AL. 1996. *Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications*, New York. Marcel Dekker,



## HONGO HUITLACOCHÉ (*Ustilago maydis*). TRANSFERENCIA TECNOLOGÍA HACIA EL SECTOR PRODUCTIVO

Regina María Medina Sauza<sup>359\*</sup>, Francisco Hernández Quinto<sup>360</sup>, Anayeli Benito González<sup>359</sup>,  
Marisol Peña Cabrera<sup>359</sup>, Mariana Vázquez Vicente<sup>359</sup>, Hugo Alberto González Hernández<sup>359</sup>,  
Angélica María Acuca Rabelo<sup>359</sup>

### Resumen

Desde tiempos prehispánicos, el hongo huitlacoche ha sido un alimento para los mexicanos, actualmente se ha incrementado su consumo en el país, difundándose este consumo más allá de México hacia Norteamérica, Europa y Asia. Existiendo algunos productos transformados a partir de la agalla del hongo, que son distribuidos en puntos de conveniencia, sin embargo, su adquisición predominante sigue siendo en mercados locales, bajo temporada y principalmente en fresco, lo cual limita considerablemente su comercialización, por el corto tiempo de vida de anaquel que presenta. Por lo que es necesario transformar las agallas de huitlacoche en productos alimentarios terminados, listos para su comercialización y su consumo, por parte de un mercado que va en crecimiento, debido a que, en la actualidad, el huitlacoche es considerado la Trufa Mexicana, destacando su uso en comida tradicional mexicana e internacional. Se presenta el desarrollo tecnológico y de innovación, referente a la obtención de productos alimentarios a partir del hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*), para la industria alimentaria, bajo un esquema comercial a nivel nacional, no descartando en el ámbito internacional. Se han desarrollado dos productos alimentarios, elaborados a partir de las agallas estandarizadas de huitlacoche, así como un estudio de factibilidad técnica, comercial y financiera, que permite un escalamiento y diseño de planta industrial,

---

<sup>359</sup> Instituto Tecnológico Superior de Libres ([r\\_medina30@yahoo.com.mx](mailto:r_medina30@yahoo.com.mx))

<sup>360</sup> Instituto Tecnológico Superior de Perote. [r\\_medina30@yahoo.com.mx](mailto:r_medina30@yahoo.com.mx)



con lo cual se ha elaborado un paquete tecnológico, que permita la transferencia de la innovación hacia el sector productivo.

**Palabras clave:** huitlacoche, productos alimentarios, factibilidad técnica-comercial-financiera, paquete tecnológico

## Introducción

El maíz es el principal cultivo de América Latina, el cual es utilizado en más de una forma de consumo, un valor agregado que se le ha dado es la producción de huitlacoche (Bonilla y Singaña, 2019). El huitlacoche o cuitlacoche es un alimento con características nutrimentales muy atractivas y sabor único que se produce en plantas de maíz por la infección del hongo *U. maydis*. Es un hongo comestible que se consume principalmente en la región de los valles altos de México; Valverde *et al.* (1993) determinaron que contiene proteína de alta calidad y de bajo riesgo para el consumo humano. Es considerado una delicadeza culinaria en algunas regiones de México, Estados Unidos y Europa, y el consumo actual se está incrementando notablemente. La disponibilidad de este hongo no está asegurada a lo largo del año, fundamentalmente porque la producción ocurre mediante fenómenos naturales que tienen lugar al azar; lo que se asocia a una calidad variable y fuera de control (López *et al.*, 2017). Desde siempre los agricultores mexicanos han tratado de producir y comercializar huitlacoche y para eso han utilizado muchas estrategias. Por esta razón en el Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSLibres) ha estudiado y realizado la metodología pertinente en la elaboración de productos basados en la optimización del huitlacoche. Debido a que el huitlacoche ha sido apreciado por sus atributos sensoriales y nutricionales se realizó nuevas tecnologías donde se elabora un plan tecnológico para comercializar productos elaborados con base de este hongo entre los que se puede mencionar un Guiso Tradicional y Huitlacoche Deshidratado. Ambos productos teniendo gran aceptación en el mercado. Con base a la realización de estos productos se desarrolló un mercado potencial, donde se





realizó un estudio comercial y financiero, teniendo en cuenta la oferta y demanda, así como la presentación de los productos y el precio de costo beneficio. La realización del paquete tecnológico será una guía de conocimiento, tecnologías e innovaciones que se transfieren al sector productivo, por medio de la transferencia tecnológica.

## **Materiales y métodos**

### **Realización de productos alimentarios**

#### **Cultivo de hongo *U. maydis***

Se sembró maíz criollo blanco, dentro de invernadero ubicado en el ITSLibres, bajo condiciones de 18-20°C y 80-90% de humedad relativa, se inoculó *U. maydis*, desarrollándose durante 2 a 3 meses.

#### **Estandarización de agallas de huitlacoche**

El primer paso para la elaboración de productos alimentarios a partir del hongo, se identificó como la estandarización de las agallas. A) Recepción de mazorca con hongo; B) Retirar impurezas; C) Lavado del hongo; D) Cortado de agallas de huitlacoche; E) Selección de agallas (grande, mediano y pequeño); F) Disminución de tamaño de agallas (aproximadamente 1 cm<sup>3</sup>) y G) Empacado de agallas.

#### **Guiso tradicional con ácido cítrico y benzoato de sodio como conservador, empacado al vacío y en refrigeración**

1.-Extraer los 100 g de granos de elote poner en una olla con 100 mL de agua purificada, 1 g de epazote y 3 g de sal para alcanzar la cocción dejar al fuego durante 8 minutos. 2.-Utilización de agallas estandarizadas. 3.-Picar finamente cebolla, ajo, epazote, chile jalapeño. 4.-Poner una sartén al fuego y agregar 20 mL de aceite para freír el ajo, cebolla cuando estos estén acitronados agregar el huitlacoche y granos de elote. 5.-Dejar en cocimiento durante 10 min, durante este tiempo agregar ácido



cítrico y benzoato de sodio, también incorporar la epazote y sal. 6.- El envasado se realiza en bolsa para empacar al vacío, posteriormente resguardar en refrigeración.

### **Deshidratación de agallas de huitlacoche en estufa de secado**

1.-Utilización de agallas estandarizadas. 2.-Pesado de agallas. 3.-Colocar en estufa de secado a una temperatura de 65°C durante un periodo de 24 horas. Para la rehidratación de agallas se coloca en un recipiente agua para alcanzar una temperatura de 95°C.

### **Análisis de los productos alimentarios**

#### **Análisis bromatológico**

Se llevó a cabo bajo la normativa vigente de la siguiente forma: i) Determinación de humedad NMX-F-083-1986; ii) Determinación de cenizas NMX-F-066-S-1978; iii) Determinación de grasa NMX-F-089-1978; iv) Determinación de proteínas NMX-F-068-S-1980 y v) Determinación de fibra cruda NMX-F-090-S-1978.

#### **Prueba sensorial**

Para la realización de las pruebas sensoriales se buscó un panel de catadores seleccionados al azar no especializados, estos los componen profesores (as), alumnos (as) del ITSLibres, así como personas ajenas a la misma institución procedentes de diferentes ámbitos profesionales. Se realizaron una prueba Hedónica y una prueba de diferencia simple Igual-Diferente a 25 y 20 panelistas, respectivamente.

#### **Análisis microbiológico**

Se determinaron los siguientes grupos de microorganismos. Coliformes totales. - La determinación y proceso de coliformes totales en placa se realizó bajo los señalamientos de la NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Bacterias aerobias. - Para la obtención de mesófilos aerobios se apegó a los lineamientos de la NOM-092-SSA1-



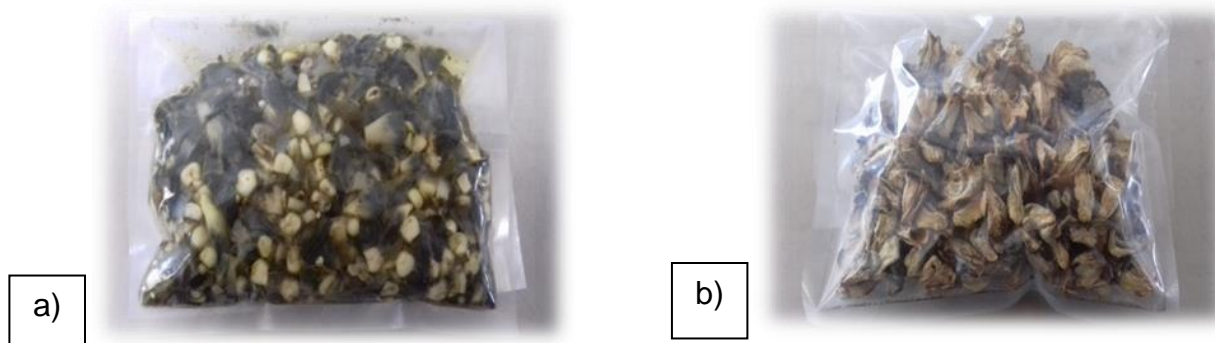
1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Hongos y levaduras. - La determinación de hongos y levaduras se realizó apagándose a la NMX-F-255-1978. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos Método de prueba para la cuenta de hongos y levaduras en alimentos.

### **Factibilidad técnico-comercial-financiera**

El presente estudio se basó en un análisis cualitativo y cuantitativo de los datos obtenidos. La metodología se basó en el diseño y la aplicación de un estudio de mercado el cual se realizará a través de la definición de la población, es decir las regiones donde se pretende distribuir los productos terminados, así mismo la definición del tipo de segmentación de mercado para llevar a cabo un muestreo que permita realizar el cálculo de ventas proyectadas. En fuentes secundarias (INEGI, 2010) se realiza la búsqueda del mercado meta y potencia, calculando el porcentaje adecuado, de acuerdo con las características determinadas de la población objetivo, para identificar el tipo de mercado presente. El análisis financiero de un proyecto, es el estudio de la capacidad de una empresa para ser sustentable, viable, pero sobre todo rentable en el tiempo, de acuerdo con el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (Guía para la presentación de proyectos, 2006); el análisis financiero de un proyecto comprende la inversión, la proyección de los ingresos, así como de los gastos.

### **Resultados y discusión**

Se cosechó hongo huitlacoche (*U. maydis*), y se obtuvieron dos productos alimentarios, elaborados a partir de las agallas estandarizadas (Figura 1).



**Figura 1. Productos alimentarios obtenidos de agallas estandarizadas de *U. maydis*. A) Guiso tradicional de huitlacoche y b) Huitlacoche deshidratado.**

## Análisis de los productos alimentarios

### Análisis bromatológico

El hongo huitlacoche contiene alrededor de un 90% de humedad, seguido de una proporción importante de proteína (García, 2003). Lo cual le proporciona una vida útil relativamente baja, debido a que esa gran cantidad de agua contenida en su interior, permite el fácil deterioro por el crecimiento y desarrollo de microorganismo. Observando que para el producto denominado guiso tradicional, el componente de humedad, disminuyó con respecto a lo reportado por García (2003), de 92.59% a 67.225%, sin que el valor de proteína se vea modificado considerablemente, que se reporta en 1.189%, una vez transformadas las agallas en el producto alimentario (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Bromatológico de producto: Guiso tradicional de huitlacoche.**

Guiso tradicional de huitlacoche	Porcentaje	100 g de producto
Humedad	67.225%	67.225 g
Minerales	5.77%	5.77 g
Grasa cruda	6.23%	6.23 g
Proteína	1.189%	1.189 g
Fibra	11.35%	11.35 g
Carbohidratos	19.59%	19.59 g

Con respecto al producto denominado agallas deshidratadas, se observa una disminución considerable del componente humedad, con respecto a lo reportado





por García (2003), debido a que el proceso para su obtención, es precisamente la eliminación del agua. Lo cual permitirá el aumento en su vida de anaquel, por la estabilidad del producto. Siendo importante destacar, el aumento en el componente proteína, que alcanza un valor de 3.444% (Cuadro 2).

### **Cuadro 2. Bromatológico de producto: Huitlacoche deshidratado.**

<b>Huitlacoche deshidratado</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>100 g de producto</b>
Humedad	8.106%	8.106 g
Minerales	4.81%	4.81 g
Grasa cruda	0.23%	0.23 g
Proteína	3.444%	3.444 g
Fibra	47.42%	47.42 g
Carbohidratos	48.57%	48.57 g

Es relevante lo encontrado en el análisis bromatológico realizado a las agallas deshidratadas reconstituidas, que se presentan en la Cuadro 3. En la cual se destaca, un valor de 60.182% que representa un valor semejante al obtenido con el producto guiso tradicional (67.225%), lo que implica que el producto al ser preparado por el consumidor, tiene un grado de estabilidad, no como el producto fresco, que se comercializa tradicionalmente. Es de destacar que el componente proteína se obtuvo en un valor de 3.57%, que es mayor al que contiene el hongo en su condición de fresco, lo cual implica el desarrollo de un producto con valor nutrimental, estable e innovador (Cuadro 3).

### **Cuadro 3. Bromatológico de producto: Huitlacoche reconstituido.**

<b>Huitlacoche deshidratado reconstituido</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>100 g de producto</b>
Humedad	60.182%	60.182 g
Minerales	4.71%	4.71 g
Grasa cruda	0.19%	0.19 g
Proteína	3.57%	3.57 g
Fibra	8.73%	8.73 g
Carbohidratos	22.78%	22.78 g

### **Evaluación sensorial**

La prueba hedónica que se realizó para determinar el porcentaje de aceptación del guiso tradicional, consistió en colocar a cada panelista agua, una servilleta de papel,



totopos, muestra y por último el formulario. Es importante señalar que más del 80% de la población fueron mujeres asegurando así un posible perfil para la comercialización de este producto. La población muestra un rango de edad mayormente las edades de 20 a 29 años esto es importantes por, que la mayoría de población son mujeres y por el rango de edad se encuentran en una etapa productiva. La aceptación de los panelistas es de “me gusta mucho” y “me gusta”, es decir el guiso tradicional tiene un grado de aceptación por los panelistas, encaminado a una aceptación favorable para el mercado. Durante la prueba de igual-diferente realizada al producto agallas de huitlacoche frescas contra agallas de huitlacoche reconstituida ambos guisos contenían los mismos ingredientes en cuanto a cantidad, peso y de esa forma fueron elaborados de la misma forma los dos teniendo en cuenta los tiempos de cocción la única diferencia fueron las agallas frescas y agallas deshidratadas y reconstituidas. Los resultados obtenidos en la prueba se presentaron de la siguiente manera.

### **Planteamiento de hipótesis:**

A= Guisos tradicional con agallas de huitlacoche frescas

B= Guiso tradicional con agallas de huitlacoche reconstituidas

$H_0 \rightarrow A = B$

$H_a \rightarrow A \neq B$



**Cuadro 4. Resultados de la prueba igual- diferente de los productos de agallas deshidratadas y reconstituida contra agallas de huitlacoche frescas.**

N. de panelista	de Combinación	Código	Código	Igual	Diferente
1	AB	359	205		Correcto
2	BA	346	106		Correcto
3	AA	102	679	Correcto	
4	BB	431	275	X	
5	AB	952	365		Correcto
6	BA	494	515		Correcto
7	AA	364	389	Correcto	
8	BB	207	619	X	
9	AB	873	288		X
10	BA	622	351		Correcto
11	AA	396	732	Correcto	
12	BB	110	981	Correcto	
13	AB	234	993		Correcto
14	BA	884	764		X
15	AA	492	704	X	
16	BB	633	235	X	
17	AB	402	342		Correcto
18	BA	439	579		X
19	AA	242	757	Correcto	
20	BB	305	133	X	

X = Respuestas incorrectas.

En el Cuadro 5 se desarrolló las respuestas de los catadores señalando el tipo de prueba que recibieron, esto es útil para la realización del estudio estadístico.

**Cuadro 5. Relación de comprobación para el tratamiento estadístico.**

		AA-BB	AB-BA	Total
Personas que respondieron	Diferente	5 a	7 b	12
	Igual	5 c	3 d	8
	Total	10	10	20

Donde:

El análisis de  $\chi^2$  se usa para comparar el efecto placebo contra el efecto del tratamiento el estadístico de  $\chi^2$  se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} ; \chi^2 = \frac{(a-c)^2}{c} + \frac{(b-c)^2}{c} + \frac{(c-a)^2}{a} + \frac{(d-a)^2}{a}$$

Donde:



O= número observado de respuestas

E= número respuestas esperado

$$E1 = (12 \times 10) = \frac{120}{20} = 6$$

$$E2 = (8 \times 10) = \frac{80}{20} = 4$$

$$x^2 = \frac{(5-6)^2}{5} + \frac{(7-6)^2}{6} + \frac{(5-4)^2}{4} + \frac{(3-4)^2}{4} = 0.836$$

$$x^2 = 0.836; Gl = 0.05; Xc = 3.84$$

$$H_0 = A = B \rightarrow x^2_c < x^2_t = 0.836 < 3.84 \text{ Rechazo } H_0$$

$$H_a = A \neq B \rightarrow x^2_c > x^2_t = 0.836 > 3.84 \text{ Acepto } H_0$$

De acuerdo a la prueba de diferencia simple realizada a 20 panelistas, con 4 permutaciones donde: A= guiso tradicional con agallas de huitlacoche frescas y B= guiso tradicional con agallas de huitlacoche reconstituidas se puede concluir que con base  $x^2$  con 1° grado de libertad y un  $\alpha$  de 0.05. Los panelistas evaluados no percibieron diferencia entre los dos productos, debido a que  $x^2_c = 0.836$  siendo mayor  $x^2_t = 3.84$ .

### Análisis microbiológico

De acuerdo a los resultados indica que la presencia de coliformes totales es negativa, indicando buenas prácticas de manufactura a la hora de elaboración de productos. Para mesófilos aerobios la prueba resulta positiva de acuerdo a la norma. La presencia de hongos y levadura indica que, del recuento de mesófilos aerobios, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación las condiciones higiénicas de la materia prima un recuento bajo no asegura la ausencia de patógenos de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena.





## Factibilidad técnico-comercial-financiera

### Estudio técnico

En la planta piloto de Frutas y Hortalizas del ITSLibres se realizó una prueba piloto también conocida como estudios de viabilidad, que se refiere a versiones en miniatura de un estudio a gran escala, en este caso fue de 10 kilogramos a 1 tonelada. Obteniendo un estudio de tiempos y movimientos además de los diagramas de proceso de operaciones y de flujo, los cuales muestran los pasos en que se fue realizando el guiso tradicional y la deshidratación de las agallas, así como los tiempos en que tarda en cada operación, respectivamente. Con base a la información que se obtuvo en la simulación en la planta piloto de frutas y hortalizas se proponen las siguientes áreas: i) Almacén de materia prima; ii) Área de selección y clasificación; iii) Área de lavado y escurrimiento; iv) Área de mesas de corte; v) Área de estufas; vi) Área de enfriamiento; vii) Área de empacado y sellado y viii) Almacén de producto terminado. Para el mejor aprovechamiento del espacio la planta será de un nivel con construcción de primera categoría. Para proporcionar impermeabilidad, aislamiento térmico, aislamiento acústico, duración y seguridad, el techo será de concreto armado. Previo al cálculo del edificio, se han definido las áreas que se utilizan en cada una de las zonas, en base a los requerimientos de los procesos e información. Es decir, el tamaño mínimo del mobiliario y equipo a utilizar en cada puesto de trabajo. En los espacios destinados para la producción de la receta de guisado tradicional de huitlacoche debe tomarse en cuenta el tiempo-movimiento-duración de la producción, su volumen de producción es de una tonelada de huitlacoche. La distribución de la planta que resulta más conveniente es la de proceso, ya que se agrupa a las personas que realizan tareas similares, el trabajo es intermitente y presenta flexibilidad a cambios en el proceso. Además, la distribución por proceso permite reducir al mínimo posible el costo del manejo de materiales. Los métodos para realizar la distribución por proceso son el diagrama de recorrido y el SLP (Systematic Layout Planning) (Baca, 1990).



## Estudio comercial

La población tomada para el presente proyecto, es el número de habitantes de los estados de Jalisco, Nuevo León, Puebla y Ciudad de México, equivalente a 26,635,049 habitantes (INEGI, 2010). Sin embargo, la población de estudio específica, para la obtención de datos representativos del proyecto será únicamente la población total de 20 años y más. La segmentación primero que nada se realizó de forma geográfica, debido a que específicamente se desea conocer la factibilidad de comercializar productos terminados a base del huitlacoche en esos cuatro estados, para posteriormente segmentar por rango de edad, agrupando a la población de estudio en cinco intervalos de edad con lo cual se pretende obtener mejores resultados del estudio de mercado, ya que a través de este se dará la pauta para la segmentación por estilo de vida al determinar porcentajes de población que acuden a las tiendas de autoservicio. El tipo de muestreo que se llevó a cabo es aquel en que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos, es decir el muestreo aleatorio simple, sin embargo, se realizó una proporción de acuerdo a la segmentación que se lleve a cabo, con lo cual se pretende obtener una mayor precisión en los resultados. Una vez definido el tipo de muestreo se determinó el grupo de individuos a estudiar, siendo este un subconjunto de la población de estudio, la cual sea representativa de dicha población. Para determinar el tamaño de la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

N: tamaño de la población o universo a estudiar; n: tamaño de la muestra (n° de encuestas a realizar).

k: constante que depende del nivel de confianza que asignemos; e: error maestral deseado; p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio (dato generalmente desconocido); q: proporción de individuos que poseen la característica, es decir 1-p. Se suele suponer generalmente p=q=0.05

Para la determinación de la muestra se realiza la sustitución en la fórmula con los datos correspondientes al proyecto.



$N = 16,439,060$  habitantes existentes en los estados de Jalisco, Nuevo León, Puebla y la Ciudad de México

$n = ?$

$k = 95\%$  de nivel de confianza = 1.96

$e = 5\%$  de error muestral = 0.05

$p = q = 0.05$

**$n = 76.83164$**   
**77 ENCUESTAS**

**Sustitución;**

$$n = \frac{(1.96)^2(16,439,060)(0.05)}{(0.05)^2(16,439,060 - 1) + (1.96)^2(0.05)}$$

$$n = \frac{(3.8416)(16,439,060)(0.05)}{(0.0025)(16,439,059) + (3.8416)(0.05)}$$

$$n = \frac{3,157,614.6448}{41,097.6475 + 0.19208}$$

$$n = \frac{3,157,614.6448}{41,097.83958}$$

Se procedió a calcular el número de encuestas que se deberán de aplicar por género de cada rango de edad, con las que se podrá trabajar finalmente este proceso de recolección de información. Una vez determinada las proporciones poblacionales de acuerdo con los criterios de segmentación geográficos, de edad y género finalmente se establecen el número correcto de encuestas a aplicar, con la finalidad de obtener información representativa para el proyecto.

**Demanda y Oferta.** El volumen de hongos producidos asciende a cerca de 28,000 ton/año. El 93% corresponde a los champiñones (*Agaricus*), 6.97% a las setas (*Pleurotus*), 0.029% a Shiitake (*Lentinula*), y cantarella 0.001%. La mayor parte de la producción del país se concentra en los Estados de Jalisco, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz. La oferta de un bien, producto o servicio es aquella cantidad de los mismos que las personas se encuentran dispuestos a vender a distintos precios dentro de un cierto periodo al mantenerse constantes otros factores distintos al precio.

**Competencia actual.** En la actualidad los productos de competencia se encuentran comercializados en tiendas de autoservicio principalmente y bajo muy pocas marcas. Con base en lo antes mencionado se investigó que de acuerdo a la



“Encuesta de satisfacción de los consumidores ante los precios y servicios que se obtienen en tiendas de autoservicio” realizada por Profeco (Procuraduría Federal Del Consumidor) en 2012, que las tiendas de autoservicio mayormente visitadas por los consumidores son Walmart, Bodega Aurrera, Comercial Mexicana, Chedraui. De acuerdo con esa misma encuesta es posible saber que la mayor parte de las compras por parte de los consumidores se enfoca en alimentos (frescos o procesados) y bebidas no alcohólicas. Así mismo que la frecuencia con la que asiste a realizar sus compras varía entre una vez por quincena y una vez por semana principalmente.

Precios de los competidores. La fijación de los precios basado en la competencia es el método de fijación de precios que emplea los precios de la competencia como referencia. En vez de fijar un precio basándose en los costes de la empresa o el valor percibido del cliente, sin embargo, es muy importante tener en consideración los costos de producción del producto ya que de ello depende que se puedan obtener ganancias o pérdidas, los precios existentes en el mercado con respecto a los productos elaborados a base de huitlacoche se encuentran respectivamente equilibrados. Se realizó la comparación de precio de oferta de cada producto con precio del mercado obtenidos a través de una investigación basada en la observación. Se muestran los distintos precios de venta al consumidor de los productos competencia del Guiso Tradicional Mexicano de Huitlacoche (Cuadro 6). Por su similitud de producto y presentación, anexando también la marca y el distribuidor del mismo con lo que se puede realizar el comparativo del producto desarrollado con los ya existentes en el mercado, con lo que se puede llegar a concluir que el precio de venta propuesto no se encuentra muy alejado de la competencia por lo que puede considerarse adecuado para la introducción al mercado.

Así mismo comparativo del precio de oferta del Huitlacoche Deshidratado (Cuadro 7) con la oferta que ofrecen los competidores que ofrecen el Huitlacoche Fresco al ser este la competencia directa del producto desarrollado y al no existir ningún otro producto similar. En esta misma tabla se puede observar que el precio de oferta de producto desarrollado es bastante accesible y se encuentra por debajo de la





mayoría del de la competencia tomando en cuenta que una presentación de 60 g rinde hasta 250 g ya hidratado y sobre todo que la durabilidad de su caducidad este es mucho mayor al promedio de los demás que se estima en seis días aproximadamente.

**Cuadro 6. Presentaciones en las que se presenta el huitlacoche.**

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO				
PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COSTO DE PRODUCCION	PRECIO DE VENTA	
Guiso Tradicional Mexicano de Huitlacoche	250 Gr	\$ 15,63	\$ 31,50	
COMPETENCIA				
PRODUCTO	PRESENTACIÓN	MARCA	DISTRIBUIDOR	PRECIO DE VENTA
Cuitlacoche sazonado con chile Jalapeño	Lata 215 Gr	Monte Blanco	H.E.B.	\$ 29,90
Cuitlacoche sazonado con chile Jalapeño	Lata 215 Gr	Monte Blanco	superama	\$ 22,00
Cuitlacoche corn truffe	Lata 215 Gr	San Miguel	Walmart	\$ 31,80
Cuitlacoche corn truffe	Lata 215 Gr	San Miguel	H.E.B.	\$ 42,00
Cuitlacoche ( sazonado con cebolla, aceite de soya, Jalapeño y especias)	Lata 380 Gr	La costeña	Walmart	\$ 39,90
Cuitlacoche ( sazonado con cebolla, aceite de soya, Jalapeño y especias)	Lata 380 Gr	La costeña	comercial mexicana	\$ 42,70
Cuitlacoche ( sazonado con cebolla, aceite de soya, Jalapeño y especias)	Lata 380 Gr	La costeña	Al super en casa (tienda en línea)	\$ 39,90
Cuitlacoche ( sazonado con cebolla, aceite de soya, Jalapeño y especias)	Lata 380 Gr	La costeña	superama	\$ 40,00
Cuitlacoche corn truffe	Lata 420 Gr	San Miguel	Sam's Club	\$ 52,00

**Cuadro 7. Principales características de los productos de Huitlacoche.**

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO				
PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COSTO DE PRODUCCION	PRECIO DE VENTA	
Huitlacoche Deshidratado	60 Gr Rinde hasta 250 Gr	\$ 5,11	\$ 15,00	
COMPETENCIA				
PRODUCTO	PRESENTACIÓN	MARCA	DISTRIBUIDOR	PRECIO DE VENTA
Huitlacoche Desgranado	1 pza	Monte Blanco	H.E.B.	\$ 32,95
Huitlacoche	350 Gr	Monte Rey	Walmart	\$ 29,90
Cuitlacoche (fresco Catalogado como producto Guormet)	350 Gr	Monte Blanco	seperama	\$ 31,90
Cuitlacoche (fresco Catalogado como producto Guormet)	350 Gr	Monte Blanco	Walmart	\$ 29,90
Huitlacoche (Minimamente Procesado )	500 Gr	Los Aztecas	Chedrahui	\$ 55,00
Huitlacoche Natural	1 kg	SIN MARCA	Chedrahui	\$ 87,80



## Estudio financiero

El rendimiento de productividad de hongo Huitlacoche en condiciones controladas es de 18.5 t/ha, es decir que realizando la conversión correspondiente se determina que la producción de hongo huitlacoche es de 18,500 kg/ha (Flores, 2017). Con base en la clasificación de los costos estimados es posible determinar el costo de producción por cada kg de hongo huitlacoche cosechado el cual se integra por la suma de los costos de materia prima (MP), mano de obra (MO) y los costos Indirectos de producción existentes, (Cuadro 8), los cuales se estiman en \$11, 616.00, por cada 18.5 toneladas de huitlacoche cosechadas en una hectárea de terreno.

### Cuadro 8. Costos de la producción por cosecha de huitlacoche.

Costos de la producción por cosecha del Huitlacoche con un rendimiento de 18.5 Ton/ Ha.	
Materia Prima (MP)	\$ 1.016,50
Mano de Obra (MO)	\$ 5.800,00
Costos indirectos de producción (CI)	\$ 4.799,50
INVERSION TOTAL (\$)	\$ 11.616,00

Una vez obtenida la inversión total para obtener una producción de huitlacoche de 18500 kg/ha es posible determinar el costo de producción por cada kilogramo de Huitlacoche el cual asciende a \$0.63. Es importante saber el costo de producción de hongo Huitlacoche ya que de ello depende que la inversión en el proyecto se realice desde el proceso productivo (siembra) del huitlacoche, o bien solo desde el procesamiento del mismo es decir por medio de la adquisición de todas y cada una de las materias primas e insumos necesarios para el desarrollo de los productos que se pretenden lanzar al mercado. Con base en el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados se establece el costo promedio de la materia prima requerida para la producción del guiso de huitlacoche, obteniendo como resultado un costo de \$23.50 por unidad producida del Guiso Tradicional Mexicano en una porción de 250 gr por empaque. Sin embargo al suponer que el proyecto se lleve a cabo desde la siembra y cosecha del huitlacoche fresco y con referencia en los costos de comercialización de los demás insumos es posible determinar un costo por unidad aún menor, se calcularon los costos estimados de producción del guiso tradicional mexicano tomando como referencia la estimación de una producción



de 18,500 kg/ha de huitlacoche fresco de la cual se destine el 50% al procesamiento del Guiso Tradicional Mexicano mientras que el otro 50% se designe al producto deshidratado, obteniendo entonces una producción de 37,000 piezas de Guiso tradicional Mexicano y 205,555 piezas de huitlacoche deshidratado. Al conocer los costos por la siembra y cosecha del hongo huitlacoche es indiscutible que los costos de adquisición de la principal materia prima (hongo Huitlacoche) disminuyen en mayor proporción la inversión requerida para la producción de cualquiera de los dos productos a desarrollar, ya que la única variación entre el escenario de compra de todos y cada uno de los insumos y materia prima y el de iniciar el proceso desde la siembra del huitlacoche es justamente el de adquirir esta materia prima con un valor de \$40.00 a un \$0.65 por kg. De igual manera se puede observar los dos escenarios respecto al Huitlacoche deshidratado en donde los costos en la mano de obra para la obtención de agallas es exactamente igual al del guiso tradicional esto debido al porcentaje del 50% destinado a cada producto. Así mismo los MO y los CIF no presentan ninguna variación en cualquiera de los escenarios de productividad. Con base en todo lo anterior es posible saber el costo de producción por cada pieza de huitlacoche deshidratado obteniendo es de \$12.20 en un primer escenario donde se obtenga la materia prima de diversos proveedores mientras que en el segundo escenario donde se sea el propio proveedor el costo por pieza se estima en \$5.11.

### **Protección intelectual y paquete tecnológico**

Se cuenta con el registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) de la Patente: Método para aumentar la vida de anaquel de un producto alimenticio elaborado con agallas de *U. maydis*. Clave de expediente: MX/a/2017/090578. Clave de solicitud: MX/E/2017/090578. Así como la escritura concluida de la segunda patente, para su posterior registro ante el IMPI, denominada: Método de deshidratación y reconstitución de agallas de *U. maydis*. Se han revisado y asesorado la ejecución de las diversas actividades planteadas en el proyecto, por parte de la empresa Soluciones para el Desarrollo Industrial y de Negocios SA de CV, lo cual ha permitido integrar un Paquete Tecnológico para la producción y el procesamiento del hongo huitlacoche (*U. maydis*), mediante la identificación y



estructuración de elementos como el cumplimiento a requerimientos de calidad, los bienes de capital, procedimientos y funciones organizacionales necesarios para la confiabilidad de la planta productiva y sus productos; considerando además las estrategias para definir los instrumentos de propiedad intelectual y los planes financieros para atender una potencial oportunidad para su comercialización.

## **Agradecimientos**

Se presentó el proyecto y sus resultados en el 6to Encuentro de Jóvenes Investigadores (2018), organizado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCyTEP), obteniendo el tercer lugar en el área de biología, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias. Así mismo se contó con el financiamiento de por parte del Tecnológico Nacional de México, dentro de la Convocatoria (2018-2) Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros.

## **Conclusiones**

Con la realización de este proyecto se cubren los objetivos de estandarización de agallas de huitlacoche, para la elaboración de productos alimentarios, que promueven su comercialización. Se comprueba la viabilidad y rentabilidad de la implementación del proyecto que consiste en la elaboración de productos finales a base de huitlacoche, para su distribución en Ciudad de México, Jalisco, Nuevo León y Puebla, siendo necesaria la proyección de ventas para esta región y la determinación de costos, gastos e ingresos que representaría la implementación del proyecto. Se conformó un paquete tecnológico que permite la transferencia de tecnología al sector productivo, potencializando el cultivo de hongo huitlacoche.





## Literatura citada

- Baca, U. G. 1990. Evaluación de Proyectos. Instituto Politécnico Nacional. Craw Hill.
- Bonilla, B., A. y Singaña T., D. 2019. La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 29(1):70-83. <http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.06>.
- Flores, D, A. 2017. Informe de residencia profesional. Susceptibilidad de tres variedades de maíz criollo al huitlacoche (*Ustilago maydis*) en Libres, Puebla. ITSLi, Puebla. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Consultado desde <https://www.inegi.org.mx/> en abril de 2019.
- García M.R., Pérez L, R. 2003. Fitoalexinas: mecanismos de defensa de las plantas. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. Vol 9 (001). Universidad Autonoma Chapingo. Pp. 5-10.
- López G., E.; Pérez L., A.; Acosta R., M.; Ochoa R., M.; Rojas M., R.; Espinosa S., T. 2017. Factores físicos y microbiológicos en el deterioro de huitlacoche en poscosecha. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol 18 (3). <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i3.30>
- NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. foods. moisture in food products determination. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. foodstuff determination of ashes. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Prefacio.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. foodstuff-determination of ether extract (soxhlet). Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. foods. determination of proteins. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Food stuff determination of crude fiber. Normas mexicanas. Dirección general de normas.



NMX-F-255-1978. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos. Method of test for count of fungi and yeast in food. Normas mexicanas. Dirección general de normas.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Valverde, M.E.; Fallah M.P.; Zavala G.M.; Pataky J.K.; Paredes L.O. y Pedersen W.L. 1993. Yield and quality of huitlacoche on sweet corn inoculated with *Ustilago maydis*. HortScience 28 (8): 782- 785.



## EFFECTO DE LA RADIACIÓN CON <sup>60</sup>COBALTO EN LA MORFOLOGÍA DE GENOTIPOS DE *Matthiola incana*

Genaro Pérez Jiménez<sup>361\*</sup>, Giovanna. I. Fuentes Escobar<sup>362</sup>, Serafín Cruz Izquierdo<sup>362</sup> y  
Eulogio de la Cruz Torres<sup>363</sup>

### Resumen

El uso de la biotecnología aplicada al mejoramiento genético ha permitido ampliar la base de aquellas accesiones donde se cuenta con un limitado germoplasma. En México, el fitomejoramiento asistido por radiación a <sup>60</sup>Cobalto ha generado resultados satisfactorios en la inducción de variabilidad. Existe un limitado germoplasma de *Matthiola incana* comúnmente nombrada alhelí. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la variabilidad morfológica de mutantes generados de dos genotipos de alhelí por exposición a seis dosis de <sup>60</sup>Cobalto. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar. El análisis de los resultados mostro en las dosis aplicadas que la longitud del tallo (LT) en el control fue mayor que dosis de 90, 110, 130 y 150 Gy pero menor en dosis de 50 y 70 Gy. En los resultados obtenidos de la interacción genotipo radiación se muestra que el diámetro del tallo (DT), longitud de la inflorescencia (LI), número de brotes laterales (BL), total de flores por planta (TFP), diámetro de flores (DF), peso de flor (PF) hubo diferencias estadísticas entre los genotipos. Nieve mostró mayor LI (40.46 cm), y mínima expresión de BL (9.48), flores (64.4 flores tallo<sup>-1</sup>) y dimensiones (diámetro de 3.5 cm y peso 0.51 g) en flores por unidad. Para el número de BL, los mutantes de Nieve a 130 Gy (aumento de 15.3 brotes tallo<sup>-1</sup>) y Uva (13.4 brotes tallo<sup>-1</sup>) a 50 Gy mostraron los mejores promedios. Al aumento del TFP respecto a su control de los

<sup>361</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. San Martinito, Carretera Federal México – Puebla Km 56.5, CP. 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla.

<sup>362</sup> Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México – Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

<sup>363</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Laboratorio de radiobiología. Carretera México-Toluca, La Marquesa S/N Ocoyoacac México. C. P. 52750\* email: [perez.genaro@inifap.gob.mx](mailto:perez.genaro@inifap.gob.mx).



mutantes de Nieve y Uva se registró 150 Gy con una ganancia de 85 flores tallo<sup>-1</sup> y 70 flores tallo<sup>-1</sup> respectivamente. Los resultados obtenidos en la presente investigación sugieren que, la radiación gamma induce variabilidad seleccionable en los mutantes de los genotipos Nieve y Uva. Se recomienda para estimular cambios sobresalientes de carácter morfológico seleccionable en floración el tratamiento a dosis de 150 Gy de <sup>60</sup>Cobalto.

**Palabras clave:** mutagénesis, fitomejoramiento, ornamental, flores, alhelí

## Introducción

Con el uso de agentes de radiación ionizante se han logrado obtener cambios aprovechables en morfología, hábitos y eficiencia de procesos bioquímicos en plantas ornamentales (Kazi, 2015). Los factores que intervienen en la frecuencia y saturación de cambios fenotípicos, son aquellas dosis y el tipo de agente mutagénico al que el material es expuesto. En el caso de radiación ionizante (<sup>60</sup>Cobalto), de forma directa se inducen cambios a nivel del DNA causando lesiones genómicas (delección, inserción, transposición etc.), que se traducen como anomalías o respuestas benéficas al fenotipo (Berenschot *et al.*, 2008; Caplin y Willey, 2018).

El <sup>60</sup>Cobalto (<sup>60</sup>Co) ha mostrado ser un precursor del estímulo de enzimas, proteínas y la expresión de genes que codifican a la sobre expresión fisiológica de caracteres (e.g. mayor longitud del tallo, raíz y diámetro de flores etc.) (Wi *et al.*, 2007; Caplin y Willey, 2018). Mismos que han sido aprovechados en la selección de interés agronómico para la horticultura ornamental (Berenschot *et al.*, 2008; Soliman, 2014; Kazi, 2015).

La comunidad florista constantemente demanda novedad. En México existen limitados programas de mejora genética ornamental. La flor de alhelí se considera dentro de las flores de corte de mayor importancia mundial (Ramírez y Chavez, 2014). En México la siembra de esta flor a incrementado año con año (SIAP, 2018). Al





ser una flor introducida la variabilidad es limitada. El objetivo del presente estudio busca determinar las dosis de radiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  que mejor estimulen la expresión de caracteres morfológicos en los tallos florales de los genotipos Nieve y Uva.

## Materiales y métodos

Semilla de los genotipos Nieve y Uva fueron tratadas en dosis de 50, 70, 90 110, 130 y 150 Gy en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), más un testigo sin exposición 0 (Control). Después del tratamiento, las semillas fueron sembradas en charolas de unicel con turba a capacidad de campo, el riego fue constante (cada dos días) con la solución Steiner al 10% (Steiner, 1961) pH de 5.5 y 0.5 dS m<sup>-1</sup>, establecidas dentro de un invernadero ubicado en el área de experimentación del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. Después de un mes, las plántulas fueron transplantadas a una cama de arena. La distribución de las plántulas fue por bloques de radiación para cada genotipo con 20 muestras por tratamiento. El manejo de toda la parcela experimental fue el mismo, con riegos por goteo con la solución Steiner al 20% por los 90 días de ciclo de desarrollo hasta cosecha.

Se seleccionaron 10 tallos que mostraran el 80% de flores abiertas en cada tratamiento y se cuantificaron las variables de longitud del tallo (LT), longitud de raíz (LR), peso de raíz (PR), volumen de raíz (VR), diámetro del tallo (DT), número de basales (NB)(tallos que emergen entre raíz y tallo), longitud de inflorescencia (LI), número brotes laterales(NBL), total de flores por tallo (TFP). Respecto a dimensiones de flores, por inflorescencia se tomaron al azar 20 flores (por unidad) recién abiertas de 10 tallos por tratamiento, las variables extraídas fueron peso de flor (PF) y diámetro de flor (DF). Los datos recopilados se analizaron con un ANOVA por genotipos, radiación e interacción genotipos\*radiación. Además, por fuente de variación en cada variable se hizo comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ), todo con el software estadístico SAS ver. 9.4 (2012).



## Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró que entre genotipos hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.0001$ ) en diámetro del tallo (DT), longitud de la inflorescencia (LI), número de brotes laterales (BL), total de flores por planta (TFP), diámetro de flores (DF), peso de flor (PF). Para el caso de las dosis de radiación como fuente de variación los cuadrados medios muestran altas diferencias significativas, excepto en las variables DT Y NB.

**Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza por genotipo, radiación e interacción genotipo\* radiación.**

	Media	CM			CV	R <sup>2</sup>
		Genotipos	Radiación	Geno*Radi		
LT	27.25	24.13 ns	66.42 **	7.35 ns	13.37	0.38
DT	12.01	19.13 **	10.69 ns	14.05 **	18.15	0.38
NB	1.78	3.21 ns	0.91 ns	3.04 ns	72.86	0.22
LR	39.07	0.08 ns	444.64 **	44.68 ns	18.62	0.49
PR	43.36	445.53 ns	1497.02 **	347.55 **	27.63	0.58
VR	41.07	40.12 ns	1489.25 **	615.69 **	29.89	0.6
LI	38.44	285.62 **	278.12 **	99.19 **	12.79	0.65
BL	13.36	1054.97 **	155.15 **	87.57 *	36.82	0.64
TFP	84.71	28886.91 **	10884.88 **	4132.08 **	35.3	0.7
DF	33.38	312.95 **	28.45 **	95.89 **	6.41	0.80
PF	0.45	0.26 **	0.02 *	0.093 **	16.6	0.74
PBA	225.93	2695.76 ns	87317.31 **	16134.6 **	28.95	0.72

\*\* : altamente significativo con  $p \leq 0.0001$ ; \*significativo con  $p \leq 0.05$ ; ns: no significativo; LT: longitud del tallo; LI: Longitud de inflorescencia; NB: número de brotes laterales; TFP: total de flores por planta; DT: diámetro del tallo; LR: Longitud de raíz; VR: volumen de raíz; PR: peso de raíz; PBA: peso biomasa aérea; NB: número de basales; GEN: genotipo; RAD: radiación; CV: coeficiente de varianza; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación.

En la interacción genotipo\*radiación el análisis mostró que hubo diferencias en nueve de las variables morfológicas, excepto en LT, NB, y LR. Una característica de interés en alhelí es la capacidad para poder generar mayor número de tallos florales en una sola planta. De lo anterior, el NB no se mostraron diferencias estadísticas, dicha variable solo explica el 22% de su variación a los modelos analizados, de ello que características correspondientes principalmente a LT y DT obtuvieron un bajo



coeficiente de determinación. En este caso al no haber NB, las variables LT y DT se tornan beneficiadas por no mostrar competencia completa.

Resultado de la comparación de medias (Tukey, 0.05) en genotipos, se muestra que Nieve presentó mayor diámetro del tallo (12.5 mm) respecto a Uva (11.48 mm), sin embargo, abordando el interés ornamental Uva presentó una altura intermedia de inflorescencia, con alto número de brotes laterales (17.25) y flores (105 flores tallo<sup>-1</sup>), características deseables en una flor de ornato (van Tuyl, 2012). Aunque Nieve mostró mayor longitud de inflorescencia (40.46 cm), y mínima expresión de brotes laterales (9.48) y flores (64.4 flores tallo<sup>-1</sup>) las dimensiones (diámetro de 3.5 cm y peso de flores 0.51 g) de estas dos últimas características hacen de Uva un genotipo seleccionable para flor de corte.

**Cuadro 2. Comparación de medias entre genotipo para variables morfológicas.**

Genotipo	DT (mm)	LI (cm)	BL	TFP	DF (mm)	PF (g)
Nieve	12.53 <sup>a</sup>	40.46 <sup>a</sup>	9.48 <sup>b</sup>	64.4 <sup>b</sup>	35.48 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>
Uva	11.48 <sup>b</sup>	36.42 <sup>b</sup>	17.25 <sup>a</sup>	105.02 <sup>a</sup>	31.26 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>
DMS	1.04	2.35	2.3	14.32	1.02	0.03

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); \*DMS: diferencia mínima significativa; DT: diámetro del tallo; LI: Longitud de inflorescencia; BL: brotes laterales; TFP: total de flores por planta; DF; diámetro de flor; Peso de flor (PF).

La comparación de medias del efecto en la intensidad de la radicación mostro que la longitud del tallo (LT) en el control fue mayor que dosis de 90, 110, 130 y 150 Gy pero menor en dosis de 50 y 70 Gy. Autores sugieren que radiación mayor a 100 Gy de <sup>60</sup>Co en flores comúnmente produce un efecto reductivo en la longitud del tallo (Bala y Singh, 2015; Dahab *et al.*, 2017). De ello que, la radiación ionizante alcanza a dañar la síntesis de AG<sub>3</sub> (Jan *et al.*, 2011) y de proteínas que modulan la elongación (Caplin y Willey, 2018).


**Cuadro 3. Comparación de medias entre dosis de radiación en variables morfológicas.**

Dosis (Gy)	LT (cm)	LR (cm)	PR (g)	VR	LI (cm)	BL	TFP	DF (mm)	PF (g)	PBA (g)
T	28.52 <sup>a</sup>	34.48 <sup>b</sup>	37.93 <sup>bc</sup>	32.5 <sup>bc</sup>	29.75 <sup>d</sup>	8.5 <sup>c</sup>	60.9 <sup>bc</sup>	34.94 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>	201.02 <sup>bc</sup>
50	29.53 <sup>a</sup>	36.16 <sup>b</sup>	35.48 <sup>c</sup>	36 <sup>bc</sup>	34.38 <sup>cd</sup>	14.7 <sup>a</sup>	64.7 <sup>bc</sup>	35.09 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	180.34 <sup>bc</sup>
70	30.01 <sup>a</sup>	35.55 <sup>b</sup>	30.12 <sup>c</sup>	25.3 <sup>c</sup>	35.68 <sup>bcd</sup>	11.3 <sup>b</sup>	50.50 <sup>c</sup>	30.75 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>	126.44 <sup>c</sup>
90	27.45 <sup>abc</sup>	40.46 <sup>b</sup>	51.94 <sup>ab</sup>	45 <sup>b</sup>	40.25 <sup>abc</sup>	12.9 <sup>b</sup>	84.1 <sup>bc</sup>	31.77 <sup>b</sup>	0.46 <sup>ab</sup>	219.78 <sup>b</sup>
110	27.62 <sup>ab</sup>	37.12 <sup>b</sup>	37.02 <sup>bc</sup>	39 <sup>bc</sup>	43.05 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	97.7 <sup>b</sup>	33.22 <sup>a</sup>	0.46 <sup>ab</sup>	203.93 <sup>bc</sup>
130	24.39 <sup>ab</sup>	36.14 <sup>b</sup>	45 <sup>bc</sup>	46.3 <sup>b</sup>	42.28 <sup>ab</sup>	13.4 <sup>b</sup>	85.4 <sup>bc</sup>	33.06 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>b</sup>	225.93 <sup>b</sup>
150	23.18 <sup>c</sup>	53.58 <sup>a</sup>	66.05 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>	43.73 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	149.7 <sup>a</sup>	34.81 <sup>a</sup>	0.45 <sup>ab</sup>	424.10 <sup>a</sup>
DMS	4.98	9.95	16.38	16.79	6.72	6.73	40.89	2.92	0.10	89.461

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); \*DMS: diferencia mínima significativa; LT: longitud del tallo; LR: Longitud de raíz; PR: peso de raíz; VR: volumen de raíz; LI: Longitud de inflorescencia; BL: brotes laterales; TFP: total de flores por planta; DF: diámetro de flor; PF: Peso de flor; PBA: peso biomasa aérea.

Todas las variables, excepto LT y PF mostraron respuesta positiva a 150 Gy. En respuesta negativa fueron dañadas la LR, PR, VR, BL, TFP, DF, PF, PBA en dosis de 70 Gy. Marcu *et al.* (2013) reporta en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* var. capitata) que la causa origen de que se exprese una deformidad y bajas dimensiones al fenotipo, se atribuyen a una degradación enzimática (e.g.  $\alpha$ -amilasa, deshidrogenasa y actividad catalítica, que descompensan el desarrollo armónico del organismo tratado (Vashisth y Nagarajan, 2010).

El DT en Nieve mostró un incremento de 2.8 mm cuando el material fue expuesto a 150 Gy, mientras que en Uva el incremento fue menor pero significativo (1.4 mm) cuando se expuso a 130 Gy (Cuadro 4). Respuesta semejante se obtuvo en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Youka) por Soliman *et al.* (2014), quienes mencionan que hubo un incremento del diámetro del tallo a 10 Gy.

Para la estimulación positiva de la longitud de la inflorescencia, la dosis fue diferente en ambos genotipos. Los mutantes de Uva obtenidos a 150 Gy mostraron el aumento de 21 cm, mientras que los de Nieve apenas alcanzaron el incremento de 8.66 cm a 130 Gy.

Para el número de brotes laterales, los mutantes de Nieve a 130 Gy (aumento 15.3 brotes tallo<sup>-1</sup>) y Uva (13.4 brotes tallo<sup>-1</sup>) a 50 Gy mostraron los mejores promedios. Al aumento del número total de flores por planta, mutantes de Nieve a 150 Gy





desarrollaron 85 flores tallo<sup>-1</sup> más que su control; en mutantes de Uva a la misma dosis mostraron 70 flores tallo<sup>-1</sup> de incremento respecto a su control (Cuadro 2). En el diámetro de las flores por individual las flores de mutantes de Nieve a 90 Gy aumentaron 6.85 mm en diámetro y 0.261 g en peso; mientras que Uva con misma dosis las variables mostraron un efecto reductivo en 13.2 mm y 0.354 g del diámetro y peso de flor, siendo que el control mostro mejor promedio para este genotipo.

**Cuadro 4. Comparación de medias de variables aéreas de caracteres morfológicos del genotipo Nieve y Uva.**

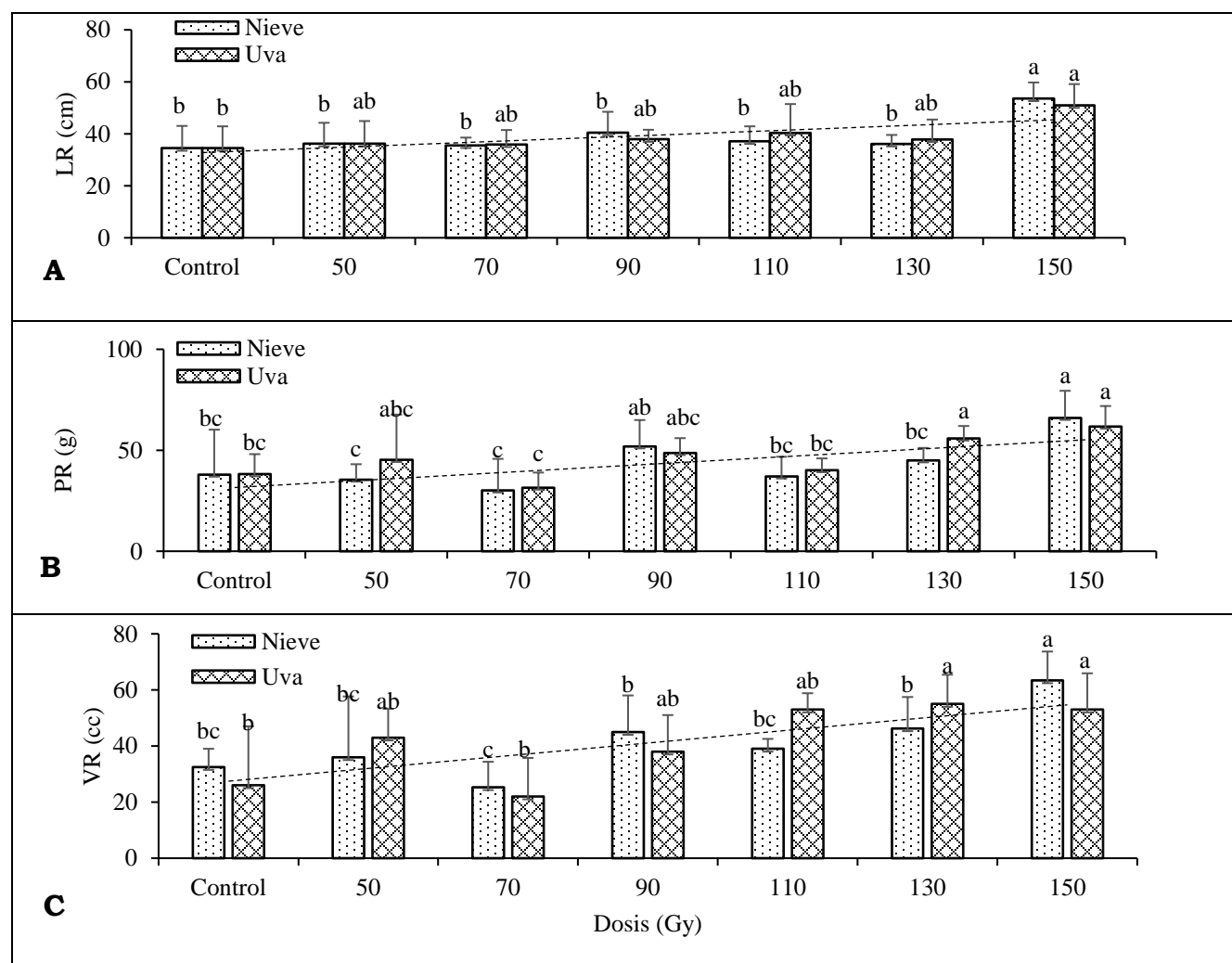
Dosis (Gy)	DT (mm)	LI (cm)	BL	TFP	DF (mm)	PF (g)	PBA (g)
Nieve							
Testigo	12.20 <sup>ab</sup>	35.50 <sup>b</sup>	6.20 <sup>b</sup>	65.20 <sup>a</sup>	32.64 <sup>c</sup>	0.445 <sup>cb</sup>	241.96 <sup>b</sup>
50	12.82 <sup>ab</sup>	40.46 <sup>ab</sup>	5.20 <sup>b</sup>	48.20 <sup>b</sup>	38.15 <sup>ab</sup>	0.593 <sup>ab</sup>	186.6 <sup>b</sup>
70	11.80 <sup>ab</sup>	38.84 <sup>ab</sup>	7 <sup>b</sup>	34.20 <sup>b</sup>	33.42 <sup>bc</sup>	0.484 <sup>bc</sup>	144.56 <sup>b</sup>
90	13.58 <sup>ab</sup>	40.44 <sup>ab</sup>	9.20 <sup>b</sup>	49.20 <sup>b</sup>	39.49 <sup>a</sup>	0.706 <sup>a</sup>	223.86 <sup>b</sup>
110	11.14 <sup>b</sup>	41.36 <sup>ab</sup>	7.50 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>	33.42 <sup>bc</sup>	0.537 <sup>bc</sup>	148.70 <sup>b</sup>
130	11.06 <sup>b</sup>	44.18 <sup>a</sup>	9.80 <sup>b</sup>	58.80 <sup>b</sup>	35.64 <sup>abc</sup>	0.407 <sup>c</sup>	193.6 <sup>b</sup>
150	15.14 <sup>a</sup>	42.48 <sup>ab</sup>	21.50 <sup>a</sup>	151.20 <sup>a</sup>	35.70 <sup>abc</sup>	0.456 <sup>bc</sup>	485.7 <sup>a</sup>
DMS	3.79	7.16	8.65	64.86	4.74	0.16	127.86
Uva							
Testigo	12.86 <sup>ab</sup>	24.00 <sup>d</sup>	10.80 <sup>b</sup>	78.40 <sup>ab</sup>	37.25 <sup>a</sup>	0.577 <sup>a</sup>	241.96 <sup>b</sup>
50	10.70 <sup>ab</sup>	28.30 <sup>cd</sup>	24.20 <sup>a</sup>	76.00 <sup>ab</sup>	32.04 <sup>b</sup>	0.422 <sup>bc</sup>	186.60 <sup>b</sup>
70	9 <sup>b</sup>	32.52 <sup>bcd</sup>	15.60 <sup>ab</sup>	62.80 <sup>b</sup>	28.08 <sup>c</sup>	0.306 <sup>cd</sup>	144.56 <sup>b</sup>
90	11.42 <sup>ab</sup>	40.06 <sup>abc</sup>	16.60 <sup>ab</sup>	109.0 <sup>ab</sup>	24.05 <sup>d</sup>	0.223 <sup>d</sup>	223.86 <sup>b</sup>
110	12.86 <sup>ab</sup>	44.74 <sup>a</sup>	15.80 <sup>ab</sup>	131.40 <sup>ab</sup>	33.03 <sup>b</sup>	0.394 <sup>bc</sup>	148.70 <sup>b</sup>
130	14.26 <sup>a</sup>	40.38 <sup>ab</sup>	17 <sup>ab</sup>	88.00 <sup>ab</sup>	30.49 <sup>bc</sup>	0.384 <sup>bc</sup>	193.60 <sup>b</sup>
150	11.46 <sup>ab</sup>	44.98 <sup>a</sup>	20.75 <sup>ab</sup>	148.25 <sup>a</sup>	33.93 <sup>ab</sup>	0.453 <sup>ab</sup>	485.70 <sup>a</sup>
DMS*	4.88	11.98	10.95	23.35	3.79	0.134	127.86

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); \*DMS: diferencia mínima significativa; LT: longitud del tallo; DT: diámetro del tallo; NB: número de brotes laterales; LI: longitud de inflorescencia; BL: brotes laterales; TFP: total de flores por planta; DF: diámetro de flor; PF: peso de flor; PBA: peso biomasa aérea.

Como se observa en la Figura 2, se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables longitud de raíz, volumen de raíz y peso de raíz por genotipo (figura 3). De lo anterior que cada genotipo mostró una tendencia positiva al aumento de la radiación, siendo la mejor respuesta en los tres caracteres 150 Gy. En rosa (*R. hibryda*) se ha observado un efecto de disminución de la longitud de la raíz después



de los 55 Gy (Bala y Singh, 2013), mientras que en *Lisianthus grandiflorum* son Dahab *et al.* (2017) quienes sugieren dosis de 20, 40 y 60 Gy para duplicar la longitud de raíz.



**Figura 2. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de mutantes de Nieve y Uva de longitud (A), peso (B) y volumen de raíz (C).**

Respecto a la longitud, volumen y peso de raíz se deduce que fueron sensibles a la radiación gamma, debido a que respondieron con efecto positivo al incrementar su masa en fresco, de manera proporcional a la radiación.



## Conclusiones

Respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que la radiación gamma induce variabilidad seleccionable en los mutantes de cada genotipo. Para estimular cambios sobresalientes de carácter morfológico seleccionable en Nieve y Uva se sugiere el tratamiento a dosis de 150 Gy de  $^{60}\text{Co}$ . La radiación con  $^{60}\text{Co}$  mostro efectividad para inducir variabilidad en la floración se sugiere continuar explorando dosis que mejoren atributos en la longitud del tallo y en la inducción de numero de brotes basales.

## Literatura citada

- Bala, M. and Singh, K. P. 2013. *In vitro* mutagenesis of rose (*Rosa hybrida* L.) explants using gamma radiation to induce novel flower colour mutations. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 88: 462–468. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512992>
- Bala, M. and Singh, K. P. 2015. *In vitro* mutagenesis in rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Raktima for novel traits. Indian Journal of Biotechnology, 14: 525–531.
- Berenschot, A. S., Zucchi, M. I., Tulmann-neto, A. and Quecini, V. 2008. Mutagenesis in *Petunia x hybrida* Vilm. and isolation of a novel morphological mutant. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20: 95–103.
- Caplin, N. and Willey, N. 2018. Ionizing radiation, higher plants, and radioprotection: from acute high doses to chronic low doses. Frontiers in Plant Science, 9: 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00847>
- Dahab, A. M. A., Heikal, A. A. M., Taha, L. S., Gabr, A. M. M., Metwally, S. A. and Ali, A. A. R. 2017. In vitro mutagenesis induction in *Eustoma grandiflorum* Plant using Gamma Radiation. Journal of Environmental Science and Technology, 10: 175–185. <https://doi.org/10.3923/jest.2017.175.185>



- Jan, S., Parween, T., Siddiqi, T. O. and Mahmooduzzafar. 2011. Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant products. *Environmental Reviews*, 20: 17–39. <https://doi.org/10.1139/a11-021>
- Kazi, N. A. 2015. Mutation breeding in flower crops. *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*, 3: 228–230.
- Marcu, D., Cristea, V. and Daraban, L. 2013. Dose dependent effects of gamma radiation on lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) seedlings. *International Journal of Radiation Biology*, 89: 219–223. <https://doi.org/10.3109/09553002.2013.734946>
- Ramirez, Z. G. and Chavez, S. J. L. 2014. Mejoramiento genético de ornamentales del estado de México. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México- ICAMEX.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (Consulta: septiembre 2018). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Soliman, T. M. A., Lv, S., Yang, H., Hong, B. and Zhao, L. 2014. Isolation of flower color and shape mutations by gamma radiation of *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Youka. *Euphytica*, 199: 317–324. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1127-z>
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant soil* 15: 134 - 154.
- van Tuyl, J. M. 2012. Ornamental plant breeding activities worldwide. *Acta Horticulturae*, 953: 13–17. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.953.1>
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*, 167: 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.011>
- Wi, G. S., Yeoup, C. B., Kim, J., Kim, J., Baek, M., Lee, J. and Soo, Y. 2007. Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. *Micron*, 38: 553–564. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2006.11.002>





## FISIOLOGÍA POSTCOSECHA DE MUTANTES DE TOMATE SILENCIADOS CON EL GEN *TOMLOXB*

Elizabeth León García<sup>364\*</sup>, Oscar A. del Ángel Coronel<sup>365</sup>, Hugo S. García Galindo<sup>366</sup>, Miguel Ángel Gómez Lim<sup>367</sup>, Gilber Vela Gutiérrez<sup>368</sup> y Javier de la Cruz Medina<sup>366</sup>

### Resumen

La enzima TomloxB, una de las isoformas de lipoxigenasa encontradas en tomate, se expresa en el fruto y se cree que su acción contribuye a la pérdida de integridad de la membrana y daño oxidativo, lo que propicia la maduración y posterior senescencia del fruto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del silenciamiento del gen *TomloxB* sobre la fisiología postcosecha del tomate. Para esto se usaron frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* var TA234) transformados vía *A. tumefaciens*, con el plásmido pCAMBIA 2301 que contenía un inserto del gen *TomloxB* en antisentido. Durante la evaluación postcosecha no se encontraron diferencias fenotípicas indeseables, siendo similares al fruto silvestre. Los frutos transformados cosechados en los estados Breaker y Turning evidenciaron un aumento en la vida postcosecha (hasta 40 días) permaneciendo en el estado Red. Es decir, los frutos testigos entraron en senescencia mientras que los transgénicos permanecieron más tiempo en el estado Red. Como resultado del silenciamiento, la actividad de TomloxB fue disminuida en los frutos transformados, lo que propició una mayor firmeza y una reducción en la pérdida de peso, en comparación con los frutos testigo. La luminosidad fue más alta en los frutos transgénicos. El silenciamiento del gen influyó en la producción de etileno, retrasando su pico máximo al día 8, logrando con ello que los sólidos solubles permanecieran por más tiempo, así como el % de acidez. Existe una interrelación entre la hormona y la

<sup>364</sup> Campo Experimental La Posta-INIFAP \* [león.elizabeth@inifap.gob.mx](mailto:león.elizabeth@inifap.gob.mx)

<sup>365</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

<sup>366</sup> Instituto Tecnológico de Veracruz

<sup>367</sup> CINESTAV-Irapuato

<sup>368</sup> Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas



enzima TomloxB, ya que fue evidente que el retraso del pico climatérico en los frutos transgénicos fue debido al silenciamiento. Es necesario realizar más estudios para profundizar en la relación que guardan, sin embargo, en este trabajo podemos concluir que la disminución de la actividad de la enzima, afectó el pico climatérico del etileno y con ello los demás procesos que la hormona dispara. El silenciamiento del gen *TomloxB* es una alternativa eficiente para reducir las pérdidas postcosecha debidas a una sobremaduración, sin alterar el fenotipo del fruto, y mejorando las variables fisiológicas más importantes.

**Palabras clave:** lipoxigenasa, maduración, fruto transgénico

## Introducción

En los últimos años, uno de los principales objetivos en los cultivos hortofrutícolas ha sido mejorar los atributos de calidad a través del control de la maduración. Se ha buscado disminuir las pérdidas postcosecha debidas a diversos factores como el daño físico o mecánico propiciado en el fruto debido a la sobremaduración (Hodges *et al.*, 2011; Prusky, 2011). De esta manera, se busca aumentar sus oportunidades de mercadeo en su periodo postcosecha. La maduración del tomate involucra una compleja expresión de genes con los subsecuentes cambios bioquímicos y fisiológicos, lo cual resulta finalmente en alteraciones de las propiedades físicas y químicas en el fruto, como son los cambios de color, textura, sabor y aroma entre los más importantes (Cruz-Hernández y Paredes-López, 2012). Como en todo fruto climatérico, la síntesis de etileno juega un papel importante y el conocimiento de la interrelación que pueda tener con los demás efectores del proceso de maduración es indispensable (Jiang y Fu, 2000).

Un grupo de enzimas que han cobrado relevancia son las lipoxigenasas (LOX), las cuales catalizan la hidroperoxidación de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la membrana, con lo cual contribuyen a la maduración y posterior senescencia del fruto (Chen *et al.*, 2004). En tomate, se han encontrado 5 isoformas de LOX: Tomlox



A, B, C, D y E, las cuales son diferencialmente reguladas en la planta y en el fruto (Griffiths *et al.*, 1999a; Shen *et al.*, 2014). En particular, la actividad de la TomloxB se incrementa durante la maduración del fruto y se cree que existe una relación entre la producción de etileno y su expresión (Bousquet y Thimann, 1984; Wang *et al.*, 1987; Griffiths *et al.*, 1999b). Debido a la importante participación de LOX durante el proceso de maduración, el objetivo de este trabajo fue evaluar la fisiología postcosecha de mutantes de tomate silenciados con el gen *TomloxB*. Para lograr este objetivo, se utilizaron frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* var TA234) provenientes de plantas transgénicas del trabajo realizado por León *et al.* (2018). Posteriormente, se evaluó la vida postcosecha del fruto, en las variables de: firmeza, respiración, color, pH, acidez, sólidos solubles, y pérdida de peso. Se determinó el aumento de la vida útil de los frutos transgénicos en comparación con el testigo.

## **Materiales y métodos**

Una vez adaptadas las plantas en el invernadero del laboratorio de postcosecha del Instituto Tecnológico de Veracruz, y después de la floración, se monitoreó la formación del fruto y se cosechó en los estados de maduración según la carta del color de tomate recomendado por el departamento de Agricultura de Estados Unidos. Se analizaron las siguientes variables de respuesta:

### **Sólidos solubles**

Se determinó la cantidad de sólidos solubles del jugo extraído de la pulpa de los frutos mediante un refractómetro Leica Abbe Mark II digital (Buffalo, N.Y. USA). Los resultados obtenidos se reportaron como porcentaje de sólidos solubles a 20°C (AOAC, 2000).



### **Acidez titulable**

El contenido de acidez se determinó como % de ácido cítrico por gramo de jugo de pulpa de los frutos. Se realizó por titulación con NaOH 0.1 N (Golden Bell®) de acuerdo al método la AOAC (2000). (NMX-FF-011-1992)

### **Valor de pH**

Se realizó por medición directa, empleando un potenciómetro Science Med, Modelo 3 BW (Finlandia).

### **Color**

Se determinó el °Hue, Luminosidad (L\*) y Cromo (C\*) en piel utilizando un colorímetro marca Hunter Lab Modelo 4500L (Reston, Virginia, USA).

### **Firmeza**

Se analizó la firmeza sobre la epidermis de los frutos, la medición se realizó en la zona ecuatorial del fruto con un Fruit Texture Analyser, Modelo GS25 (Strand, South Africa) en un rango de operación 50-25,000 g. (NMX-FF-014-1982).

### **Pérdida de peso**

El porcentaje de pérdida de peso se determinó por peso directo de cada uno de los frutos en una balanza electrónica marca Sartorius modelo BL 2100 (Alemania).

### **Velocidad de producción de etileno (VPE)**

Para cuantificar la producción de Etileno se pusieron a respirar individualmente 3 frutos de tomate en frascos de vidrio de 300 mL de capacidad, con tapa hermética acondicionada con un septo de goma, del cual se extraía después de 1 h de permanencia del fruto, 1 mL del espacio libre de cabeza y el gas producido se inyectó a un cromatógrafo de gases Agilent modelo 7820A (China). Se utilizó una columna Poraplot Q (# serie USF480715B, USA) de 15 m de largo con un diámetro de 0.32 mm con un flujo de 7 mL/min. Las condiciones de operación del cromatógrafo fueron: 100°C en el horno, 150°C en el inyector y 250°C en ambos detectores, FID y TCD.





Como gas acarreador se usó nitrógeno y para la ignición de flama hidrógeno y aire comprimido.

Las áreas bajo la curva obtenidas de las lecturas de los cromatogramas fueron analizadas mediante la siguiente fórmula (Yang, 1987):

$$TPE = \left( \frac{V_{gas}}{T} \right) \left( \frac{E_m - E_t}{P} \right)$$

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se hizo una ANOVA de una sola vía para cada una de las respuestas y posteriormente se hicieron las comparaciones utilizando Tukey  $p=0.05$ . La unidad experimental fue 1 fruto con tres repeticiones biológicas.

### **Resultados y discusión**

En el trabajo de León *et al.* (2017) se comprobó la transformación exitosa mediante pruebas moleculares y se reportó la reducción de la actividad de la enzima silenciada, así como la concentración mantenida por más tiempo, de los principales sustratos ácido linoleico y linolénico. En este trabajo se monitoreó la vida postcosecha en frutos cosechados en estados puntuales de maduración (*Green, Breaker, Turning, Pink, light Red y Red*). El mejor tratamiento se obtuvo en frutos cosechados en estado *Turning* y mantenidos en condiciones controladas de laboratorio a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ . Estos frutos se mantuvieron 40 días en condiciones ideales de comercialización, no presentaron magulladuras y la piel aun lucía luminosa. Posteriormente, otros frutos fueron monitoreados durante su vida postcosecha hasta 14 días. Cabe señalar que los frutos testigo, es decir, los frutos no transgénicos, solo se mantuvieron 6 días en condiciones de comercialización. A partir del sexto día los frutos testigo fueron perdiendo significativamente su firmeza, la piel disminuyó en su luminosidad como consecuencia de la pérdida de peso debida a la deshidratación y a la respiración. Los frutos transgénicos en cambio, llegaron al estado rojo al mismo tiempo que los testigos, pero su permanencia en dicho estado,

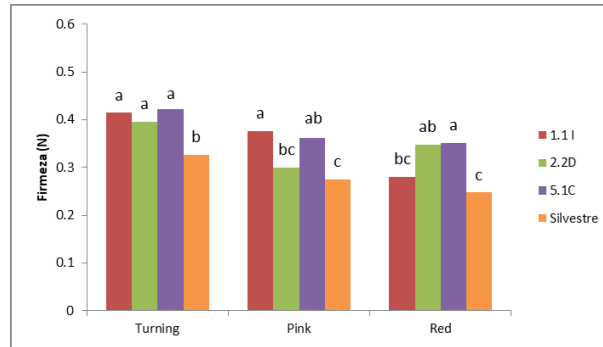


retrasó la senescencia, alargando de esta manera su vida postcosecha, la cual aumentó entre 8 y 34 días, en comparación con los frutos testigo. Este aumento en la vida postcosecha es resultado directo del evento de transformación.

Otros trabajos sobre el incremento de la vida postcosecha han sido el de Zhang *et al.* (2013) donde un aumento en la producción de antocianinas acrecentó al doble la vida postcosecha, los frutos modificaron su coloración característica roja por morada y permanecieron 49 días a 18°C.

### **Firmeza**

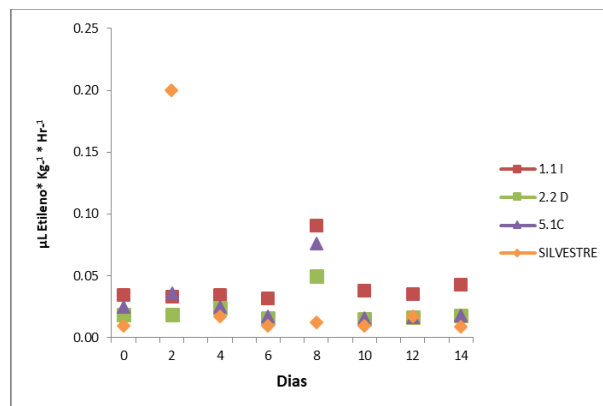
Se determinó la firmeza en 3 estados de maduración *Turning*, *Pink* y *Red*. En general, los frutos testigo tuvieron valores más bajos de firmeza que los frutos transgénicos (Figura 1). El ablandamiento fue más evidente en los frutos testigo en el estado *Red*, donde fueron más susceptibles al colapso. En los estados *Pink* y *Red*, los frutos testigo fueron significativamente más bajos en los valores de firmeza (0.27 y 0.24 N) que dos de las líneas transgénicas (0.37 y 0.35 N). La firmeza de los frutos decrece durante el proceso de maduración, causado por cambios bioquímicos y fisiológicos (Payasi *et al.*, 2009). Durante la senescencia, a diferencia del proceso de maduración, las alteraciones en la membrana continúan hasta el punto donde el sistema no puede revertir la homeostasis y el resultado es la completa deterioración de la membrana, es por ello que la firmeza es un indicador de la frescura del fruto y después del sabor, la textura es el primer criterio de percepción de la calidad por el consumidor (Aurand *et al.*, 2012; Lester, 2003). Los frutos silenciados con el gen de *TomloxB*, mostraron diferencias en cuanto al proceso de ablandamiento el cual fue más grande en los frutos testigo; cuando alcanzaron la madurez de consumo (*Red*) estos colapsaron después de 6 días, mientras que los frutos transgénicos permanecieron en el estado *Red* hasta por 40 días. El ablandamiento puede ser explicado por la presencia de la fase de gel en la membrana generada por los radicales libres, que son producidos por los hidroperóxidos, resultado de la acción de la LOX sobre los ácidos grasos, entre otros (Pauls y Thompson, 1984). Los frutos transgénicos al tener disminuida la actividad de la enzima, redujeron a su vez la generación de radicales libres y con ello el ablandamiento excesivo.



**Figura 1. Determinación de firmeza en frutos de 3 líneas transgénicas y el silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

## Etileno

La producción de etileno se determinó en frutos en el estado *Breaker* (Figura 2). Se monitoreó la producción cada dos días, a partir del día de corte. Los frutos testigo o silvestres, exhibieron el pico máximo de etileno en el día 2, mientras los frutos transgénicos lo hicieron en el día 8. La máxima producción de etileno para los frutos testigo se dio a los dos días después del corte en estado *Breaker*.



**Figura 2. Producción de etileno determinado en frutos en el estado *Breaker* de 3 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

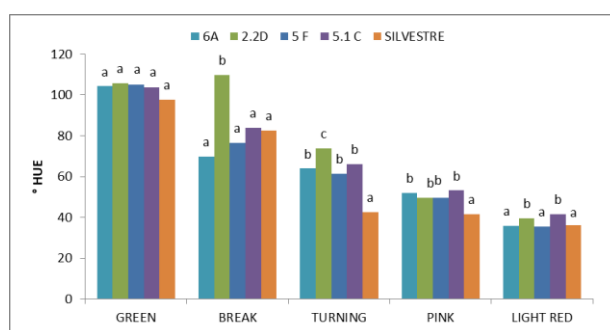
El retraso en el pico climatérico de etileno también afectó otros procesos como el pH y la acidez, así como también a los sólidos solubles. Existe una interrelación entre la hormona y la enzima TomloxB, ya que fue evidente que el retraso del pico climatérico en los frutos transgénicos fue debido al silenciamiento. Es necesario



realizar más estudios para profundizar en la relación que guardan, sin embargo, en este trabajo podemos concluir que la disminución de la actividad de la enzima, afectó el pico climatérico del etileno y con ello los demás procesos que la hormona dispara.

## Color

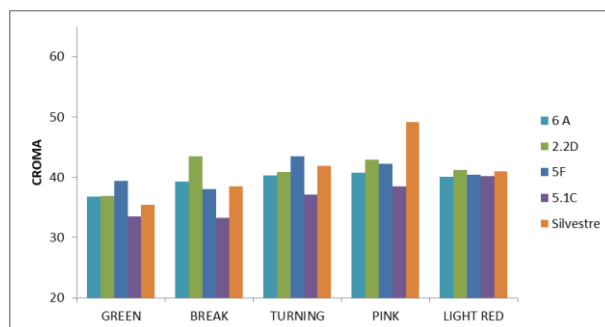
El color medido como  $^{\circ}\text{Hue}$  fue determinado en 4 estadios de maduración, *Green*, *Break*, *Turning*, *Pink* y *Light Red* (Figura 3).



**Figura 3. Determinación de  $^{\circ}\text{Hue}$  durante la maduración de 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

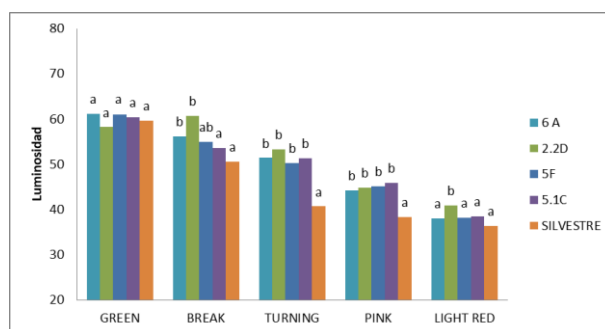
En los dos primeros estadios no se encontraron diferencias significativas entre las líneas transgénicas y el testigo. A partir del estado *Turning*, se evidenció una diferencia entre algunas líneas y el testigo. A partir de este mismo estado, el tratamiento testigo evidenció un descenso más marcado hacia el valor de 40, que es el del color rojo. Las líneas transgénicas llegaron a este valor, hasta el estadio *Light Red*. En este último estado, dos líneas transgénicas mostraron diferencia significativa con el testigo. El color rojo en el tomate es un indicador visual del grado de madurez. En este estadio se identifica cuando el fruto es apto para comer con todos los atributos organolépticos característicos deseables (Pathare *et al.*, 2013). Por otro lado, en la saturación del color, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los estadios (Figura 4).





**Figura 4. Determinación de la saturación de color durante la maduración de 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

En la luminosidad no se encontraron diferencias significativas en el estado *Green*. En los estados intermedios, *Break*, *Turning* y *Pink*, el tratamiento silvestre exhibió un menor grado de luminosidad. Aunque se apreció una mayor luminosidad en las líneas transgénicas en el estado *Light Red*, solo una línea tuvo significancia con el testigo (Figura 5).



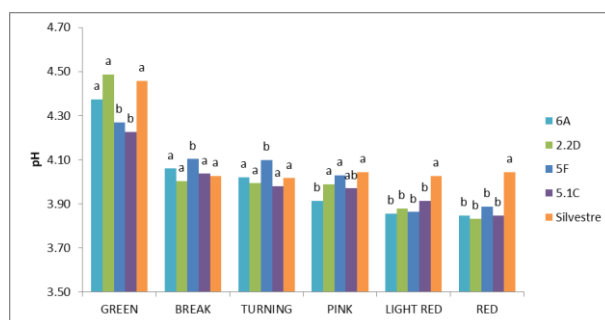
**Figura 5. Determinación de Luminosidad durante la maduración de 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

### pH y Acidez

A partir del estadio *Pink*, existió una diferencia significativa entre las líneas transgénicas y el testigo, en los estadios anteriores, *Green*, *Break* y *Turning*, el pH del testigo no fue diferente de las líneas transgénicas (Figura 6). Es en el estadio *Pink* en donde las líneas transgénicas disminuyeron el pH, no así el tratamiento testigo. Durante la maduración, el pH de la pared celular declina y hay un incremento en la concentración de algunos iones. Como las pectinas son desesterificadas a iones

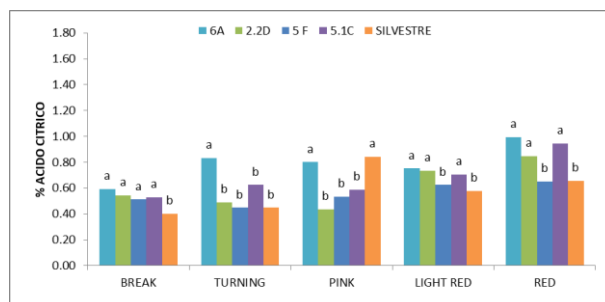


carboxilato, esto causa la formación de superficies cargadas en la pared celular, lo cual puede ser muy importante en la modulación del pH y el balance de iones, y puede limitar el movimiento de las proteínas cargadas. Cambios en el pH y condiciones iónicas en el apoplasto pueden también modificar la actividad de las enzimas localizadas en la pared celular (Almeida y Huber, 1999; Brumell y Harpster, 2001; Seymour *et al.*, 1987).



**Figura 6. Determinación del pH durante la maduración de tomate en 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

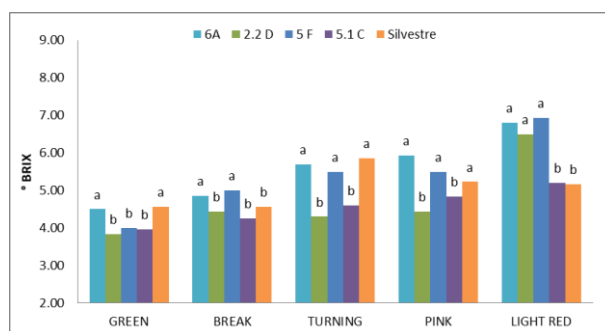
En el % Acidez (Figura 7), en los dos últimos estadios, *Light Red* y *Red*, se encontraron diferencias entre 3 de las líneas transgénicas y el testigo, lo cual se complementa con los resultados encontrados en el pH. Mientras en estos estadios el testigo tuvo un % acidez más bajo que las líneas transgénicas, se obtuvo el valor de pH más alto. El pH y la acidez son variables que se complementan. Al existir un aumento en la acidez en las líneas transgénicas, los valores de pH de dichas líneas, disminuyeron recíprocamente. Los ácidos orgánicos, como el ácido cítrico, son utilizados como sustratos durante la respiración; el silenciamiento del gen *TomloxB* modificó los patrones de respiración, y con ello se afectaron el pH y la acidez. Al no ser utilizados como sustratos, los ácidos orgánicos, principalmente el ácido cítrico permaneció por más tiempo, ayudando también a mantener la turgencia de la pared celular.



**Figura 7. Determinación del % Acidez durante la maduración de tomate en 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P<0.05$ ).**

### % de sólidos solubles

Los sólidos solubles fueron monitoreados desde el estado *Green* hasta el *Light Red*. A partir del estado *Pink*, los sólidos solubles en el tratamiento testigo, comienzan a descender, no así en las líneas transgénicas, las cuales desde el estado *Green*, fueron en aumento. En el estado *Light Red* se puede apreciar que tres de las líneas transgénicas presentan diferencia significativa más alta en comparación con el testigo (Figura 8).



**Figura 8. Determinación del % de Sólidos Solubles durante la maduración de tomate en 4 líneas transgénicas y la silvestre. Letras diferentes indican significancia ( $P<0.05$ ).**

Los azúcares, así como los ácidos orgánicos son los principales sustratos de la respiración (Seymour, 1993). Este hecho hace que la concentración de los azúcares descienda conforme el fruto va llegando a la madurez de consumo. La utilización de azúcares para sostener la respiración esta dictada por el etileno. Una vez que la compleja señalización de la hormona se activa, como fruto climatérico, el tomate



comienza con la utilización de sus recursos para el proceso de respiración. En este caso, el silenciamiento del gen *TomloxB*, afectó de manera indirecta el consumo de azúcares, por ello, en las líneas transgénicas, el % de sólidos solubles permanece por más tiempo en comparación con el testigo, el cual sigue utilizando los azúcares para tal fin.

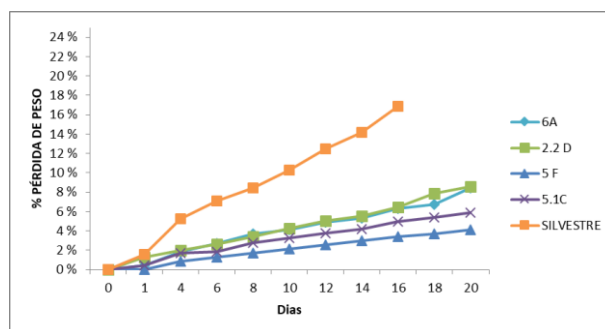
### **Pérdida de peso**

Se determinó la pérdida de peso en el estadio *Break*, en cuatro líneas transgénicas, y se compararon con los frutos silvestres. En todas las líneas transgénicas el % pérdida de peso fue significativamente más bajo (Figura 9). Aunque los frutos testigos se pudieron monitorear hasta el día 16, después de este punto el fruto colapsó, desde el día 6, ya los frutos testigo presentaban características propias de deshidratación, arrugamiento de la piel y opacidad. Para el día 20, la pérdida máxima fue del 8% en las líneas transgénicas, comparada con el testigo en el día 16 que fue del 18%. Los frutos transgénicos se apreciaban más íntegros, sin deshidratación en comparación con los testigos. La pérdida de peso en el fruto se debe principalmente a la pérdida de agua, a la respiración, y a la pérdida de 1 mol de CO<sub>2</sub> en el proceso de respiración, así como a la fuga de electrolitos. En este último, se ha estudiado que es un indicador de una alta pérdida de integridad en membrana en genotipos de chile morrón susceptible a altas velocidades de pérdida de agua, pero fue baja en genotipos menos susceptibles a la pérdida de agua durante el almacenamiento (Maalejuu *et al.*, 2005). Este fenómeno fue también reportado en melón (Lester and Bruton, 1986). A su vez, un incremento en la actividad de LOX se ha asociado con un incremento en la pérdida de agua en hojas de tabaco (Gong *et al.*, 2003). Esto sugiere que la actividad de LOX está ligada a pérdidas de peso por efectos presumiblemente de la pérdida en la integridad de la membrana. Estos genotipos susceptibles a altas velocidades de pérdida de peso, presentaban bajos contenidos de lípidos, mientras que aquellos con menor velocidad en la pérdida de peso contenían cantidades más altas de lípidos. Dado que los fosfolípidos son importantes constituyentes de la membrana y durante la pérdida de la integridad, se liberan ácidos grasos, principales sustratos de la LOX, la





relación entre la actividad de la LOX y la velocidad de pérdida de peso se encuentran asociadas. En este caso, el silenciamiento de *TomloxB* también contribuyó a disminuir la velocidad de pérdida de peso, al permanecer por más tiempo la integridad de la membrana y evitar así la fuga masiva de electrolitos y la deshidratación.



**Figura 9. Determinación de % Pérdida de peso en cuatro líneas transgénicas. Frutos cosechados en estado *Breaker*. Letras diferentes indican significancia ( $P < 0.05$ ).**

## Conclusiones

1. En el presente trabajo se logró el aumento de la vida postcosecha del fruto y la generación de conocimiento respecto a la interrelación de variables fisiológicas y *TomloxB*. La vida postcosecha de los frutos transgénicos aumentó entre 8 y 34 días, en comparación con los frutos testigo.
2. La firmeza fue mayor en los frutos transgénicos cuando se compararon con el testigo.
3. Los frutos transgénicos evidenciaron una luminosidad más alta debido principalmente al menor consumo de ácidos grasos y también a la baja velocidad de pérdida de peso.
4. El silenciamiento del gen *Tomlox B* retrasó el pico climatérico de etileno del día 2 exhibido por los frutos testigo, al día 8 en los frutos transgénicos. Esto afectó el pH, la acidez y % sólidos solubles.



## Literatura citada

- Almeida, D. P. F and D. J. Huber. 1999. Apoplastic pH and inorganic ion levels in tomato fruit: A potential means for regulation of cell Wall metabolism during ripening. *Physiol Plant* 105: 506-512.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC international (17th ed.). AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Aurand, R., M. Faurobert, D. Page, J. F. Maingonnat, B. Brunel, M. Causse, *et al.* 2012. Anatomical and biochemical trait network underlying genetic variations in tomato fruit texture. *Euphytica* 187:99-116.
- Bousquet, J. F. and K. V. Thimann. 1984. Lipid peroxidation forms ethylene from 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and may operate in leaf senescence. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 1724-1727.
- Brummell, D. A. and M. H. Harpster. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol Biol* 47: 311-340.
- Chen, G., R. Hackett, D. Walker, A. Taylor, A. Lin, and D. Grierson. 2004. Identification of a specific isoform of tomato lipoxygenase (TomloxC) involved in the generation of fatty acid-derived flavor compounds. *Plant Physiol*, 136: 2641-2651.
- Cruz-Hernández, A., and O. Paredes-López. 2012. Fruit quality: New insights for biotechnology. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 52: 272-289.
- Gong, C. R., Y. M. Li and L. J. Yang. 2003. Relationship between LOX activity, salicylic acid and jasmonic acid accumulation in tobacco leaves under water stress. *Agric Sci China* 2: 624-658.
- Griffiths, A., C. Barry, A. G. Alpuche-Solis and D. Grierson. 1999a. Ethylene and developmental signals regulate expression of lipoxygenase genes during tomato fruit ripening. *J Exp Bot* 50: 793-798.
- Griffiths, A., S. Prestage, R. Linforth, J. Zhang, A. Taylor and D. Grierson. 1999b. Fruit-specific lipoxygenase suppression in antisense-transgenic tomatoes. *Postharvest Biol Technol* 17: 163-173.
- Hodges, R.J., J. C. Buzby and B. Bennett. 2011. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *J Agric Sci* 149: 37-45.



- Jiang, Y., J. Fu. 2000. Ethylene regulation of fruit ripening: Molecular aspects. *J Plant Growth Regul* 30: 193-200.
- León-García, E., G. Vela-Gutiérrez, O. A. Del Ángel-Coronel, C. Torres-Palacios, J. De La Cruz-Medina, M. A. Gómez-Lim, *et al.* 2017. Increased postharvest life of *TomLox B* silenced mutants of tomato (*Solanum lycopersicum*) Var. TA234. *Plant Foods Hum Nutr.* 72: 380-387.
- Lester, G.E. and B. D. Bruton. 1986. Relationship of netted muskmelon fruit water loss, to postharvest storage life. *J Am Soc Hort Sci* 111: 727-731.
- Lester, G. E. 2003. Effects of oxidative stress on Postharvest crops senescence, pp. 113-130. In Hodges, D. M. (ed). *Postharvest oxidative stress in horticultural crops.* Food Products Press. Inc. Binghamton, N.Y. 266 p.
- NMX-FF-011-1992. Productos alimenticios no industrializados para uso humano, fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación.
- NMX-FF-014-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de la resistencia a la penetración.
- Maalekuu, K., Y. Elkind, S. Tuvia-Alkalai, Y. Shalom, M. A. Jenks, M.S. Goodwin, *et al.* 2005. Characterization of physiological and biochemical factors associated with postharvest water loss in ripe pepper during storage. *J Am Soc Hort Sci* 130: 735-741.
- Pathare, P. B., U. L. Opara and F. A. Al-Said. 2013. Color measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food Bioproc Technol* 6: 36-60.
- Pauls, K. P. and J. E. Thompson. 1984. Evidence for the accumulation of peroxidized lipids in membranes of senescing cotyledons. *Plant Physiol* 75: 1152-1157.
- Payasi, A., N. N. Mishra, A. L. Soares C. and R. Singh. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiol Mol Biol Plants* 15:103-113.
- Prusky, D. 2011. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Food Sec* 3: 463-474.
- Seymour, G.B., J. E. Taylor and G. A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening.* Springer Science+Business Media Dordrecht. Expo Holdings, Malaysia. p 454.
- Seymour, G.B., Y. Lasslett and G. A. Tucker. 1987. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. *Phytochem* 26: 3137-3139.



- Shen J, D. Tieman, J. B. Jones, M. G. Taylor, E. Schmelez, A. Huffaker *et al.*, 2014. A 13-lipoxygenase, TomloxC, is essential for synthesis of C5 flavour volatiles in tomato. *J Exp Bot* 65:419–428.
- Wang, H., N. Schauer, B. Usadel, P. Frasse, M. Zouine, M. Hernould, *et al.* 2009. Regulatory features underlying pollination-dependent and -independent tomato fruit set revealed by transcript and primary metabolite profiling. *Plant Cell* 21: 1428–1452.
- Yang, S. F. 1987. The role of ethylene and ethylene synthesis in fruit ripening. *In: W W Thomson, E A Nothnagel, R C, Huffaker, (eds). Plant Senescence: Its Biochemistry and Physiology. The American Society of Plant Physiologists.* 156–166.
- Zhang, Y., E. Butelli, R. De Stefano, H. Schoonbeek, A. Magusin, C. Pagliarani, *et al.* 2013. Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Curr Biol* 23:1094-1100.





## **POLIFENOLES, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN JUGOS COMERCIALES Y JUGO DE ZARZAMORA TRATADO CON MICROONDAS**

Mónica Yazmín Herrera Sotero<sup>369\*</sup>, Eryck Silva Hernández<sup>370</sup> y Rosa Isela Guzmán Gerónimo<sup>370</sup>

### **Resumen**

En el Mercado Nacional Mexicano se expenden jugos comerciales elaborados a partir de frutos ricos en polifenoles y antocianinas, sin embargo, no existe información disponible sobre su calidad, en particular sobre la actividad antioxidante y contenido de polifenoles. Por otro lado, el proceso de elaboración de jugos influye en el contenido de estos compuestos, por lo que es importante explorar la aplicación de tecnologías no convencionales, cómo las microondas y que, en combinación con ácidos orgánicos, incrementen el contenido de compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de polifenoles, antocianinas, porcentaje de color polimérico y actividad antioxidante de jugos comerciales obtenidos a partir de diversos frutos ricos en estos compuestos y compararlo con la muestra de jugo de zarzamora tratada con microondas, seleccionada previamente por nuestro grupo de investigación. Se obtuvieron 30 jugos de marcas comerciales, tres de cada marca comercial, que se expenden en la ciudad de Xalapa, Veracruz, elaborados a partir de diversos frutos como manzana, uva, arándano, ciruela pasa, granada, zanahoria, cereza y zarzamora. Se determinó el contenido de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, antocianinas monoméricas y porcentaje de color polimérico por el método diferencial de pH y actividad antioxidante y se comparó con el jugo de zarzamora tratado con microondas. El jugo comercial con mayor contenido de polifenoles y actividad antioxidante por el método de FRAP fue el jugo de ciruela, mientras que el jugo a

<sup>369</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental La Posta. [herrera.monica@inifap.gob.mx](mailto:herrera.monica@inifap.gob.mx)

<sup>370</sup> Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana.



base de zanahoria, manzana, cereza y mora mostró menor aporte de polifenoles y actividad antioxidante mediante el método DPPH. Los jugos evaluados (250 mL) aportan de 6.85-38.7% de la recomendación diaria de polifenoles, y éstos mostraron muy bajos niveles de antocianinas. Por otro lado, el jugo obtenido con microondas aporta el 70.9% de la ingesta diaria recomendada de polifenoles y más del 100% del requerimiento diario de antocianinas. Lo anterior sugiere el potencial de aplicación de las microondas en el proceso de elaboración de jugos a partir de frutos ricos en antocianinas permitiendo extraer mayor cantidad de estos compuestos que poseen propiedades antioxidantes.

**Palabras clave:** polifenoles, antocianinas, microondas, calidad, jugos

## Introducción

Actualmente los consumidores demandan bebidas que además de aportar nutrimentos contengan compuestos bioactivos que impacten de forma positiva en su salud. En este sentido, se destacan a los polifenoles y antocianinas, los cuales presentan diversas actividades biológico terapéuticas importantes cómo actividad antioxidante, antiinflamatoria, anti-neoplásica, modulación de enzimas relacionadas con estrés oxidativo, pueden evitar el daño oxidativo al DNA, así como modular algunos mecanismos epigenéticos (Wang *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2013; El-Ella y Bishayee, 2019; Garg *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2019; Tatar *et al.*, 2019).

Uno de los frutos con un alto contenido de polifenoles y antocianinas es la zarzamora, la cual pertenece al género *Rubus*, se ha descrito como fuente natural de antocianinas, la principal antocianina en la zarzamora es cianidina-3-glucósido y en algunos casos prevalecen glucósidos de pelargonidina. Diversos estudios reportan que su contenido va de 10 a 600 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco (Deighton *et al.*, 2000; Cuevas-Rodríguez *et al.*, 2011; Martínez-Cruz *et al.*, 2011).

Las antocianinas son compuestos altamente inestables, su estabilidad se ve afectada por diversos factores como la presencia de luz, oxígeno, pH y altas



temperaturas (Kong *et al.*, 2003). Se ha reportado que durante el procesamiento de los frutos para la elaboración de jugos y durante el almacenamiento, las antocianinas se degradan hasta en un 50%, además de sufrir reacciones de polimerización que dificultan su biodisponibilidad. Por ello, la industria de jugos debe utilizar un pH y temperatura bajas con el fin de reducir las reacciones de polimerización durante la extracción de estos compuestos y favorecer su estabilidad durante su almacenamiento. Así también, se ha reportado que la presencia de algunos ácidos, como el ácido cítrico favorece la presencia de antocianinas monoméricas (Hager *et al.*, 2008; Howard *et al.*, 2012).

La zarzamora es utilizada principalmente para preparar mermeladas, jaleas y bebidas alcohólicas, sin embargo, su empleo para la producción de jugo es escaso. Por lo que, siendo una fuente importante de compuestos antioxidantes, representa una importante materia prima para la obtención de bebidas funcionales (Johnson y González *et al.*, 2012).

Por otro lado, la elaboración de jugos a nivel industrial conlleva una serie de pasos, dentro de los cuales la extracción de compuestos bioactivos representa uno de los pasos más importantes. La extracción de jugos a nivel industrial requiere hacer los cambios de acuerdo con las demandas de los consumidores, proporcionando nuevos procesos y métodos que brinden mejores propiedades físicas, químicas y sensoriales en los productos deseados. Es aquí donde tecnologías no convencionales, como las microondas, presentan una serie de ventajas frente a los métodos convencionales. Ya que esta tecnología principalmente reduce y minimiza los efectos de tratamientos térmicos en compuestos bioactivos y atributos sensoriales (Pérez-Grijalva *et al.*, 2017).

Así mismo, ha sido reportado que ácidos orgánicos como el ácido cítrico favorece la estabilidad de las antocianinas, por lo que la aplicación de microondas en combinación con ácido cítrico representa una alternativa para obtener bebidas con un mayor contenido de antocianinas y actividad antioxidante con características sensoriales agradables al consumidor (Dao *et al.*, 1998).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de polifenoles, antocianinas, porcentaje de color polimérico y actividad antioxidante de jugos comerciales



obtenidos a partir de diversos frutos ricos en estos compuestos y compararlo con jugo de zarzamora tratada con microondas utilizando las condiciones previamente establecidas por nuestro grupo de investigación (Pérez-Grijalva *et al.*, 2017). Lo anterior con la finalidad de conocer la calidad en cuanto al contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de los jugos comerciales expedidos en la ciudad de Xalapa, Veracruz, y el jugo de zarzamora tratado con microondas.

## **Materiales y métodos**

### **Materia prima**

El fruto de zarzamora, (*Rubus* sp.) en estado maduro, proveniente del municipio de Jalacingo, Ver., se adquirió en un mercado local de Xalapa, Veracruz, en el periodo de abril-junio del 2010. Se seleccionó el fruto, se depositaron muestras de 200 g en bolsas ziploc y se almacenaron a -20°C.

### **Preparación de la muestra**

El fruto de zarzamora se descongeló a 20°C, y se molió en un mortero para obtener el puré. Se pesaron 50 g de puré y se colocaron en una caja petri de 10 cm de diámetro y 1 cm de espesor.

### **Tratamiento con microondas**

Se siguió la metodología establecida por Pérez-Grijalva *et al.* (2017), con el fin de utilizar las condiciones de tratamiento de microondas y concentración de ácido cítrico que permitan obtener el mayor contenido de polifenoles, antocianinas monoméricas y actividad antioxidante. Para ello la muestra se colocó en una caja de petri, se calentó en un horno de microondas doméstico (Marca Panasonic, Modelo NN-6468, Secauscus NJ, USA, con 12 niveles de potencia y 1200 watts) operando a una frecuencia de 2450 MHz con una potencia de salida de 437.5.





## Obtención del jugo

Una vez tratada con microondas, la muestra se centrifugó por 30 min a 3500 rpm para obtener el jugo. El jugo se colocó por triplicado en frascos ámbar, previamente codificados y se almacenaron bajo atmósfera de nitrógeno y refrigeración.

## Jugos comerciales

Se obtuvieron 30 jugos de marcas comerciales, tres de cada marca comercial, que se expenden en la ciudad de Xalapa, Veracruz, elaborados a partir de uno o más frutos como arándanos, manzanas, zarzamoras, granada, zanahoria (Cuadro 1). Lo anterior con la finalidad de comparar la calidad del jugo de zarzamora obtenido mediante tratamiento con microondas con jugos comerciales.

### **Cuadro 1. Datos de las frutas empleadas en la elaboración de jugos comerciales.**

Contenido
Uva y Arándano A
Manzana con zarzamora
Arándano A
Arándano y manzana
Arándano B
Arándano y uva B
Granada
Ciruela pasa
Zanahoria, manzana, cereza y tres moras
Tres frutas con sabor a zarzamora

## Cuantificación de polifenoles totales

Para cuantificar el contenido de polifenoles totales se utilizó la técnica de Folin y Ciocalteu (1927). Se preparó una curva de calibración utilizando como solución patrón ácido gálico. Las lecturas se midieron en un espectrofotómetro UV/VIS (modelo Lambda 35, marca Perkin Elmer) a 750 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de muestra. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.



### **Cuantificación de antocianinas monoméricas, poliméricas y densidad de color**

El contenido de antocianinas monoméricas se evaluó mediante el método diferencial de pH reportado por Giusti and Wrolstad (2001). El contenido de antocianinas monoméricas se expresó como mg de cianidina 3-glucósido/100 g, se utilizó el coeficiente de extinción molar de  $26,900 \text{ L cm}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  y un peso molecular de  $449.2 \text{ g mol}^{-1}$ . Para analizar el porcentaje de color polimérico y densidad de color se utilizaron 0.2 mL de metabisulfito de potasio 0.90 M y se adicionaron en 2.8 mL de la muestra diluida y 0.2 mL de agua destilada se adicionaron a 2.8 mL de la muestra diluida (testigo). Las muestras fueron leídas a 420 nm, 510 nm y 700 nm. La densidad de color se calculó como sigue: Densidad de color =  $[(A_{420 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}) + (A_{510} - A_{700 \text{ nm}})] \times \text{FD}$  (factor de dilución), el color polimérico y porcentaje de color polimérico se calcularon utilizando las siguientes fórmulas: Color polimérico =  $[(A_{420 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}) + (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700 \text{ nm}})] \times \text{FD}$  y el porcentaje de color polimérico =  $(\text{color polimérico}/\text{densidad de color}) \times 100$ . Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

### **Actividad antioxidante**

#### *Actividad antioxidante por el Método DPPH*

Se utilizó el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), reportado por Brand-Williams (1995), utilizando como referencia trolox, para ello se construyó una curva estándar de trolox con concentración de 10 a 800  $\mu\text{M}$ . A 0.1 mL de cada muestra se adicionaron 2.9 mL del reactivo DPPH, la mezcla se agitó vigorosamente y se mantuvo en oscuridad por 30 min a temperatura ambiente. La lectura se registró a 517 nm. Los resultados se expresaron en mmol equivalentes de trolox  $\text{L}^{-1}$  (ET).

#### *Actividad antioxidante por el Método FRAP*

El análisis de la actividad antioxidante por el método de FRAP (Poder Antioxidante Reductor del Hierro), se realizó de acuerdo con lo reportado por Benzie y Strain (1996), utilizando como referencia trolox, se construyó una curva estándar con concentración de 10 a 800  $\mu\text{M}$  de de trolox. A 0.1 mL de cada muestra se adicionaron 3 mL del reactivo FRAP, la mezcla se incubó por 5 min a  $37^\circ\text{C}$  y la absorbancia se determinó a 593 nm. Los resultados se expresaron en mmol ET  $\text{L}^{-1}$ .



## Resultados y discusión

Con la finalidad de comparar el jugo obtenido aplicando las microondas, en combinación con ácido cítrico, con jugos comerciales pasteurizados con excepción del jugo de zarzamora con manzana, se evaluó la concentración de polifenoles, antocianinas, porcentaje de color polimérico, densidad de color y actividad antioxidante en diversos jugos comerciales. En la Cuadro 2 se presentan los resultados de las determinaciones evaluadas en los jugos comerciales, así como el aporte de polifenoles totales y antocianinas por cada 250 mL de jugos comerciales evaluados de acuerdo con la Ingesta Diaria Recomendada (IDR).

**Cuadro 2. Contenido de polifenoles totales, antocianinas monoméricas y poliméricas en jugos comerciales y jugo de zarzamora tratada con microondas.**

Jugos comerciales	Polifenoles (mg EAG/L)	IDR <sup>a</sup> (%)	Antocianinas monoméricas (mg/L)	IDR <sup>b</sup> (%)	Antocianinas poliméricas (%)
Uva y Arándano A	503	12.5	26.18	3.74	50.5
Manzana con zarzamora	609	15.2	40.11	6.0	61.6
Arándano A	750	18.7	1.68	0.24	81.0
Arándano y manzana	467	11.6	7.71	1.1	54.2
Arándano B	636	15.9	22.30	3.18	34.8
Arándano y uva B	500	12.5	34.16	4.88	50.0
Granada	274	6.8	11.66	1.66	96.4
Ciruela pasa	1550	38.7	13.27	1.89	84.8
Zanahoria, manzana, cereza y tres moras	334	8.35	5.17	0.73	98.0
Tres frutas con sabor a zarzamora	422	10.5	2.85	0.40	58.0
<b>°SR60</b>	<b>2837</b>	<b>70.9</b>	<b>833</b>	<b>119</b>	<b>3.05</b>

<sup>a</sup> Aporte de Ingesta Diaria Recomendada de polifenoles en 250 mL.

<sup>b</sup> Aporte de Ingesta Diaria Recomendada de antocianinas monoméricas en 250 mL.

<sup>c</sup> Datos correspondientes al jugo de zarzamora tratado con microondas y ácido cítrico.

El contenido de polifenoles totales en los jugos comerciales fue de 274 a 1150 mg equivalentes de ácido gálico L<sup>-1</sup>. La ingesta diaria recomendada de polifenoles es de 1g día<sup>-1</sup> (Kuhnau, 1976; Brat *et al.*, 2006), considerando lo anterior se observa que un vaso (250 mL) de los jugos comerciales aporta de 6.85 a 38.7% de la recomendación diaria, mientras que un vaso del jugo obtenido aplicando microondas en combinación con ácido cítrico aporta 70.9%.



Por otra parte, los jugos comerciales tuvieron niveles de antocianinas de 1.68-40.1 mg equivalentes de cianidina-3-glucósido L<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos indican que un vaso (250 mL) de los jugos comerciales aporta de 0.24-6% de la recomendación diaria de antocianinas para una persona de 70 Kg. Cabe mencionar que la ingesta diaria recomendada de antocianinas es de 2.5 mg Kg<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Por otra parte, un vaso del jugo de zarzamora obtenido del jugo tratado con microondas 60 s y con 500 ppm de ácido cítrico aporta 208 mg de antocianinas, que es más alto que lo reportado para una bebida funcional a base de arándano azul, cuyo contenido de polifenoles totales y antocianinas monoméricas fue de 1299 mg de ácido gálico L<sup>-1</sup> y 61 mg cianidina-3-glucósido L<sup>-1</sup>, respectivamente (Torres y Vidaurre, 2015). Así también, es más alto que la bebida funcional de maíz morado y estevia desarrollada por Bonilla *et al.* (2015). Lo anterior es importante, ya que recientes investigaciones señalan que el consumo de jugo de fruta rico en antocianinas además de tener un efecto antioxidante puede mejorar la integridad del ADN y puede influir en el metabolismo de lípidos en los seres humanos (Bakuradze *et al.*, 2019; Habanova *et al.*, 2019). Además de que nuevas investigaciones sugieren que el jugo de zarzamora tiene un efecto terapéutico potencial sobre la ansiedad inducida con algún evento estresante (Fernández-Demeneghi *et al.*, 2019).

En relación al porcentaje de color polimérico en los jugos comerciales, los valores fluctuaron de 35-98%, mientras que en el jugo que se obtuvo aplicando microondas el valor fue de 3.05%. Cabe mencionar que existen diversos reportes que sugieren que las antocianinas monoméricas se absorben con mayor facilidad *in vivo* que las antocianinas poliméricas, de ahí la importancia de explorar tecnologías no convencionales que permitan mantener en mayor grado estos compuestos Hager *et al.* (2008). En el Cuadro 3, se presentan los resultados sobre la actividad antioxidante evaluada en jugos comerciales y jugo de zarzamora tratado con microondas, dónde se observa que los jugos comerciales mostraron una actividad antioxidante evaluada por DPPH y FRAP menor que el jugo obtenido mediante microondas.





### Cuadro 3. Actividad antioxidante en jugos comerciales y jugo de zarzamora tratado con microondas.

Jugos comerciales	DPPH (mmol ET L <sup>-1</sup> )	FRAP (mmol ET L <sup>-1</sup> )
Uva y Arándano A	1.83	7.13
Manzana con zarzamora	2.04	6.30
Arándano A	5.68	13.1
Arándano y manzana	1.7	8.87
Arándano B	2.4	10.7
Arándano y uva B	2.27	10.2
Granada	0.35	8.28
Ciruela pasa	3.06	14.3
zanahoria, manzana, cereza y tres moras	0.29	8.12
Tres frutas con sabor a zarzamora	1.19	9.95
<b>*SR60</b>	<b>13.0</b>	<b>25.6</b>

\*Datos correspondientes al jugo de zarzamora tratado con microondas y ácido cítrico.

### Conclusiones

1. Los jugos comerciales evaluados en el presente estudio aportan 6.85 a 38.7% de la recomendación diaria de polifenoles, y 0.24-6% de la recomendación diaria de antocianinas para una persona de 70 Kg. Lo que sugiere que hay que mejorar su proceso de elaboración y almacenamiento para obtener jugos con un mayor aporte de estos antioxidantes naturales.
2. El jugo de zarzamora tratado con microondas en combinación con ácido cítrico, aporta 70.9% de la ingesta diaria recomendada de polifenoles y más del 100% del requerimiento diario de antocianinas. Lo anterior destaca la aplicación potencial de microondas como tecnología no convencional en la industria alimentaria con el fin de aumentar el valor nutracéutico del jugo de zarzamora y proveer a los consumidores con productos de calidad que permitan fortalecer el Mercado Nacional Mexicano.



## Literatura citada

- Bakuradze, T., A. Tausend, J. Galan, I. A. M. Groh, D. Berry, J. A. Tur *et al.*, 2019. Antioxidative activity and health benefits of anthocyanin rich fruit juice in healthy volunteers. *Free Radical Research* 1-281.
- Benzie, I. F. F. y Strain, J. J. 1996. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytic Biochemistry* 239: 70-76.
- Bonilla, P. E., F. Quispe, L. Negrón y A. I. Zavaleta. 2015. Compuestos bioactivos y análisis sensorial de una bebida funcional de maíz morado (*Zea mays* L.) y estevia (*Stevia* sp.). *Ciencia e Investigación* 18(1): 37-42.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of free a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und e Technologie/Food Science and Technology* 28: 25-30.
- Brat, P., S. Georgé, A. Bellamy, L. C. Du, A. Scalbert, L. Mennen *et al.* 2006. Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *American Society for Nutrition Journal Nutrition* 136: 2368-2373.
- Cuevas-Rodríguez, E. O. 2011. Evaluación del potencial nutracéutico de zarzamoras silvestres y mejoradas. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 155 p.
- Dao, L. T., G. R. Takeoka, R. H. Edwards y J. D. J. Berrios. 1998. Improved method for the stabilization of anthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3564-3569.
- Deighton N., R. Brennan, C. Finn y H.V. Davies. 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of Sciences Food and Agriculture* 80:1307-1313.
- El-Ella, D. M. A. y A. Bishayee. 2019. The epigenetic targets of berry anthocyanins in cancer prevention. In *Epigenetics of Cancer Prevention*. Academic Press. p. 129-148.
- Fernández-Demeneghi, R., J. F. Rodríguez, L., R. I. Guzmán-Gerónimo, H. G. Acosta-Mesa, E. Meza-Alvarado, I. Vargas-Moreno *et al.*, 2019. Effect of blackberry juice (*Rubus fruticosus* L.) on anxiety-like behaviour in Wistar rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 1-12.



- Folin C. and V. Ciocalteau. 1927. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73:627-650.
- Garg, V., A. Dhiman and R. Dutt. 2019. Anticancer potential of functional and medicinal beverages. In *Functional and Medicinal Beverages*. Academic Press. p. 199-234.
- Giusti, M. M. and R. E. Wrolstad. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad, T. E. Acree, H. An, E. A. Decker, M. H. Penner, D. S. Reid, *et al.* (Eds.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (pp. F1.2.1eF1.2.9). New York, N.Y.: John Wiley and Sons, Inc.
- Habanova, M., J. A. Saraiva, M. Holovicova, S. A. Moreira, L.G. Fidalgo, M. Haban, *et al.*, 2019. Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile. *Journal of Functional Foods* 60: 103417.
- Hager T.J., L. Howard, R. y R. L. Prior. 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidants capacity of processed blackberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 689-695.
- Howard, L., R. Prior, R. Liyanage y J. Lay. 2012. Processing and storage effect on berry polyphenols: Challenges and implications for bioactive properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 6678-6693.
- Johnson, M. H. y E. Gonzalez de Mejia. 2012. Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *Journal of Food Science* 77(1): C141-C148.
- Kong, J. M., S. L. Chiam, N. K. Goh, T.F. Chia y C. Brouillar. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*: 64: 923-933.
- Kuhnau J. 1976. The flavanoids. A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics* 24:117-191.
- Martínez-Cruz, N. D. S., K. Arévalo-Niño, M. J. Verde-Star, C. Rivas-Morales, A. Oranday-Cardenas, Núñez-González, *et al.*, 2011. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl (Zarzamora). *Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas* 42(4): 66-71.



- Pérez-Grijalva, B., M. Herrera-Sotero, R. Mora-Escobedo, J. C. Zebadúa-García, E. Silva-Hernández, R. Oliart-Ros, C. Pérez-Cruz y R. Guzmán-Gerónimo. 2018. Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. *LWT- Food Science and Technology* 87: 47-53.
- Rodríguez-Werner, M., P. Winterhalter y T. Esatbeyoglu. 2019. Phenolic composition, radical scavenging activity and an approach for authentication of aronia melanocarpa berries, juice, and pomace. *Journal of Food Science* 84(7): 1791-1798.
- Tatar, M., Z. Bagheri, M. Varedi y F. Naghibalhossaini. 2019. Blackberry extract inhibits telomerase activity in human colorectal cancer cells. *Nutrition and Cancer* 71(3): 461-471.
- Torres, Y. y J. Vidaurre. 2015. Cinética de la degradación de compuestos fenoles y antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación* 2 (2) 7.
- Wang, L. S. y G. D. Stoner. 2008. Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Letters*. 269: 281-290.
- Wang, L.S., C. T. Kuo, S. J. Cho, C. Seguin, J. Siddiqui, K. Stoner, G. D. Stoner. 2013. Black raspberry-derived anthocyanins demethylate tumor suppressor genes through the inhibition of DNMT1 and DNMT3B in colon cancer cells. *Nutrition and Cancer* 65: 118-125.



# Agroecosistemas





## ETNOBOTÁNICA DE LOS HUERTOS FAMILIARES DE LA RANCHERIA PABLO L. SIDAR, MIRAMAR, CENTRO TABASCO, MÉXICO

Karina de los Ángeles Ramírez Méndez<sup>371\*</sup>, Miguel Alberto Magaña Alejandro<sup>371</sup> y Mauricio Domínguez Méndez

### Resumen

Los huertos familiares son sistemas de producción muy común alrededor del mundo, sobre todo en las regiones tropicales, pero sin dejar fuera otro tipo de ecosistemas. Lo que lo distingue a los huertos familiares, a los sistemas forestales y otros sistemas agroforestales es la composición de especies y principalmente su objetivo como una fuente para el consumo familiar. Es por eso que se realizó un estudio en Pablo L. Sidar (Miramar) del Municipio Centro del Estado de Tabasco, México. Para ello se utilizó una metodología aplicada bajo un modelo de metodología etnobotánica, la cual consiste en obtener de la población la mayor información a partir de su participación activa. Con ello se registró un total de 145 especies agrupadas en 60 familias. La forma de vida más común de las plantas encontradas en la zona de estudio son las hierbas con 75 especies equivalentes a 53%. Se describieron 15 huertos donde la estructura se refiere al tipo de componentes, acomodo especial y temporal en el área donde se establece el huerto familiar y vivienda en la cual están circunscritos los diferentes estratos. De igual manera se hizo un análisis de la distribución horizontal y vertical de las especies. De acuerdo con la organización de las especies y con la distribución de las plantas los dividimos en tres estratos: estrato bajo, estrato mediano y estrato alto. De acuerdo con el índice de biodiversidad, la organización de las especies y la distribución de las plantas los dividimos en tres estratos: estrato bajo, estrato mediano y estrato alto. Entre las especies más comunes se encontraron varias especies de plátano. Finalmente se reconocieron ocho usos diferentes. Con todo esto se concluye que

---

<sup>371</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. \*[karyedrei@gmail.com](mailto:karyedrei@gmail.com)



los huertos familiares siguen siendo uno de los agroecosistemas más diversos y más importantes.

**Palabras clave:** plantas medicinales, plantas ornamentales, plantas comestibles

## Introducción

Los huertos familiares son sistemas de producción muy común alrededor del mundo, sobre todo en las regiones tropicales, pero sin dejar fuera otro tipo de ecosistemas. Lo que lo distingue a los huertos familiares a los sistemas forestales y otros sistemas agroforestales es la composición de especies y principalmente su objetivo como una fuente para el consumo familiar. Además, se encuentran ampliamente distribuidos en las diferentes regiones del planeta y se reconoce que los más diversos y ricos se encuentran en el trópico y se pueden encontrar plantas ornamentales y medicinales entre otras, destacando que cada pueblo le asigna en su lengua un nombre específico (Mariaca *et al.*, 2010). Las familias también propagan plantas a partir de las que ya tienen y fomentan lo que se establece de manera natural en los huertos familiares, albergan, además de especies nativas de la región, un número creciente de especies introducidas.

El proceso de introducción y adaptación de nuevas especies en los huertos, como también de técnicas de cultivo, es práctica común. El origen de los huertos reside en la colecta de plantas y sembrarlos cerca de casa (González-Jácome, 2007).

Por otro lado, el uso de las plantas medicinales es muy antiguo y a ellas han recurrido casi todos los pueblos, desde los más primitivos hasta los más civilizados (Vander, 2009). La medicina tradicional, es un sistema benéfico para la salud, en América es de origen prehispánico, ha incorporado elementos de la medicina europea traída por los españoles durante y después de la conquista a nuestra tierra (Hernández, 2006).

El conocimiento y utilización de la herbolaria con fines medicinales se confirma con la documentación que aporta Sahagún en su historia, donde señala 99 apartados



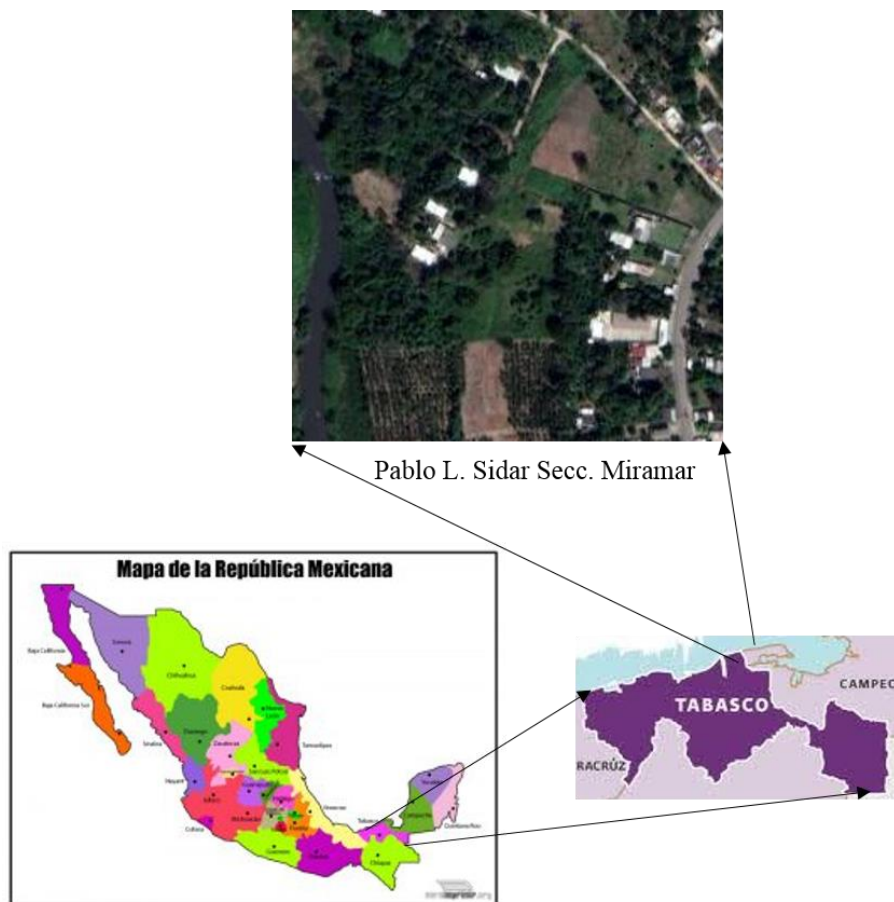
referentes a yerbas medicinales, en los que indica la procedencia y empleo de las mismas. Es importante notar que trata de todas las hierbas comestibles y medicinales no cultivadas y en las recetas correspondientes a cada una no aparece ningún elemento que no corresponda a la planta (Anzures y Bolaños, 1989).

En Tabasco existe información sobre algunos huertos familiares, pero ningún estudio realizado en la ranchería Pablo L. Sidar, Villahermosa, Tabasco; donde se puede observar una gran cantidad de huertos familiares de los cuales la comunidad solo sabe el uso y la importancia que tienen para las familias, pero no para la sociedad y el medio ambiente. Es por ello que el interés principal de este trabajo fue realizar un estudio etnobotánico de los huertos familiares de la ranchería antes mencionada, el cual sirvió para obtener más información sobre las especies que se encuentran dentro de los huertos.

## **Materiales y métodos**

Pablo L. Sidar (Miramar) se localiza en el Municipio Centro del Estado de Tabasco, México y se encuentra en las coordenadas 17°87'36.11" Latitud Norte y 93°04'13" Longitud Oeste. La localidad se encuentra a una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar. La población total de Pablo L. Sidar (Miramar) es de 181 personas, de cuales 96 son masculinos y 85 femeninas. Los ciudadanos se dividen en 61 menores de edad y 120 adultos, de cuales 14 tienen más de 60 años. En Pablo L. Sidar (Miramar) hay un total de 41 hogares (Figura 1). De estas 41 viviendas, 7 tienen piso de tierra y unos 13 consisten de una sola habitación. Del total de viviendas, 38 tienen instalaciones sanitarias, 29 son conectadas al servicio público y 37 tienen acceso a la luz eléctrica. La estructura económica permite a 0 viviendas tener una computadora, a 13 tener una lavadora y 29 tienen una televisión. Por lo tanto, se considera una comunidad muy pobre cuyos habitantes subsisten de lo que ellos mismos siembran y cosechan.





**Figura 1. Ubicación del área de estudio.**

La metodología que se aplicó es un modelo de metodología etnobotánica (Martín, 2001), la cual consiste en obtener de la población la mayor información a partir de su participación activa en la etapa de recopilación de datos.

La realización del presente trabajo, se dividió en dos momentos: gabinete y campo. Una parte muy importante en este estudio consistió en el trabajo de gabinete realizado durante todo el proceso de investigación, mediante revisión de bibliografía, mapas y análisis de resultados. La fase de campo consistió en recorrer las diferentes áreas de estudio para conocer la comunidad. Posteriormente se solicitó permiso a la autoridad de la comunidad a estudiar para poder entrevistar a las personas, en la petición se explicó al delegado la intención de la investigación, los objetivos y los detalles de las actividades que se realizarían.



A través de la observación participativa se observó muy de cerca la vida cotidiana de las personas, recogiendo todo tipo de datos que puedan dar luz sobre el tema a estudiar.

Posteriormente se realizaron entrevistas estructuradas a los informantes, sin importar el sexo, siguiendo en general temáticas relacionados con el uso, conocimiento, manejo, enfermedades que cura, así como la forma en que se adquiere el conocimiento de las plantas medicinales. El número de cuestionarios que se aplicó por comunidad dependió de la información que se recabó para saber quiénes eran las personas que conocían más sobre planta.

## **Resultados y discusión**

Se aplicaron 30 encuestas y con base en los datos obtenidos en campo y de la identificación de las especies de la ranchería Miramar, se refleja la abundancia de estas, dentro de los huertos familiares.

### **Familias botánicas más representativas en los huertos**

Se registró un total de 145 especies agrupadas en 60 familias, de estas últimas, las mejor representadas son las Asteraceae y Lamiaceae con 9 especies cada una, el resto de las familias tienen menor número de especies (Figura 2). Esto coincide con Jiménez (2014) que la familia Asteraceae es la que presenta mayor número de especies, pero difiere en cuanto a número de especies ya que ella reporta 19 especies para esta familia.



**Figura 2. Familias botánicas más respectivas de los huertos familiares de la ranchería Miramar de Villahermosa Tabasco.**

### Forma biológica de las especies

La forma de vida más común de las plantas encontradas en la zona de estudio son las hierbas con 75 especies que equivalen a 53%, los árboles con 41 especies (28%) y los arbustos con 21 especies (15%); el resto de las especies están dentro de otra forma de vida (Figura 3). Como puede notarse, la mayoría de estas plantas son herbáceas, esto se debe a que posiblemente éstas requieren de menor cuidado, ya que son fáciles de cultivar y manejar. Esto coincide con el trabajo realizado por Velox (2005) y Jiménez (2014) quienes también encontraron que las hierbas son las más abundantes en estos tipos de agroecosistemas.

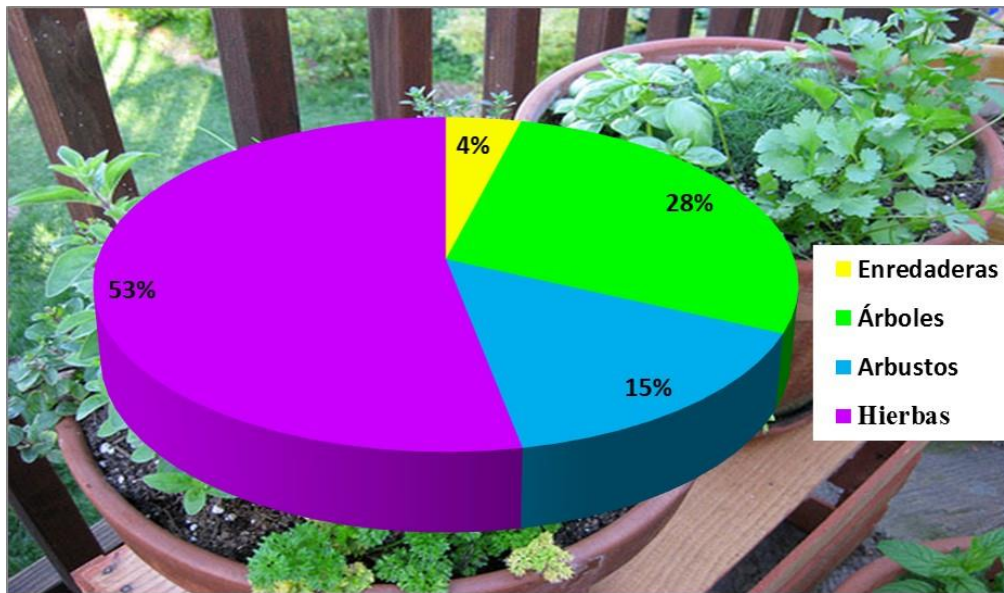
### Estructura del huerto familiar

Se describieron solo 15 huertos familiares, tomando en cuenta que eran los únicos que cumplan con las características propias de un huerto. La estructura se refiere al tipo de componentes, acomodo especial y temporal en el área donde se establece el huerto familiar y vivienda en la cual están circunscritos los diferentes estratos

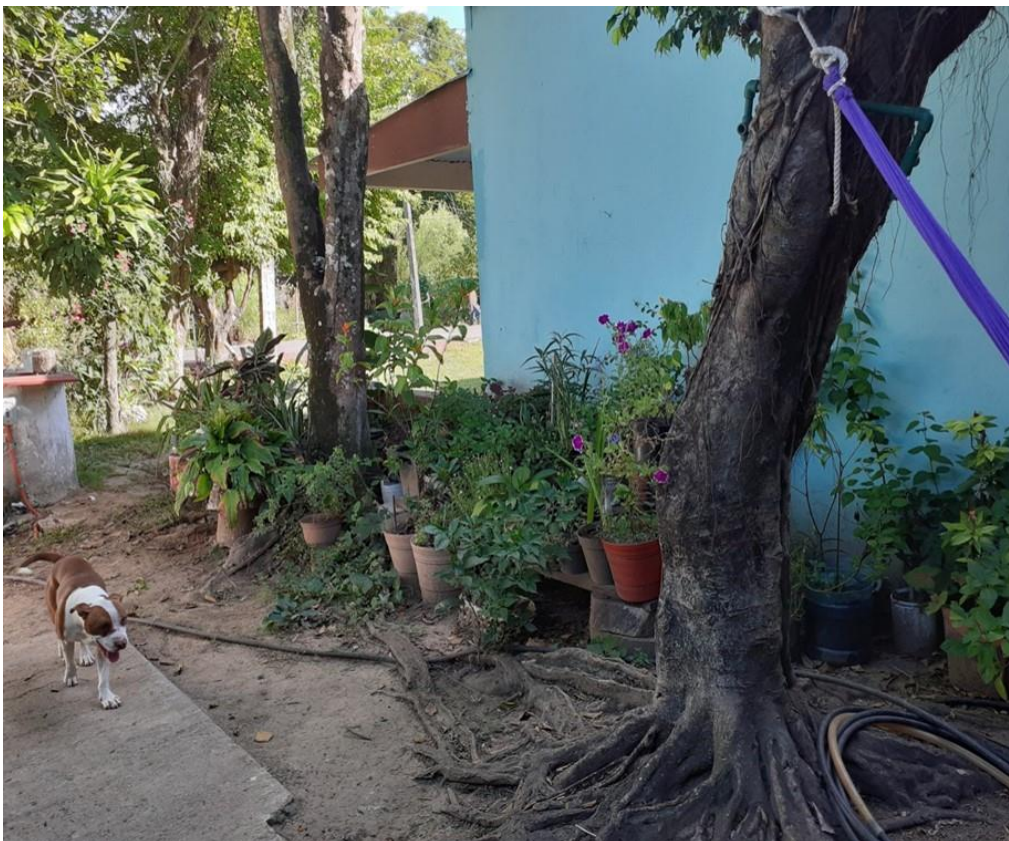




como se muestra en la figura 4. Se identificaron dos tipos de estructura: vertical y horizontal.



**Figura 3. Forma biológica de las especies encontradas en los huertos.**



**Figura 4. Componentes que presentan los huertos de la ranchería Miramar.**



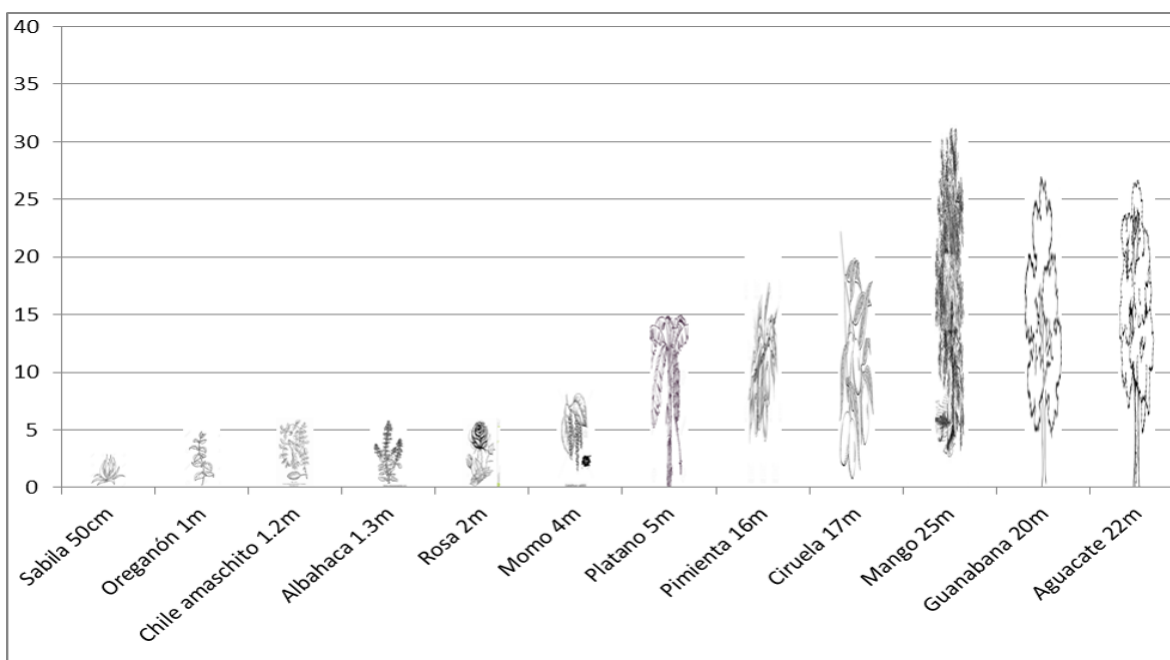


## Estructura vertical

La estructura vertical varía en cada uno de los huertos familiares según su composición florística. El estrato arbóreo está formado por especies vegetales leñosas de gran tamaño, con tronco y copa claramente diferenciados. Algunos elementos faunísticos ocupan este estrato para su supervivencia alimentación, anidación, percha y protección. El estrato herbáceo no tiene estructura leñosa y en este se engloban las hierbas anuales o perennes.

De acuerdo con la organización de las especies y a la distribución de las plantas los dividimos en tres estratos: estrato bajo, estrato mediano y estrato alto.

Estrato bajo: Comprende especies vegetales cuya altura es inferior a 1.5 m en etapa adulta, en el encontramos especies como la sábila (*Aloe vera*), oreganón (*Plectranthus amboinicus*), chile amashito (*Capsicum annuum*) y mañanitas (*Portulaca grandiflora*), entre otras.



**Figura 5. Vista vertical de un huerto familiar en la ranchería Pablo L. Sidar sección Miramar.**

El estrato medio tiene de 2 a 8 m de alto, en él se encuentran plantas como la pimienta (*Pimenta dioica*), el plátano (*Musa paradisiaca*), la ciruela (*Spondias*

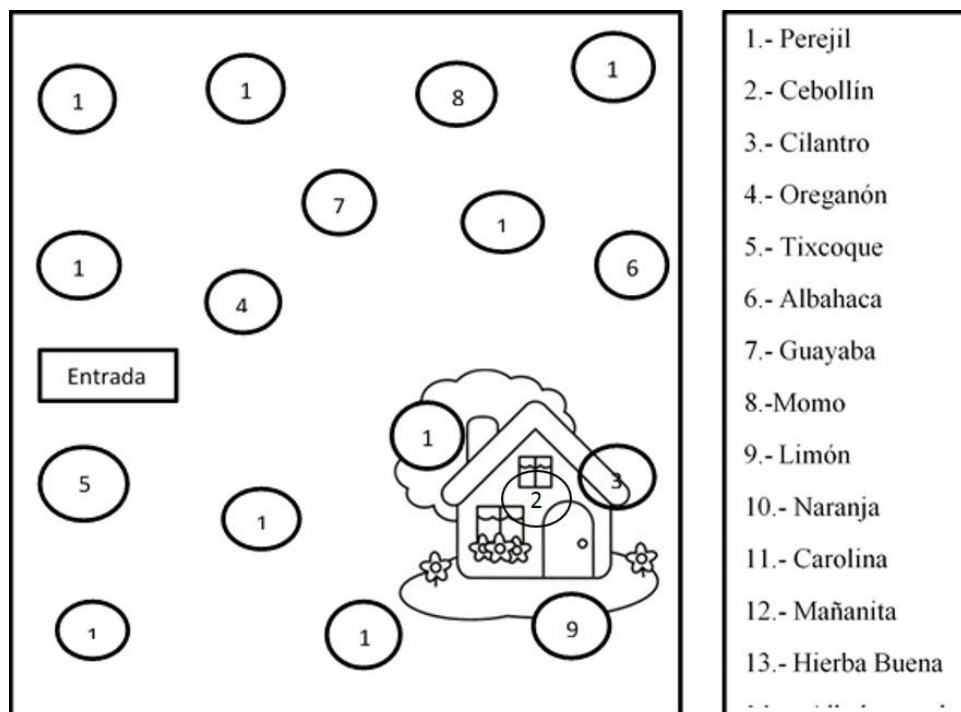


*purpurea*), el momo (*Piper auritum*), la guanábana (*Annona muricata*) y la mandarina (*Citrus reticulata*), entre otras.

El estrato alto que comprende especies vegetales que rebasan los 8 m de altura principalmente se encuentran especies maderables o frutales, las especies encontradas fueron: el cedro (*Cedrela odorata*), el jobo (*Spondias mombin*), el mango criollo (*Mangifera indica*), el aguacate (*Persea americana*) y el coco (*Cocos nucifera*). Esto coincide con Lope-Alzina (2017), quien encuentra un cierto parecido en la distribución vertical de las especies en altura y arreglo.

### **Estructura horizontal**

La estructura horizontal se refiere a la organización de los componentes de los solares, en él se observa la diversidad florística, además de la distribución de otros componentes del huerto como es, la casa-habitación, así como también se observan las especies que rodean a la casa principalmente las especies medicinales encontrándose entre ellas la sábila (*Aloe vera*), oreganón (*Plectranthus amboinicus*), chile amashito (*Capsicum annum*), mañanitas (*Portulaca grandiflora*), entre otras. El jobo (*Spondias mombin*), el mango criollo (*Mangifera indica*), el aguacate (*Persea americana*) y el coco (*Cocos nucifera*). Entre otras muchas ornamentales. Del mismo modo Lope-Alzina (2017) describe la distribución horizontal de las especies.

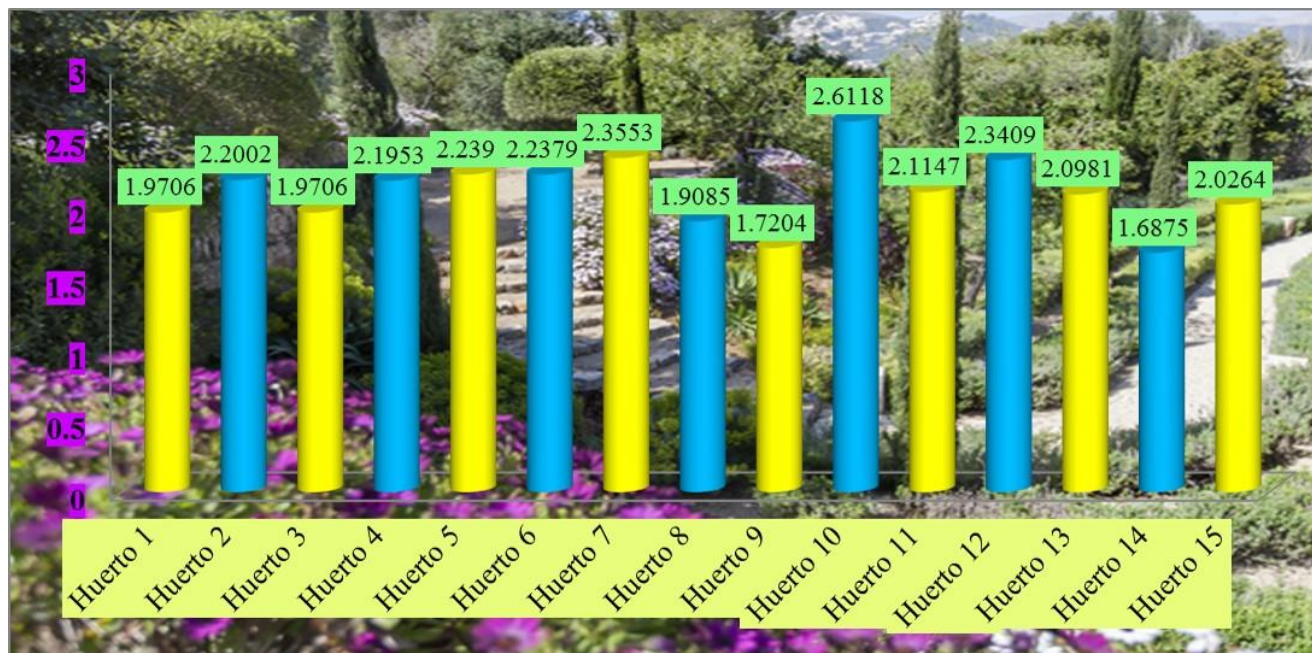


**Figura 6. Estructura del huerto familiar vista horizontal.**

### Índice de biodiversidad de los huertos familiares

Las especies vegetales más representativas en los huertos familiares analizados son principalmente, *Musa paradisiaca*, *Musa sapientum*, *Capsicum annum*, *Bixa orellana* entre otras estas especies vegetales se encuentran en casi todos los huertos sin embargo la diversidad encontrada de acuerdo con Shannon-Wiener es que el huerto número 10 con las familias Solanaceae y Musaceae, es el más diverso con un valor de 2.61. La mayoría de los huertos son muy similares a excepción de los huertos, 9 y 14 son los menos diversos (Figura 7).





**Figura 7. Índice de diversidad de los huertos familiares de Pablo L. Sidar sección Miramar.**

### Aspectos etnobotánicos

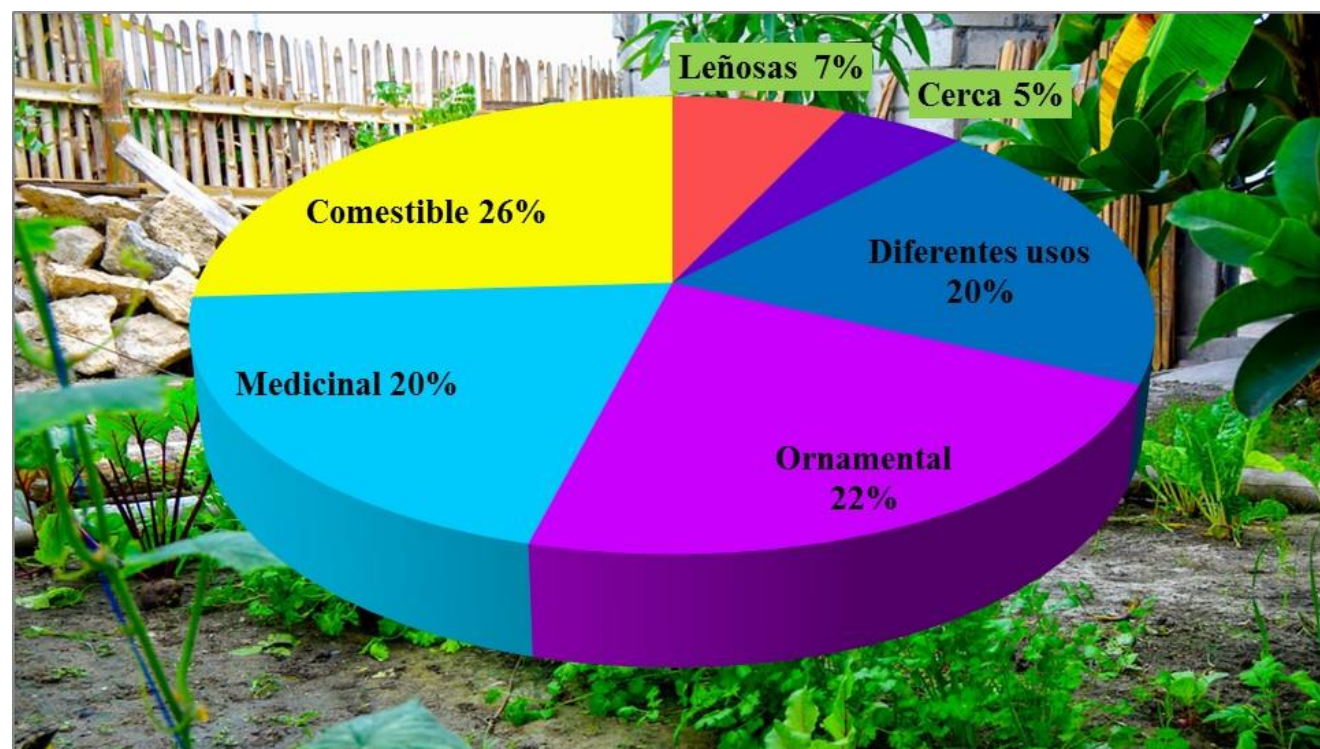
#### Usos que se le dan a las especies en la comunidad

Se identificaron ocho usos, de los cuales el más común fue el comestible en 26% entre las especies encontradas están los cítricos (*Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Citrus lemon*) y los plátanos (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum*, *Musa acuminata*), entre otras especies comestibles. Además, también abundan las plantas ornamentales, encontradas en 22%, entre ellas las mañanitas en diferentes colores (*Portulaca grandiflora*), la cañita agria (*Costus ruber*) y la ixoras (*Ixora coccinea*). Las plantas con usos medicinales se encontraron en 20%, entre ellas la sábila (*Aloe vera*), el oreganón (*Plectranthus amboinicus*), la ruda (*Ruta chalepensis*), el epazote (*Chenopodium ambrosioides*), la mala madre (*Kalanchoe daigrimontiana*), la hierba de sapo (*Epaltes mexicana*) y con menores porcentajes encontramos especies que se usan para leña, cercas vivas y muchas más con diferentes usos (Figura 8). Este coincide con lo reportado por García (2017), quien





reporta que las especies que se encuentran en los huertos de Cunduacán, tienen diferentes usos entre ellos el más común es el medicinal.



**Figura 8. Usos de las especies en los huertos familiares.**

### Manejo del huerto

Es importante señalar que los huertos familiares necesitan un gran cuidado y una fuerte inversión de esfuerzos para su funcionalidad y así obtener productos para consumo o comercialización.

El manejo del huerto familiar en esta comunidad consiste, básicamente, en mantenerlo en buenas condiciones para vivir, lo que se traduce en limpiarlo de melazas y en cercarlo adecuadamente.

El chapeado del huerto familiar es realizado por el padre de familia y los hijos varones mayores, es la práctica más rápida para la eliminación de malezas y para efectuarlo se utiliza el machete, el cual se deber de manejar con más cuidado, el arrancado de las hierbas es directamente con las manos y esta actividad la realizan las mujeres.



El cercado lo realizan los hombres cuando se establece el huerto familiar, ya después lo que hacen es darle mantenimiento. En el cercado se colocan alambre de púas donde se utilizan cercos muertos o vivos para sostener el alambre, luego los refuerzan con especies arbustivas y herbáceas para evitar la entrada de animales ajenos al huerto y la salida de los animales domésticos.

El riego lo realizan de la siguiente manera: a las plantas se les riegas dos veces al día, una por la mañana y otra por la tarde; esto lo llevan a cabo las familias con el apoyo de cubetas, durante la época de seca lo hacen más seguido sobre todo porque el ambiente es más cálido.

El abonado de las plantas es orgánico ya que se realiza a través de la hojarasca que deja que se pudra y luego las familias se las adicionan a las especies vegetales.

### **Importancia socioeconómica**

Las familias reconocen la importancia de las especies que tienen demanda en el mercado y por lo tanto las valora como un indicador económico de sustentabilidad, pero no dimensionan el aporte a la canasta básica familiar. Las especies vegetales con las que cuentan son de autoconsumo o para venta y las especies que se venden por lo general son de temporada, sin embargo, el aspecto socio económico representa un ahorro para la utilización de productos de alimentación humana y para los animales de traspatio.

### **Conclusiones**

En este documento, se aprecia que, con el paso del tiempo y el conocimiento generado, se han ido abordando enfoques inter- y multidisciplinarios que van más allá de la descripción de los componentes y listados de especies, aportaciones que se han ido robusteciendo.

Como resultado del análisis de la estructura horizontal y vertical se encontró que las especies vegetales más representativas en los huertos familiares analizados son



principalmente los plátanos, entre otras; estas especies vegetales se encuentran en casi todos los huertos.

Como el objetivo principal de un huerto familiar es el autoconsumo, esto demostró que las especies comestibles sean las más abundantes, seguida de las especies ornamentales.

Como todo agroecosistema, en el huerto familiar se deben de realizar limpiezas periódicas y establecimiento del cercado a base de especies vegetales vivas y por lo tanto no existe el uso del producto químico ni de maquinarias ya que la mano de obra es fundamentalmente familiar.

El huerto familiar en esta comunidad representa un espacio para la obtención de múltiples beneficios por lo que los huertos familiares juegan un papel importante en la unión familiar.

### **Literatura citada**

- Anzures y Bolaños, M. C. 1989. La medicina tradicional en México. Proceso histórico, sincretismos y conflictos. UNAM. México D.F. 214 p.
- Hernández, G.M.I. 2006. Contribución para el uso y manejo de las plantas medicinales de la villa Tepetitán Macuspana, Tabasco. Tesis de Lic. En Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 64 p.
- García G. M. 2017. Estudio etnobotánico de los huertos familiares de la Ranchería El Moté, Cunduacán, Tabasco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 91 p.
- González-Jácome, A. 2007. Agroecosistemas mexicanos: pasado y presente. Universidad de Varsovia, Polonia. Revista Itinerarios (6):55-80.
- Jiménez M.M.P. 2014. Uso y manejo actual de las plantas medicinales en el poblado Villa Benito Juárez, Macuspana, Tabasco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 363 p.
- Lope-Alzina, D. 2017. Cuatro décadas de estudio en huertos familiares mayayucatecos: hacia la comprensión de su variación y complejidad. GAIA SCIENTIA 11(3):160-184.



- Mariaca, M. R., A. González A. 2010. El huerto maya yucateco en el siglo XVI. ECOSUR. CINVESTAV, UNIDAD MÉRIDA. FOMIX. UIMQROO. CONCYTEY. 180 p.
- Martín, G. J. 2001. Etnobotánica: Manual de Métodos. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 239 pp.
- Vander, A. 2009. Las enfermedades y sus tratamientos por las plantas medicinales. Ed. de la escuela mexicana de Trofología y Trofoterapia. México 370 p.
- Velox, M. A. C. 2005. Plantas medicinales de Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, México. Tesis profesional de licenciatura en Biología. División Académica de ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 50 p.





## ***Tetranychus merganser*: SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA PAPAYA Y SU CONTROL BIOLÓGICO**

Martha Escarlet Beristain Moreno<sup>372</sup>, Juan A. Villanueva Jiménez<sup>372\*</sup>, Gabriel Otero Colina<sup>373</sup>,  
Francisco Osorio Acosta<sup>372</sup> y Marycruz Abato Zárate<sup>374</sup>

### **Resumen**

Aunque el ácaro *Tetranychus merganser* puede disminuir la producción de *Carica papaya*, no se conoce su efecto en la calidad del fruto. Además, los agricultores no reconocen el beneficio que los ácaros fitoseidos pueden aportar como enemigos naturales de esta plaga. El objetivo de este estudio fue evaluar el daño que *T. merganser* ocasiona a la calidad del fruto de papayo en agroecosistemas de la zona Central Costera del estado de Veracruz, y determinar si el ácaro fitoseido *Galendromus pilosus* tiene el potencial como agente de control biológico del ácaro plaga. Se realizaron entrevistas a productores de papayo en los principales municipios de la zona Central Costera de Veracruz, los cuales identifican a los ácaros como el problema principal en el desarrollo del cultivo. En cuanto a la calidad del fruto, indicaron que el principal problema que dificulta la comercialización es la deformación (32.9% de menciones ponderadas), seguido de la antracnosis (23.8%); el daño por ácaros en fruto no fue considerado importante para su comercialización. Los productores perciben que los ácaros ocasionan mayor daño durante el desarrollo de la planta, ya que afecta el rendimiento del cultivo y ocasiona pérdidas económicas. Se realizó una tabla de vida a *G. pilosus* alimentado con *T. merganser* en arenas experimentales en laboratorio, para determinar su potencial como agente de control biológico. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto fue de  $6.08 \pm 0.74$  días y la tasa intrínseca de crecimiento fue 0.14, lo que indican que cuenta con potencial para ser un agente de control biológico en huertas de papayo.

<sup>372</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

<sup>373</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

<sup>374</sup> Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Facultad de Ciencias Agrícolas. \* javj@colpos.mx



**Palabras clave:** ácaro depredador, ácaro fitófago, atributos, percepción

## Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta que México exporta a Norteamérica (FAOSTAT, 2019). El estado de Veracruz es uno de los principales productores de papaya en el país, por lo que es de importancia conocer y atender los factores que disminuyen la productividad y la calidad en el producto. La intensificación del cultivo y el uso excesivo de agroquímicos han ocasionado que los ácaros causen daños relevantes en la producción de papaya. La familia Tetranychidae constituye el grupo más importante de ácaros plaga en el sector agrícola; causan daños al alimentarse de hojas jóvenes y del envés de las hojas; ocasionan enroscamiento de los bordes, clorosis, defoliación y daño en los frutos; además, impiden que el fruto madure adecuadamente (Ochoa *et al.*, 1991; Badii *et al.*, 2010). Los agricultores están conscientes de la problemática que representan los ácaros para sus cultivos; sin embargo, no reconocen el beneficio que algunas familias de ácaros pueden aportar como enemigos naturales de otros ácaros plaga. En investigaciones realizadas en el estado de Veracruz por Abato-Zarate *et al.* (2014), se identificó a *Tetranychus merganser* como una plaga de importancia económica. El control biológico permite la regulación de una plaga a través del uso de depredadores, parasitoides y patógenos (González y Rojas, 1966). Varios ácaros depredadores que se utilizan en la agricultura en México son importados. Abato-Zarate *et al.* (2014), determinaron tres especies de ácaros depredadores alimentándose de tetránquidos en papayo; una especie depredadora fue del género *Galendromus*. El objetivo de este estudio fue evaluar el daño que *T. merganser* ocasiona a la calidad del fruto de papayo en la zona Central Costera del estado de Veracruz, y determinar si el ácaro fitoseido *G. pilosus* tiene el potencial como agente de control biológico del ácaro plaga.



## Materiales y métodos

### Entrevista a productores de papayo

El estudio se desarrolló con una muestra de 42 productores de papayo en los municipios de La Antigua, Paso de Ovejas, Puente Nacional, Tierra Blanca, Cotaxtla, Soledad de Doblado, Tlalixcoyan, Camarón de Tejeda, Pánuco y Alto Lucero. Para calcular el universo de los productores de papayo se obtuvo una superficie cultivada aproximada de 1949 ha (SIAP, 2019), se asumió un promedio de 4.6 ha por productor, por lo que el total aproximado de productores es de 423; se obtuvo una muestra correspondiente al 10% ( $n = 42$  productores). Se empleó el método de entrevista estructurada con preguntas abiertas y cerradas, mediante un cuestionario con preguntas referentes al manejo del cultivo y la comercialización del fruto. Se determinó el porcentaje que representó cada respuesta, también se realizó una ponderación de algunas secciones de la información recabada, ya que en algunas preguntas se solicitaban cuatro respuestas con orden de importancia. Entre los productores entrevistados se encontró un informante clave que proporcionó información importante sobre la comercialización del fruto en las centrales de abasto de Veracruz y la Ciudad de México.

### Evaluación del potencial de *G. pilosus* como agente de control biológico en laboratorio

Se colectaron adultos de *G. pilosus* en el Municipio de Jamapa, Veracruz. Se estableció una colonia de ácaros depredadores, alimentados del ácaro plaga. La identificación de *G. pilosus* se hizo con las claves de Chant y McMurtry (2007). El estudio sobre la biología de *G. pilosus* se realizó a  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 10\%$  y fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad. En cada una de 60 arenas experimentales se colocó una hembra de *G. pilosus*, acompañada de uno o dos machos adultos; a las 24 h se retiraron los adultos y se dejó un huevo de fitoseido por cada arena. En cada arena se suministró como alimento diario diez huevos, diez larvas, diez ninfas y diez adultos de *T. merganser*. Se determinó el tiempo de desarrollo de cada estadio de *G. pilosus*. Además, se determinaron los siguientes parámetros asociados



a la reproducción del ácaro depredador:  $R_0$  = tasa neta reproductiva;  $T$  = tiempo generacional;  $r_m$  = tasa intrínseca de crecimiento de la población;  $D_t$  = tiempo de duplicación de la población y  $\square$  = tasa finita de crecimiento (Birch, 1948).

## Resultados y discusión

### Percepción del daño al fruto de papayo

El principal problema que afecta a los productores son los ácaros, seguido del Virus de la Mancha Anular del Papayo (PRSV-p), y como tercer problema la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). Todos los productores presentan problemas con ácaros durante el cultivo del papayo. De la misma manera, Abato-Zarate *et al.* (2011), mencionaron que 96% de los productores de la zona Centro de Veracruz presentaron infestación de ácaros en sus parcelas de papaya. Los productores reconocen que los ácaros-plaga son el principal problema que ocasiona daños en la planta y provoca pérdidas en el fruto, y a su vez afectan la calidad. Por ello, 34% de los encuestados recibe asesorías de un asesor técnico, 10% recibe asesorías privadas (sin mencionar la empresa que les brinda el servicio), 5% realizan aplicaciones con asesoría propia, y preparan las dosis de acuerdo a la etiqueta del producto; otro 5% mencionó que no recibe asesorías. A diferencia de lo reportado por Abato-Zarate *et al.* (2011), los productores si solicitan asesorías para el control de ácaros porque necesitan aplicar productos efectivos para disminuir los riesgos de pérdidas. Para los productores, los principales defectos en el fruto evitan su aceptación por los intermediarios. La deformación o carpeloidía (32.8%) es el principal defecto, seguido de antracnosis (23.75%), que provoca pérdidas en la producción y comercialización del fruto. Por ello, los papayeros consideran que es importante invertir en el control de enfermedades fúngicas durante la cosecha y poscosecha. Para Trigos *et al.* (2008), *Colletotrichum* es uno de los principales causantes del daño físico, la reducción del valor nutricional de características organolépticas, la inadecuada conservación del fruto y limita la comercialización del producto. El daño por ácaros en frutos tuvo 3.95% de menciones ponderadas; según los productores de papayo





no parece limitar su venta. El informante clave, menciona que existen distintos compradores que, a pesar de que el fruto tenga uno de los defectos antes mencionados, lo aceptan, ya que ellos clasifican a los frutos como de primera, segunda y tercera calidad, y pueden vender directamente la tercera a minoristas que detallan la fruta pelada en fresco. Al conocer la percepción de los productores de papayo respecto a las dificultades que se enfrentan, permite conocer los problemas que viven día a día, respecto al daño que ocasionan diferentes plagas.

### **Potencial de *G. pilosus* como agente de control biológico en laboratorio**

El ciclo de huevo a adulto del depredador *G. pilosus* fue de  $6.08 \pm 0.74$  días, 2.6 días menor al ciclo de la plaga *T. merganser* (Reyes-Pérez *et al.*, 2013), sometidos a las mismas condiciones. Contar con un menor tiempo de desarrollo da una ventaja competitiva al depredador respecto a la plaga en el cultivo de papayo; lo anterior representa un potencial como agente de control biológico por aumento. Pruszyński y Cone (1973), obtuvieron resultados similares para *G. occidentalis* alimentado con *T. urticae*. Sin embargo, Ganjisaffar y Perring (2017), reportaron que *G. flumenis*, alimentado con *Oligonychus pratensis* (Banks) a una temperatura de 26°C duró el doble de tiempo de huevo a adulto (12.0 días), respecto a *G. pilosus* (aquí reportado), *G. annectens* y *M. progresivus*.

*G. pilosus* alimentado de *T. merganser* tuvo una  $R_0$  de 8.89, una  $T$  de 15.72 días;  $r_m$  de 0.14;  $D_t$  de 4.99 días y  $\lambda$  de 1.14. La  $r_m$  obtenida aquí no muestra gran diferencia con la de *G. annectens* (0.18) cuando se alimentó de *T. urticae*; al alimentarse de *M. progresivus*, la  $r_m$  de este ácaro aumentó a 0.22 (Mesa *et al.*, 1988). Rioja y Vargas (2009), obtuvieron una  $r_m$  de 0.19 para *G. occidentalis* alimentado con *Oligonychus yothersi*. La  $r_m$  de *P. persimilis*, fue de 0.30, con una dieta de *T. urticae* (Moghadasí *et al.*, 2016). *G. pilosus* no había sido reportado en el cultivo de papayo, lo que indicaría una relación depredador-presa reciente que pudo limitar su preferencia por consumir a *T. merganser*. Lo anterior puede explicar el valor de  $r_m$  de *G. pilosus*, respecto a otros fitoseidos ya mencionados. De acuerdo con Helle y Sabelis (1985) proponen un valor mínimo deseable de  $r_m$  de 0.076 para que un ácaro fitoseido



pueda ser considerado como un agente de control biológico; también debe considerarse que este valor este próximo a la  $r_m$  del tetraníquido a depredar.

## Conclusiones

Los productores de papayo de la zona Central Costera de Veracruz perciben que los ácaros ocasionan el mayor daño durante el desarrollo de la planta, y reduce su rendimiento. Consideran que la antracnosis y otros hongos son el problema principal en la calidad de frutos. Bajo condiciones de laboratorio, el tiempo de desarrollo de *Galendromus pilosus* de huevo a adulto fue de  $6.08 \pm 0.74$  días. La tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) de *G. pilosus* al depredar los diferentes estadios de *T. merganser* alimentado en hojas de papayo, fue de 0.14. Esto indica que *G. pilosus* cuenta con el potencial para ser un agente de control biológico que pueda depredar a *T. merganser* en el cultivo de papayo.

## Literatura citada

- Abato-Zarate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola, C. Ávila-Reséndiz, G. Otero-Colina and E. Hernández-Castro. 2011. Simultaneous productive growth groups (SPGG): innovation on papaya mite management. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 13:397-407.
- Abato-Zarate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Ávila-Reséndiz, E. Hernández-Castro y N. Reyes-Pérez. 2014. Acarofauna associated to papaya orchards in Veracruz, México. Acta Zool. Mex. 30:595-609.
- Badii, M., J. Landeros y E. Cerna. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. Daena: Intl. J. Good Consc. 5:270-302.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journal of Animal Ecology. 17:15-26.



- Chant, D. A., and J. A. McMurtry. 2007. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, West Bloomfield. 220 p.
- FAOSTAT. 2019. Crops and livestock products. Data 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP> [Consultado en mayo 2019].
- Ganjisaffar, F., and T. M. Perring. 2017. A life table analysis to evaluate biological control of banks grass mite using the predatory mite *Galendromus flumenis* (Acari: Phytoseiidae). Syst. Appl. Acarol. 22:7-13.
- González R., H. y S. Rojas P. 1966. Estudio analítico del control biológico de plagas agrícolas en Chile. Agric. Téc. 26:33-147.
- Helle, W., and M. W. Sabelis. 1985. Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, Netherlands. 35-41 pp.
- Mesa C., N. C., A. C., Belloti., y M. C., Duque. 1988. Ciclo de vida y tasa de incremento natural de *Galendromus annectens*, *Neoseiulus idaeus* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Rev. Colomb. Entomol. 14:41-49.
- Moghadasi, M., H. Allahyari, A. Saboori and A. Zahedi G. 2016. Life table and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on rose. J. Agr. Sci. Tech. 18:1279-1288.
- Ochoa, R., H. Aguilar y C. Vargas. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada. 6a. Ed. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 251 p.
- Pruszyński, S. and W. W. Cone. 1973. Biological observations of *Typhlodromus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae) on hops. Ann. Ent. Soc. Am. 66:47-51.
- Reyes-Pérez, N., J. A. Villanueva-Jiménez, M. C. Vargas-Mendoza, H. Cabrera-Mireles y G. Otero-Colina. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. Agrociencia 47:147-157.
- Rioja, T. and R. Vargas M. 2009. Life table parameters and consumption rate of *Cydnodromus picanus* Ragusa, *Amblyseius gaminis* Chant, and *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) on avocado red mite *Oligonychus*



*yothersi* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae, Tetranychidae). Chil. J. Agric. Res. 69:160-170.

SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Estadísticas de papaya en México: Producción, superficie y rendimiento. <http://www.siap.gob.mx>. [Consultado en marzo 2019].

Trigos, A., K. Ramírez y A. Salinas. 2008. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. Rev. Mex. Micol. 28:125-129.





## PROSPECTIVA ESTRATÉGICA: METODOLOGÍA PARA ANALIZAR EL AGROECOSISTEMA CAÑA DE AZÚCAR

Antonio Villegas Vilchis<sup>375</sup>, Diego Platas Rosado<sup>375</sup>, Felipe Gallardo López<sup>375</sup> y Gustavo López Romero<sup>375</sup>

### Resumen

En un mundo globalizado, complejo y lleno de incertidumbre, como el de hoy, se hace necesario que los tomadores de decisiones conozcan y utilicen un método fundamental para construir el futuro de cualquier agroindustria: la prospectiva estratégica. Este documento presenta la metodología de la prospectiva estratégica y su aplicación en el análisis del agroecosistema de caña de azúcar con el objetivo de diseñar analizar y escoger los escenarios a futuro a los que se podría enfrentar la agroindustria de la caña de azúcar diez años adelante. La agroindustria de la caña de azúcar ha venido en decadencia en los últimos años, ante este contexto es necesario elaborar estrategias que orienten sus líneas de actuación en el futuro a corto, medio y largo plazo, y que permitan la reflexión acerca del futuro de la agroindustria de la caña de azúcar y la toma de decisiones.

**Palabras clave:** modelo prospectivo, futuro, factores de cambio, variables estratégicas

### Introducción

Hoy en día el mercado de azúcar enfrenta cambios en los patrones de consumo por cuestiones de salud “México ocupa el primer lugar mundial en consumo *per capita* de agua azucarada y por consecuencia el primer lugar en diabetes” y una creciente

---

<sup>375</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*dplatas@colpos.mx



sustitución y consolidación de otros edulcorantes como el jarabe de maíz de alta fructosa (JMRF) que es 1.5 veces más dulce que la azúcar y más barato. La industria refresquera, una de las más grandes del mundo, utiliza 3 millones de toneladas como edulcorante, que representa 50 % del consumo nacional de azúcar. Esta industria ya no desea consumir más azúcar de caña.

Los ingenios azucareros en México se caracterizan por su variabilidad en tamaño, antigüedad y tecnología con preponderancia de molinos medianos y pequeños, viejos, obsoletos e ineficientes tecnologías, lo que aumenta el costo de la producción de azúcar mexicana en comparación con países con tecnología avanzada. México es considerado como un productor de azúcar de nivel medio a bajo. Estos factores afectan negativamente a los productores de caña de azúcar y a la industria azucarera, erosionando constantemente su sostenibilidad y rentabilidad (Aguilar-Rivera, 2012).

Ante el crecimiento del sector azucarero para satisfacer la creciente demanda interna de azúcar, la competencia con otros edulcorantes calóricos y no calóricos y la importancia de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otras cosas, la seguridad alimentaria en este carbohidrato básico, el aumento de productividad ante el cambio climático y el uso eficiente de insumos naturales (agua, tierra, sol y viento, entre otros) (Aguilar Rivera, 2014).

Generalmente, la agroindustria de la caña de azúcar vive atrapada en el presente, en el día a día. La velocidad que genera el cambio en el mundo de los negocios es tal que nadie tiene tiempo suficiente sino sólo para abordar los innumerables problemas que produce su vertiginosa actividad. Sin embargo, las organizaciones triunfadoras no han sido las que se han enfrascado en la rutina y el frenesí de la cotidianidad, sino las que se han atrevido a pensar en el futuro como un factor de competitividad. La prospectiva es una metodología que enseña que no es necesario sufrir o padecer el futuro, sino que podemos construirlo. Muestra que si lo analizamos adquirimos ventajas comparativas, sencillamente porque nos estamos adelantando a tomar decisiones que otros todavía no han pensado. De esta manera es posible ganar la delantera e impedir ser sorprendidos por el futuro (Mojica, 2012).



Las empresas y compañías que se han lanzado a competir de frente con el propósito de alcanzar un crecimiento rentable y sostenido, han luchado por conseguir una ventaja competitiva, una mayor participación en el mercado y se han esforzado por diferenciarse de otras. Sin embargo, las empresas líderes del mañana, investigan y planifican ahora, con una prospectiva que les permita alcanzar el éxito, pero no luchando contra sus competidores sino creando espacios de mercados seguros listos para crecer (Chan Kim y Mauborgne, 2005).

Berger (1967), uno de los fundadores de esta disciplina, la define como “la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él”. La prospectiva parte de la premisa que el futuro aún no existe, y “se puede concebir como una realidad múltiple” (Jouvenel, 1993) y que “depende solamente de la acción del hombre” (Godet, 1991). Por tal razón, el hombre puede construir el mejor futuro posible y para ello debe tomar las decisiones correctas en el momento apropiado (Rodríguez, 2014).

En este contexto, cualquier agroindustria, cualquier organización se ve en la necesidad de elaborar estrategias que orienten sus líneas de actuación en el futuro a corto, medio y largo plazo que permitan la reflexión sobre el porvenir esta agroindustria de la caña de azúcar y la toma de decisiones.

En esta investigación se planteó hacer una prospectiva estratégica que tiene como objetivo diseñar los escenarios a los que se podría enfrentar esta agroindustria diez años adelante, analizarlos y escoger, entre estas opciones de futuro.

## **Materiales y métodos**

El análisis prospectivo de la agroindustria de la caña de azúcar en México, se da en dos etapas: la primera es la elaboración de dos documentos previos donde se acude especialmente a fuentes secundarias, siendo estos un estado del arte y un estudio de vigilancia tecnológica. La segunda son 5 talleres, que consisten en consultar de manera analítica a un grupo de personas conocedoras de la problemática y de las condiciones de la agroindustria de la caña de azúcar y en cuyas manos reposa la



decisión de elegir el mejor futuro de la agroindustria. A partir de estas dos etapas se plantean las siguientes preguntas esenciales:

1. ¿Cuáles son las variables estratégicas potenciales que van a definir la situación de la agroindustria de la caña de azúcar en el futuro?
2. ¿Qué opciones tiene la agroindustria de la caña de azúcar, en concordancia con las tendencias de la industria azucarera del futuro?
3. ¿Qué debemos hacer hoy para construir el futuro que queremos?

El método persigue combinar la medición objetiva y cuantitativa de los fenómenos con la lectura que los expertos implicados hacen de la realidad.

En la Figura 1, se muestra el modelo que se utilizó para el análisis de los agroecosistemas con caña de azúcar, este modelo es una combinación de las dos corrientes del pensamiento la escuela determinista y la escuela voluntarista, con algunas adecuaciones del Ph. D. Francisco José Mojica estas adecuaciones son la incorporación de las fuentes secundarias el estado del arte, la vigilancia tecnológica y el juego de actores que no lo tiene ninguna de las dos corrientes de pensamiento y que lo incorporo de las ciencias sociales.

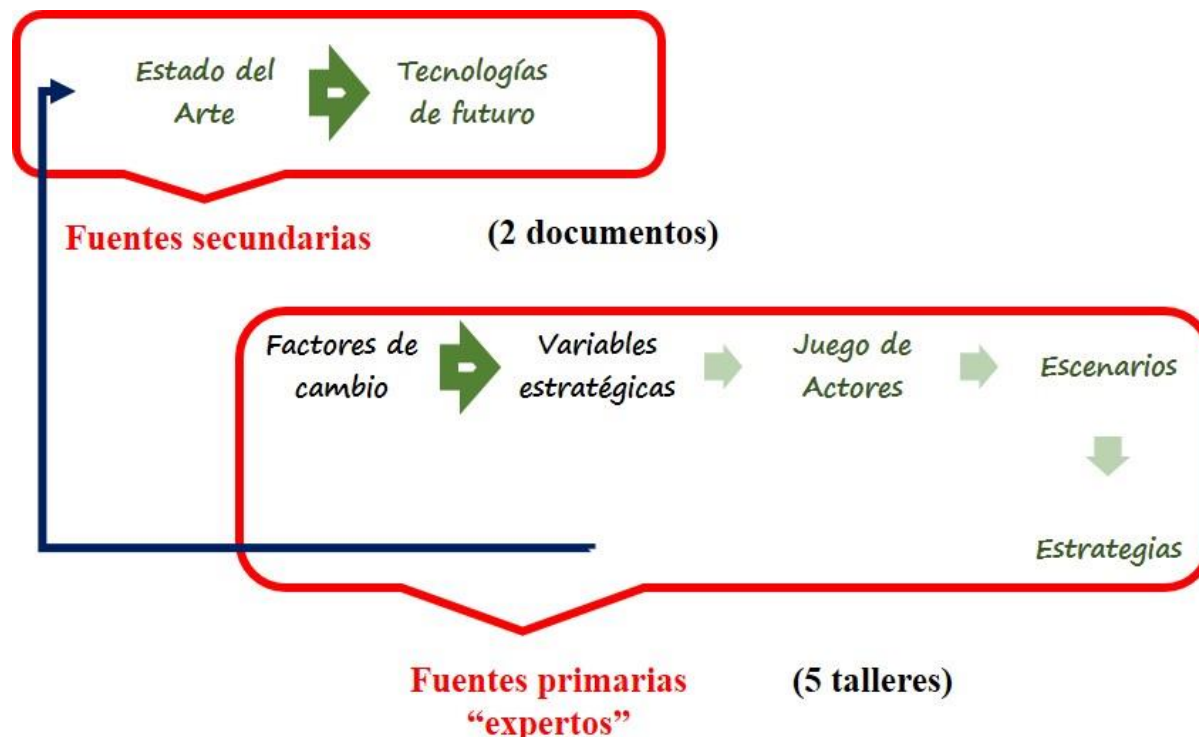


Figura 1. Modelo Prospectivo Estratégico (Mojica, 2008).





En este documento se presentan resultados preliminares de los dos primeros talleres: “factores de cambio” y “variables estratégicas”.

## Resultados y discusión

Los expertos que participaron en los talleres de este trabajo de investigación forman parte de una reconocida dependencia a nivel nacional, la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). En el Cuadro 1 se muestran los nombres de los participantes que poseen alto nivel en el conocimiento de la agroindustria de la caña de azúcar.

**Cuadro 1. Relación de expertos participantes en los talleres.**

Nº	Nombre	Función
1	Dr. Luis Ramiro García Chávez	Director General de la Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)
2	Lic. Ariel Osoyo Katcher	Director de política comercial de CONADESUCA
3	Lic. María Dolores García Maturano	Directora de administración de CONADESUCA
4	Lic. Jose Fernández Betanzos	Director de información estadística, proyecciones y comunicación de CONADESUCA
5	Lic. Fabiola Rico Morfin	Titular de la unidad Jurídica de CONADESUCA
6	Dr. Pedro Rubén Aquino Mercado	Subdirector de eficiencia productiva de CONADESUCA
7	Ing. Ángel Covarrubias Domínguez	Responsable del programa de etanol de CONADESUCA
8	Ph. D. Diego Esteban Platas Rosado	Investigador Titular del COLPOS Veracruz

### Primer Taller: “Factores de Cambio”

Los expertos conocedores de la agroindustria de la caña de azúcar con capacidad para tomar decisiones eligieron 65 factores de cambio divididos en cinco dimensiones:

Fenómenos económicos

1. Competitividad (sustitutos, calidad y precios)



2. Mercado (cadena productiva)
3. Productividad (campo y fábrica)
4. Costos de producción (campo y fábrica)
5. Diversificación (subproductos, co-productos)
6. Precios internacionales del azúcar (subproductos, co-productos)
7. Costos del transporte
8. Rentabilidad (campo)
9. Recursos financieros (rentabilidad económica)
10. Globalización
11. Subsidios (campo)
12. Bajos rendimientos (campo y fábrica)
13. Infraestructura (eficiencia de los ingenios)
14. Precio de insumos (campo)
15. Ordenamiento del campo altamente productivo
16. Presupuesto para CONADESUCA
17. Acuerdos de suspensión
18. Etiquetado nutrimental
19. Sistema de pago de materia prima
20. Competencia con otros cultivos

#### Fenómenos sociales

21. Educación (básica, media y superior)
22. Cultura
23. Bienestar social (bajos ingresos) (productor)
24. Implementación de servicios
25. Responsabilidad social (fábrica y campo)
26. Seguridad social
27. Índices de pobreza y marginación
28. Situación de cortadores
29. Equidad y género
30. Trabajo infantil
31. Migración



32. Sindicalización del campo
33. Campañas negativas sobre de azúcar de caña
- Fenómenos ambientales
34. Sustentabilidad (desarrollo sostenible)
35. Energía (cogeneración de energía)
36. Cambio climático
37. Uso de la tierra (degradación de suelos)
38. Productos orgánicos
39. Contaminación (suelo, agua y aire) (campo y fábrica)
40. Manejo del agua (campo y fábrica)
41. Buenas prácticas agrícolas
42. Agenda 2030
- Fenómenos políticos
43. Marco normativo
44. Impacto organizaciones sindicales (fábrica)
45. Políticas publicas incluyentes diferenciadas
46. Nuevo arreglo institucional
47. Impacto organizaciones cañeras (campo, cañeros libres)
48. Poder de negociación (alianzas)
49. T-MEC (exportaciones e importaciones)
50. Conflictos
51. Informalidad en las relaciones contractuales
52. Relación ejecutivo-legislativo
53. LDSCA no establece sanciones para incumplimientos
- Fenómenos tecnológicos
54. I + D + I +TT (Investigación, Desarrollo e Innovación transferencia de tecnología)
55. Conectividad (comunicaciones)(carreteras)
56. Equipamiento (fabrica, campo y mercado)
57. Automatización (fabrica y mercado)
58. Agricultura de precisión (sensores, drones)



59. Capacitación (fabrica, campo y mercado)
60. Tecnologías de la información (Internet de las cosas, Big Data)
61. Tecnologías emergentes (biotecnología, nanotecnología)
62. Plataforma de información
63. Interoperabilidad
64. Adaptabilidad de tecnologías
65. Infraestructura para investigación (campo experimental)

### **Segundo Taller: “Variables Estratégicas”**

Considerando que no todos los factores de cambio son tan relevantes los expertos seleccionaron 25 por el método de puntuación le asignaron el numero 25 al factor de cambio más importante y relevante para la agroindustria de la caña de azúcar y así sucesivamente hasta llegar al número 1, se analizó la información en una tabla en Excel y los 25 factores de cambio que más puntuación tuvieron son:

1. I + D + I +TT (Investigación, Desarrollo e Innovación transferencia de tecnología)
2. Diversificación (subproductos, co-productos)
3. Competitividad (sustitutos, calidad y precios)
4. Mercado (cadena productiva)
5. LDSCA (Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar) no establece sanciones para incumplimientos
6. Agricultura de precisión (sensores, drones)
7. Costos de producción (campo y fábrica)
8. Contaminación (suelo, agua y aire) (campo y fábrica)
9. Ordenamiento del campo altamente productivo
10. Productividad (campo y fábrica)
11. Sustentabilidad (desarrollo sostenible)
12. Tecnologías emergentes (biotecnología, nanotecnología)
13. Tecnologías de la información (Internet de las cosas, Big Data)
14. Infraestructura para investigación (campo experimental)
15. T-MEC (exportaciones e importaciones)





16. Automatización (fábrica y mercado)
17. Cambio climático
18. Políticas públicas incluyentes diferenciadas
19. Infraestructura (eficiencia de los ingenios)
20. Globalización
21. Precios internacionales del azúcar (subproductos, co-productos)
22. Etiquetado nutrimental
23. Sistema de pago de materia prima
24. Manejo del agua (campo y fábrica)
25. Marco normativo

Con estos 25 factores de cambio seleccionados por los expertos se llevó a cabo el segundo taller: variables estratégicas mediante el análisis estructural.

### **El análisis estructural (MicMac)**

El análisis estructural es una herramienta de estructuración de una reflexión colectiva. Ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos (Godet *et al.*, 1991).

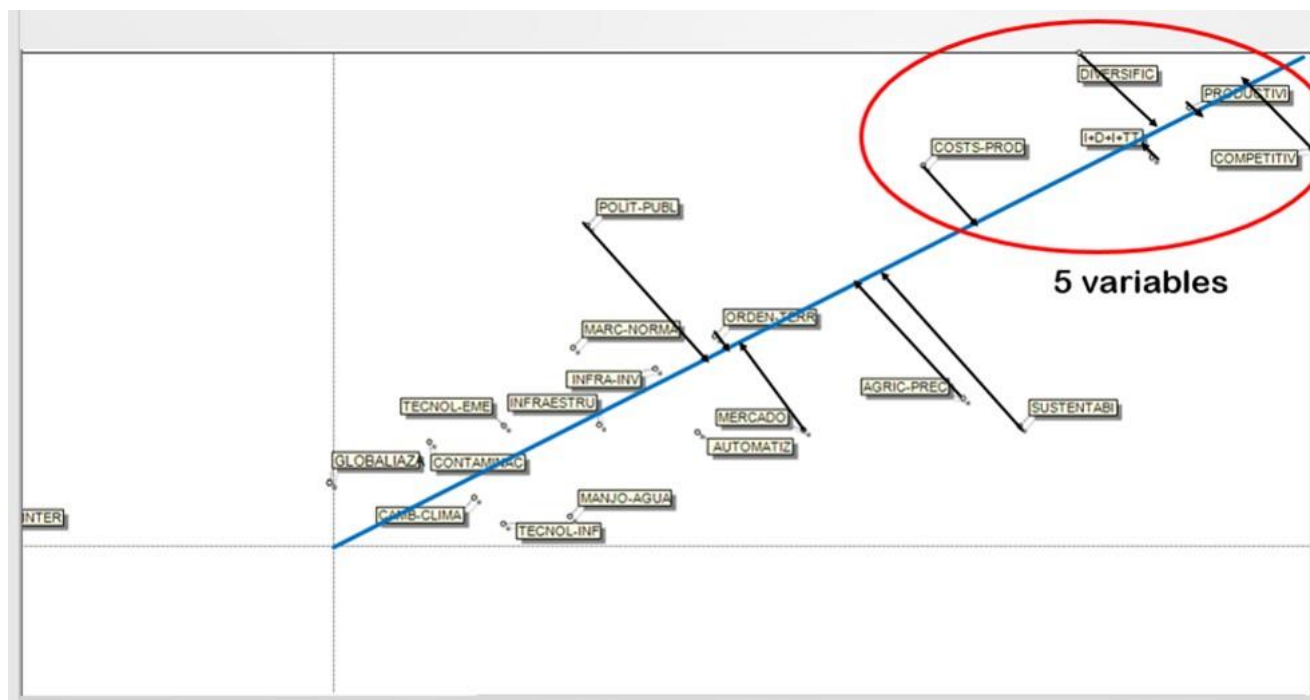
Este taller permitió priorizar los factores de cambio más relevantes y obtener su disposición dentro de un contexto donde estos elementos se articulan según sus relaciones de causalidad.

Los 25 factores de cambio colocados en la matriz relacional de doble entrada. Los expertos calificaron la influencia-dependencia de los factores de cambio con los siguientes criterios (Cuadro 2): para cada par de variables, se hacen las siguientes preguntas: ¿Existe una relación de influencia entre la variable  $i$  y la variable  $j$ ? Si no existe relación alguna se asigna un cero, si la relación es débil (1), media (2), fuerte (3).


**Cuadro 2. Matriz de calificaciones otorgadas por los expertos.**

	1 : I+D+I+TT	2 : DIVERSIFIC	3 : COMPETITIV	4 : MERCADO	5 : LDSCA-SANC	6 : AGRIC-PREC	7 : COSTS-PROD	8 : CONTAMINAC	9 : ORDEN-TERR	10 : PRODUCTIVI	11 : SUSTENTABI	12 : TECNOL-EME	13 : TECNOL-INF	14 : INFRA-INVE	15 : T-MEC	16 : AUTOMATIZA	17 : CAMB-CLIMA	18 : POLÍT-PUBL	19 : INFRAESTRU	20 : GLOBALIAZA	21 : PREC-INTER	22 : ETIQ-NUTRI	23 : SIST-PAG-M	24 : MANJO-AGUA	25 : MARC-NORMA
1 : I+D+I+TT	0	3	3	2	1	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	1	2	2	3	2
2 : DIVERSIFIC	3	0	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2
3 : COMPETITIV	3	3	0	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2
4 : MERCADO	2	2	3	0	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
5 : LDSCA-SANC	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3
6 : AGRIC-PREC	3	2	3	2	1	0	3	2	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	2
7 : COSTS-PROD	3	3	3	3	1	3	0	2	3	3	3	3	3	3	1	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2
8 : CONTAMINAC	2	2	2	2	2	2	2	0	2	3	3	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	1	1	3	2
9 : ORDEN-TERR	2	3	3	2	2	3	3	2	0	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	1	1	2	2	3
10 : PRODUCTIVI	3	3	3	3	1	3	3	2	3	0	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3
11 : SUSTENTABI	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	0	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
12 : TECNOL-EME	3	3	3	2	1	3	3	2	2	2	3	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
13 : TECNOL-INF	3	2	3	2	1	3	2	1	2	2	2	3	0	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2
14 : INFRA-INVE	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	0	2	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2
15 : T-MEC	2	2	2	3	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	0	2	1	3	2	2	3	2	2	1	3
16 : AUTOMATIZA	3	2	3	2	1	3	3	3	2	3	2	2	2	2	1	0	2	1	3	2	1	1	2	2	2
17 : CAMB-CLIMA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2	0	3	2	2	2	1	1	3	2
18 : POLÍT-PUBL	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	0	2	3	2	3	2	3	3
19 : INFRAESTRU	3	3	3	2	1	2	3	2	3	3	2	2	2	2	1	3	2	1	0	1	2	1	2	2	2
20 : GLOBALIAZA	2	3	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	0	3	2	1	1	2
21 : PREC-INTER	2	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	0	1	2	1	2
22 : ETIQ-NUTRI	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	2
23 : SIST-PAG-M	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	1	0	1	3
24 : MANJO-AGUA	3	2	2	1	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2
25 : MARC-NORMA	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	0

Con el software MicMac se identificaron las variables clave (Figura 2). En esta fase se obtienen las variables esenciales para el desarrollo del sistema, inicialmente a través de una clasificación directa, que es fácil de hacer, luego a través de una clasificación indirecta (MicMac o Matrice d' Impacts Croisés Multiplication Appliqués à un Classement). Esta clasificación indirecta se obtiene después de aumentar la potencia de la matriz. Compara la jerarquía de variables en los diferentes rankings (directo, indirecto, potencial). Este análisis confirmó cuán importantes son algunas variables, pero también reveló qué variables, dada su acción indirecta, desempeñan un papel más dominante, algo que no apareció en la clasificación directa. Los resultados mencionados anteriormente; es decir, la influencia y la dependencia de cada variable se representan sobre un plano (el eje de abscisa corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia).



**Figura 2. Identificación de variables clave.**

Dando como resultado las siguientes variables estratégicas:

1. Competitividad
2. Productividad
3. Diversificación
4. I+D+I+TT (Investigación más desarrollo más innovación más transferencia de tecnología)
5. Costos de producción

Se realizó la contextualización de las variables estratégicas mediante la sintaxis lógica (Figura 3).



**Figura 3. Sintaxis lógica.**

## Conclusiones

De acuerdo con la aplicación de la metodología para los dos primeros talleres los resultados muestran que en el primer taller se definieron 65 factores de cambio de los cuales los expertos seleccionaron 25 los más relevantes e importantes.

El segundo taller permitió priorizar los factores de cambio más relevantes y obtener su disposición dentro de un contexto donde estos elementos se articulan según sus relaciones de causalidad, con la utilización del software (MicMac), los resultados muestran que las variables estratégicas que definirán el futuro de la agroindustria de la caña de azúcar de acuerdo a la sintaxis lógica son: si se cuenta con tecnologías inteligentes, innovaciones, desarrollo, y transferencia de tecnología más si la agroindustria de la caña de azúcar diversifica sus productos, subproductos y co-productos, bajará los costos de producción, por consiguiente, tendrá un mejor mercado aumentado su productividad y siendo más competitivo a nivel nacional e internacional.





## Literatura citada

- Aguilar-Rivera, N. 2012. Paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera de México. *Convergencia* 19:187-213.
- Aguilar Rivera, N. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova Scientia* 6:125-161.
- Berger, G. 1967. *Gastón. Etapes de la prospective*. París: PUF.
- Chan Kim, W. and R. Mauborgne. 2005. *Blue ocean strategy: How to create uncontested market space and make the competition irrelevant*. Harvard Business Review Press, Boston.
- Godet, M. 1991. *De l'anticipation à l'action*. Paris: Dunod.
- Godet, M., F. colab Bourse, et al. 1991. *Problemas & Métodos de Prospectiva: Caja de herramientas*.
- Jouvenel, H. 1993. *Sur la méthod prospective: Un bref guide methodologique. Futuribles*.
- Mojica, F. J. 2008. Dos modelos de la escuela voluntarista de prospectiva estratégica. Centro de Pensamiento Estratégico y Prospectiva, Universidad Externado de Colombia. 1-11 pp.
- Mojica, J. F. 2012. *No es necesario padecer el futuro podemos construirlo*. Centro de Pensamiento Estratégico y Prospectiva de la Universidad Externado de Colombia. Bogotá Colombia.
- Rodríguez, C. M. 2014. *Pensamiento prospectivo: Visión sistémica de la construcción del futuro*. *Análisis* 46:89-104.



## CARACTERIZACIÓN SINTOMATOLÓGICA DE CEPAS DE PRSV-P INOCULADAS MECANICAMENTE EN *Carica papaya*

David Sósol Reyes<sup>376</sup>, Juan A. Villanueva Jiménez<sup>376\*</sup>, Juan C. Noa Carrazana<sup>377</sup> y Francisco Osorio Acosta<sup>376</sup>

### Resumen

El papayo (*Carica papaya*) es afectado por la enfermedad ocasionada por el Virus de la Mancha Anular del Papayo (PRSV-p). Puede producir diferentes síntomas en hojas, tallo, peciolo y frutos, al generarse cepas con distinta capacidad de virulencia. El objetivo del trabajo fue caracterizar la sintomatología producida por diferentes cepas de PRSV-p en plantaciones comerciales de papayo de la zona centro del estado de Veracruz. Se colectaron hojas con diferentes síntomas de PRSV-p en diferentes parcelas. En laboratorio, se agruparon las diferentes hojas de acuerdo con su sintomatología; esto permitió distinguir seis grupos o cepas distintas; posteriormente se confirmó su identidad al amplificar la proteína de la cápside (CP) mediante RT-PCR. En invernadero se inocularon mecánicamente plantas sanas de papayo con una muestra representativa de cada cepa. En invernadero se realizó la observación diaria de las plantas inoculadas mecánicamente y se evaluó si se replicaron los síntomas observados en campo al momento de la colecta, así como la severidad de cada cepa del virus en las temporadas Otoño-Invierno 2018 y Primavera-Verano 2019. Se pudieron identificar y caracterizar seis cepas por el grupo de síntomas y severidad mostrada a nivel invernadero, los cuales se presentan en diagramas radiales para facilitar su uso como guía de campo. La manifestación de síntomas de PRSV-p en huertas comerciales e invernadero es variable, y no se replican siempre de la misma forma al inocularlos mecánicamente en invernadero, lo cual es un indicador de la variabilidad genética del virus.

<sup>376</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*javj@colpos.mx

<sup>377</sup> Universidad Veracruzana, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada.



**Palabras clave:** diversidad de síntomas, severidad, variabilidad, virus, inoculación mecánica

## Introducción

En papayo, una de las principales limitantes de producción es la enfermedad ocasionada por el Virus de la Mancha Anular del Papayo (PRSV-p); el cual provoca daños en hojas, tallo, peciolas y frutos, con disminución en la calidad de la papaya y pérdidas de 30 a 100% de su producción, según el nivel de severidad del patógeno y la edad de las plantas infectadas (Hernández-Castro *et al.*, 2015). Actualmente, los diferentes métodos de control han logrado retrasar su incidencia y disminuir parcialmente el daño al cultivo (Hernández-Castro *et al.*, 2010). En México, la variabilidad genética del PRSV-p puede ser tan amplia como la diversidad de los nichos ecológicos en donde se cultiva papayo. La acumulación de mutaciones, el movimiento del virus y la selección natural son factores que afectan la diversidad genética de las poblaciones de virus (Fernández-Rodríguez *et al.*, 2008). La gran variabilidad genética entre cepas del virus puede ocasionar que las cepas ocasionen distintos síntomas en las plantas (Spetz *et al.*, 2003). Cabrera-Mederos *et al.* (2008) mostraron que sus aislados de PRSV-p presentaron diferencias en los síntomas producidos, e indicaron que los síntomas dependen del aislado viral. La variabilidad del PRSV-p sugiere el uso de cepas de cada región, en caso de implementar esquemas de manejo de la enfermedad que requieran alta especificidad genética (Ohshima *et al.*, 2002). Por ello, se planteó como objetivo caracterizar la sintomatología producida por diferentes cepas del PRSV-p, presentes en agroecosistemas comerciales de papayo en la zona centro del estado de Veracruz.



## Materiales y métodos

Se colectó tejido foliar con síntomas característicos del PRSV-p en parcelas de agroecosistemas comerciales de papayo en los municipios de La Antigua, Cotaxtla, Tlaxicoyan y Tierra Blanca, pertenecientes al estado de Veracruz, México. Se realizaron observaciones en al menos doscientas plantas enfermas por parcela, lo cual permitió distinguir las diferencias y similitudes entre la sintomatología que se presentaba en campo; esto permitió encontrar dos o tres grupos o cepas distintas por parcela. Cada cepa presentaba los mismos síntomas en mayor o menor severidad. Con la finalidad de observar si los síntomas observados en campo eran característicos de cada cepa y se replicaban en invernadero, se realizó la inoculación mecánica del virus a plantas sanas de papayo, con una muestra representativa de cada cepa (principio similar al de los cultivos monospóricos puros de hongos). Las muestras colectadas en campo se mantuvieron dentro de una hielera para su conservación, su transmisión mecánica y su análisis molecular. A las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad posterior a la inoculación mecánica se les realizó análisis molecular para poder establecer diferencias entre cepas. La presencia de PRSV-p se confirmó mediante RT-PCR; se utilizaron los cebadores que amplifican el gen que codifica la proteína de la cápside (CP) (Noa-Carrazana *et al.*, 2006): 3F (5´GACCATGGTCCTAGAATGAAGCTGTGGATG3´) y 11R (3´TTTTTTTTCTCTCATTCTAAGAGGCTC 5´).

Se produjeron plantas de papayo var. Maradol Roja (Semillas del Caribe®) en invernadero. La inoculación mecánica se realizó a los 3 meses de edad de las plantas. Se utilizó el tejido foliar infectado y una solución tampón fosfato de potasio 0.01 M pH 7 por cada gramo de muestra (Valderrama *et al.*, 2015).






Los síntomas producidos por el PRSV-p se describen en el Cuadro 1, junto con una nomenclatura y la descripción de cada síntoma foliar. Para observar si los síntomas que se presentaron en campo se replicaban posterior a la inoculación mecánica, se estableció una escala de severidad con los síntomas producidos en invernadero. Estos síntomas se ordenaron de acuerdo al daño que produjeron en la planta (Flores-Bautista *et al.*, 2018). Se realizaron gráficos radiales (Sigma Plot®) para






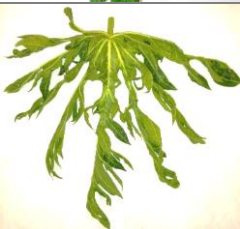



observar la sintomatología y severidad producida por cada cepa inoculada. En los gráficos se pueden comparar valores relativos respecto a un punto central inicial, el cual indica una hoja sin presencia de síntomas.

**Cuadro 1. Caracterización de síntomas producidos por el PRSV-p en plantas de papayo var. Maradol Roja de tres meses de edad, mantenidas en invernadero (Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados)**

Síntoma	Descripción	Síntoma visual en campo
Aclaramiento de nervaduras principales	Amarillamiento de las nervaduras primarias de la hoja	
Aclaramiento de nervaduras ramificadas	Amarillamiento de nervaduras secundarias de la hoja	
Mosaico liso	Zonas claras distribuidas en la superficie de la hoja	
Parches verdes	Zonas verde intenso que alternan en la superficie de la hoja	
Islas verdes	Zonas abultadas hacia la parte superficial de la hoja de color verde intenso	



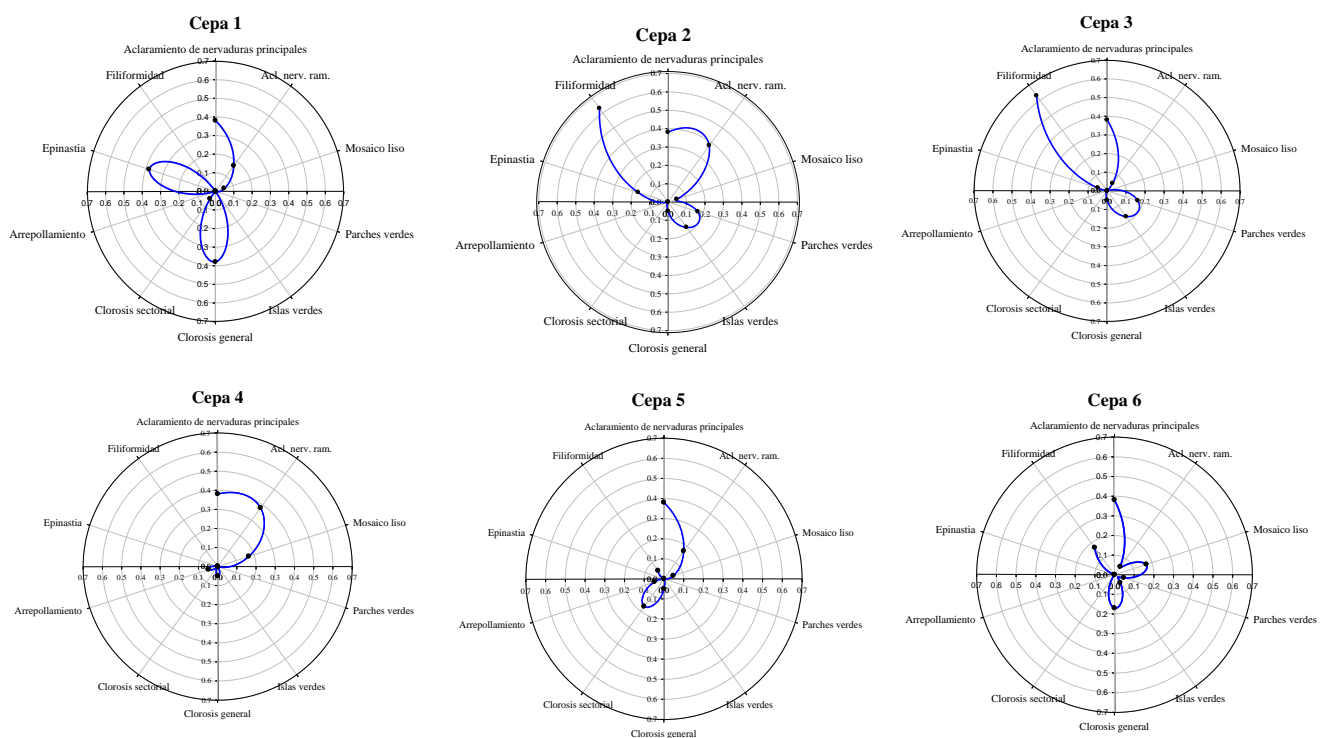
Síntoma	Descripción	Síntoma visual en campo
Clorosis general	Amarillamiento de la superficie de la lámina foliar	
Clorosis sectorial	Amarillamiento en zonas de la superficie de la hoja	
Arrepollamiento	Dedos de las hojas no desplegadas de consistencia crespada que en su conjunto dan una apariencia apretada	
Epinastia	Concavidad de los márgenes de la hoja hacia la parte superior	
Filiformidad	Reducción de la lámina foliar	

## Resultados y discusión

La presencia de PRSV-p de las seis cepas colectadas (C1Cot4, C2Ant5, C3Ant1, C4Ant14, C5TB1, C6Tla3) se confirmó mediante la observación de amplicones positivos a los 1071 pares de bases correspondiente a la cápside viral (CP) (Noa-Carrazana y Silva-Rosales, 2007). Los primeros síntomas aparecieron en las plantas a los 40 días posteriores a la inoculación mecánica; se observaron cambios en los

síntomas hasta los 60 días. En el Cuadro 1 se muestra cada síntoma del PRSV-p observado, los que coinciden con lo observado por González *et al.* (2003), quienes lograron distinguir diferencias en la sintomatología producida por cepas atenuadas y severas de PRSV-p, al inocularlas mecánicamente en distintas especies de hospederos. Las diferencias en la sintomatología observada en las plantas permitieron diferenciar cepas, tal como lo hicieron Cabrera-Mederos *et al.* (2008), quienes mencionan que cada aislado viral produce diferente rango de síntomas; lo cual se confirma en la replicación de los síntomas en las plantas inoculadas con las diferentes cepas utilizadas.

La Figura 1 muestra el comportamiento de los síntomas desarrollados en la temporada Otoño-Invierno; se observa que las cepas 4 (C4Ant14) y 5 (C5TB1) presentan una manifestación tardía respecto a las cepas 1 (C1Cot4), 2 (C2Ant5), 3 (C3Ant1) y 6 (C6Tla3); además, la severidad de los síntomas provocada por las cepas 4 (C4Ant14) y 5 (C5TB1) fue menor.



**Figura 1. Diagramas radiales de la severidad de síntomas producidos por las diferentes cepas en la temporada otoño-invierno posterior a los 55 días de la inoculación mecánica.**



En la temporada primavera-verano, se logró observar en las plantas una disminución en la severidad y atenuación de síntomas causados por las seis diferentes cepas; lo anterior posiblemente se debió al retraso de la replicación viral por el incremento de las temperaturas, mayores a 35°C; aunque las plantas inoculadas con la cepa 5 presentó mayor severidad en los primeros 60 días de esta temporada. Hull (2002), señala que el desarrollo de enfermedades virales está asociado a un rango de temperatura de 16 a 30°C. A temperaturas mayores hay baja concentración viral, lo que ocasiona la atenuación de síntomas y la aparente recuperación de la planta por la disminución o retraso de los síntomas causados por la enfermedad.

## Conclusiones

Se lograron caracterizar seis cepas por la sintomatología y severidad; los síntomas foliares dependen de cada cepa de PRSV-p y afectan de manera diferente en la temporada Otoño-Invierno que en Primavera-Verano. Los síntomas de PRSV-p se manifiestan de forma diversa en huertas comerciales e invernadero, indicador de la variabilidad genética del virus, la variación de resistencia-susceptibilidad individual de las plantas y la diversidad de nichos ecológicos donde se cultiva papayo. Probablemente hay síntomas que no sean de una misma cepa; es posible que exista mayor diversidad de síntomas y cepas presentes en las parcelas. Sin embargo, las observaciones en los sitios visitados permitieron observar por lo menos seis grupos distintos de síntomas, asociados a seis cepas.





## Literatura citada

- Cabrera-Mederos, D., M. Cruz, J. E. González, R. Hernández, y O. Portal. 2008. Diagnóstico y caracterización biológica de un aislado del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p) procedente de Cienfuegos, Cuba. *Centro Agrícola* 35:91-93.
- Fernández-Rodríguez, T., L. Rubio, O. Carballo and E. Marys. 2008. Genetic variation of papaya ringspot virus in Venezuela. *Arch. Virol.* 153:343-349.
- Flores-Bautista, R., C. Ávila-Reséndiz, J.A. Villanueva-Jiménez, C. Nava-Díaz y E.N. Becerra-Leor. 2018. Comportamiento de accesiones nativas de *Carica papaya* inoculadas con PRSV-p mediante *Aphis nerii*. *Rev. Mex. Fitopatol.* 37:147-158.
- González A, Trujillo G y Vegas A. 2003. Uso de hospedantes diferenciales para la identificación de cepas del virus de la mancha anillada de la lechosa (PRSV). *Rev. Mex. Fitopatol.* 21:67-70.
- Hernández-Castro, E., A Damián-Nava, J.A. Mora-Aguilera, J.A. Villanueva-Jiménez JA, D. Vargas-Álvarez and F. Palemón-Alberto. 2015. Incidence of the papaya ringspot virus (PRSV-p) and management in the state of Guerrero, Mexico. In: Dimitrov TS and Vitanova II. *Tropical Fruits*. Nova Science Publishers Inc.119-127 pp.
- Hernández-Castro, E., J. A. Villanueva-Jiménez, J. A. Mora-Aguilera, y C. Nava-Díaz. 2010. Barreras de maíz en una estrategia de manejo integral para controlar epidemias del virus mancha anular del papayo (PRSV-p). *Agrociencia* 44:339-349
- Hull, R. 2002. *Matthews Plant Virology*, 4th ed., Elsevier, EE. UU.
- Noa-Carrazana, J. C., and L. Silva-Rosales. 2007. Molecular characterization of a severe isolate of papaya ringspot virus in Mexico and its relationship with other isolates. *Vir. Gen.* 35:109-117.
- Noa-Carrazana, J. C., D. Gonzáles de León, B. S. Ruíz-Castro, D. Piñero, y L. Silva-Rosales. 2006. Distribution of papaya ringspot virus and papaya mosaic virus in papaya plants (*Carica papaya*) in México. *Plant Dis.* 90:1004-1011.
- Ohshima, K., Y. Yamaguchi, R. Hirota, T. Hamamoto, K. Tomimura, Z. Tan, *et al.* 2002. Molecular evolution of Turnip mosaic virus: evidence of host adaptation, genetic recombination and geographical spread. *J. Gen. Virol.* 83:1511-1521.



- Spetz, C., A. M. Taboada, S. Darwich, J. Ramsell, L. F. Salazar, and J. P. T. Valkonen. 2003. Molecular resolution of a complex of potyviruses infecting solanaceous crops at the centre of origin in Peru. *J. Gen. Virol.* 84:2565-2578.
- Valderrama, S., C. Cedano, J. Tenorio, J. Romero, y S. Carbajal. 2015. Caracterización sintomatológica y molecular del virus de la mancha anillada del papayo (PRSV) que infecta *Carica papaya* L. en el norte de Perú. *Sci. Agropec.* 6:241-246.



## AGRODIVERSIDAD EN HUERTOS FAMILIARES EN LA COMUNIDAD LA CEIBA, MUNICIPIO DE PASO DE OVEJAS, VERACRUZ

Yaneth Ortega Huesca<sup>378</sup>, Jazmín Villegas Narváez<sup>378\*</sup>, Jacel Adame García<sup>378</sup>, Félix D. Murillo Cuevas<sup>378</sup> y José Antonio Fernández Viveros<sup>378</sup>

### Resumen

Los huertos familiares representan un importante espacio social y cultural de la comunidad, por medio de las actividades de uso y manejo de la flora y fauna. El conocimiento de la identificación y usos de los recursos naturales permite a los pobladores rurales alimentarse, curarse e intercambiar y comercializar sus productos. El agroecosistema huerto familiar, donde se cultivan plantas alimenticias, medicinales y frutales, es un área de preservación *in situ* de la agrobiodiversidad inter e intra-específica de las especies cultivadas y silvestres recolectadas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la agrobiodiversidad asociada del agroecosistema huerto familiar en la comunidad de La Ceiba, Paso de Ovejas, Veracruz. Se aplicaron 53 entrevistas estructuradas para recopilar información acerca de la diversidad de plantas y su conocimiento local. Se recolectaron muestras de especies vegetales para su procesamiento, identificación y conservación en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Los datos de las entrevistas se analizaron a través de una prueba de bondad de ajuste de  $\chi^2$ . Los datos de la agrobiodiversidad se analizaron con la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de especies según los usos de las plantas. También se obtuvieron los porcentajes de familias de plantas y listados de especies de plantas con sus abundancias relativas según sus usos. La mayor abundancia de especies la registraron plantas con uso alimenticio, siendo la especie *Acanthocereus pentagonus* (cruquetas) la más abundante. Las especies de plantas aromáticas fueron las de menor abundancia, destacándose las especies *Chenopodium*

<sup>378</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván. \* jazzjvn@hotmail.com



*ambrosioides* (epazote) y *Plectranthus amboinicus* (orégano). Los frutales fueron los de mayor riqueza, diversidad y equidad en los lotes, estuvieron más equilibradas en cuanto a la abundancia y presencia de especies dentro de los huertos. Existe una importante agrobiodiversidad de especies de plantas con usos alimenticios, medicinales y aromáticos, así como especies frutales, en la comunidad La Ceiba que en conjunto representan una buena diversidad y equidad de especies.

**Palabras clave:** diversidad biológica, solares, huertos de traspatio, frutales tropicales

## Introducción

La agrobiodiversidad hace referencia a la multiplicidad de especies y a las combinaciones de cultivo y la manera en la cual estos son usados para sostener o incrementar la producción, reducir riesgo e incrementar la conservación (Gheno, 2010; Ramírez y Morales, 2019). Se atribuye entonces que la agrobiodiversidad está disponible y depende del uso adecuado del suelo y demás conocimientos ecológicos y empíricos del ser humano (Ramírez y Morales, 2019).

Desde diversas perspectivas se ha abordado en el estudio de los huertos familiares, solares o traspatios, resaltando la importancia de estos como escenario de procesos de domesticación, diversificación y producción en las zonas rurales del mundo, además de funcionar como una fuente permanente de productos con valor de uso y de cambio que complementan la dieta y los ingresos de las familias campesinas (Montagnini, 2006; González-Jácome, 2012; Lope-Alzina, 2012; Cano, 2015; Góngora-Chin *et al.*, 2016; Monroy-Martínez *et al.*, 2016). Los huertos familiares conocidos también como huerto casero, huerto mixto, patio o traspatio, representan un importante espacio social y cultural de la familia y la comunidad, por medio de las actividades de uso y manejo de la flora y fauna (Mariaca *et al.*, 2007; Salazar-Barrientos *et al.*, 2015). Este agroecosistema permite la interacción de factores económicos, sociales, tecnológicos y ecológicos (Ruiz-Rosado, 2006; Pérez *et al.*, 2012), con la característica principal de aportar alimentos (Ruiz-Rosado, 2006).





El conocimiento de la clasificación y usos de los recursos naturales permite a los pobladores de las comunidades rurales alimentarse, curarse, intercambiar productos entre y dentro de comunidades, así como obtener un ingreso extra en la comercialización de los productos, permitiéndoles así sobrevivir a presiones económicas, sociales y culturales externas (Toledo *et al.*, 2008; Salazar-Barrientos *et al.*, 2015; Salazar y Magaña, 2016). En este contexto, el sistema de huertos familiares, donde se cultivan principalmente plantas alimenticias, medicinales y frutales, es un área de preservación *in situ* de la agrobiodiversidad inter e intra-específica de las especies cultivadas y silvestres recolectadas. Por esto, es importante que los sistemas de huertos familiares y solares que aún persisten se tomen en cuenta para generar sistemas de producción más sustentables y se resguarde la diversidad biológica que existe en estos agroecosistemas. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la agrobiodiversidad asociada de los huertos familiares en la comunidad de media marginación La Ceiba, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo se llevó a cabo en la localidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. La Ceiba se encuentra ubicada entre las coordenadas 19°18'59.61" Latitud Norte y entre 96°23'00.55" Longitud Oeste. Debido a la gran variación de elevaciones que tiene, se encuentra a una altura promedio de 18 metros sobre el nivel del mar (msnm). Su clima es cálido-subhúmedo (Aw0 y Aw1) con una temperatura promedio de 25°C y precipitación pluvial media anual de 1,200 mm, con lluvias de junio a septiembre y período prolongado de sequías (Gobierno del Estado de Veracruz, 2006).



### **Aplicación de entrevista**

Se seleccionaron huertos familiares realizando un muestreo al 50% (una propiedad si y una no) del total de los huertos familiares de la localidad, lográndose visitar 53 propiedades. Se realizó una entrevista estructurada, para recopilar información acerca de la diversidad de plantas y sus usos en la comunidad La Ceiba. El cuestionario se aplicó a las personas responsables del cuidado de los huertos familiares. Las variables que se tomaron en cuenta en el cuestionario fueron las siguientes: tiempo de habitar en la propiedad, conformación del núcleo familiar, presencia de niños, presencia de hombres, presencia de mujeres, escolaridad (básica, media, alta), tenencia de la tierra, manejo del huerto, especies de árboles frutales, especies agrícolas, especies forestales, especies medicinales, aromáticas y condimentarías, control de plagas y tiempo dedicado a las labores del huerto.

### **Colecta de muestras vegetales**

Después de haber obtenido la información de la diversidad de especies de plantas que se encontraba en cada huerto familiar, se recolectaron muestras de cada especie vegetal para su procesamiento, identificación y conservación en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Se llevó a cabo el registro de cada ejemplar vegetal colectado, con los siguientes datos (nombre común o científico, coordenadas, altitud, tamaño, características botánicas y el número de muestra).

Se cortó 30 cm de la rama apical hacia el tallo de cada planta que presentara flor y/o fruto (las plantas pequeñas se colectaron con raíz). Posteriormente se colocó la muestra entre hojas de papel periódico, asegurando que las hojas estuviesen acomodadas en un sentido haz-envés, para poder observar sus estructuras por ambos lados para su identificación. Las flores y frutos se cubrieron con papel encerado para su protección debido a que en algunos casos son muy frágiles. Después en la parte superior del periódico se asignó un número a cada planta (según la secuencia de recolección) y una clave (en este caso se utilizó las iniciales del nombre completo del colector). Posteriormente el papel periódico que contenía la muestra se acomodó sobre pliegos de cartón hasta ensamblar todos los ejemplares colectados en una prensa de madera.



### **Procesamiento de muestras vegetales**

Las muestras vegetales colectadas fueron llevadas al Laboratorio de usos múltiples del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván y se acomodaron en una prensa de rejilla de madera resistente, luego se pasaron a una cámara de secado, donde se mantuvieron a una temperatura de 45°C, con un tiempo de secado diferente de acuerdo a la especie de planta, en su mayoría duraron 3 días de secado. Una vez que la planta fue secada en su totalidad, se llevó a cabo un montaje de la planta sobre una cartulina rígida blanca de 30 x 40 cm, utilizando pegamento y puntadas de hilo blanco para mantenerla sujeta. En la parte inferior derecha de la cartulina se colocó la etiqueta con los datos de la muestra colectada y por último con papel manila se hicieron camisas para guardarlas y conservarlas intactas.

### **Identificación de muestras vegetales**

Las muestras se llevaron al microscopio de disección y se observaron sus estructuras botánicas para su identificación, la cual se realizó con la ayuda de la información obtenida en campo, por medio de claves taxonómicas incluidas en los Fascículos del INECOL que contienen descripciones morfológicas, claves y nombres científicos de las especies, citas de las referencias más importantes para el género y las familias, información sobre distribución de cada taxón, especímenes examinados y algunos datos ecológicos. Adicionalmente, se buscó información sobre sus usos y aplicaciones en la Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana/Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana donde se obtuvo información sobre propiedades y usos de las muestras colectadas.

### **Análisis de datos**

Los datos de la encuesta se analizaron a través de una prueba de bondad de ajuste de  $\chi^2$ , utilizando un análisis de frecuencia y obteniendo los porcentajes observados. Los datos de la agrobiodiversidad se analizaron con: 1) la Abundancia de especies, con el número de individuos por especie, 2) la Riqueza de especies, con el número de especies, 3) la Diversidad de especies, con el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y 4) con la Equidad de especies, con el índice de Pielou ( $J'$ ), según los



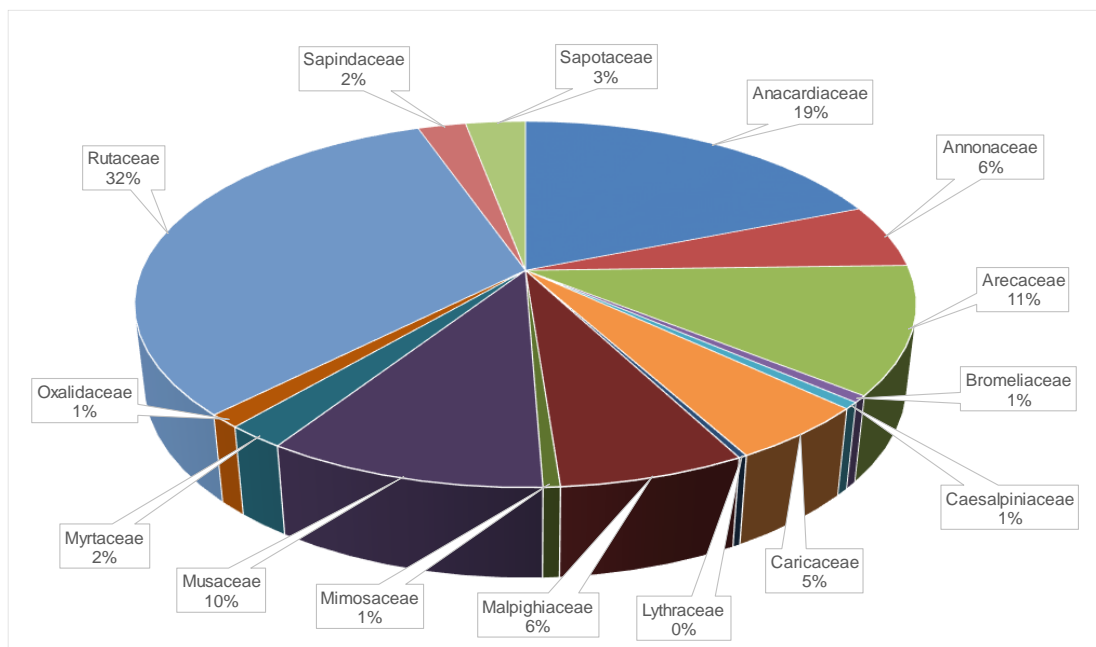
usos de las especies de plantas. Estos análisis se realizaron con el programa *EstimateS* versión 8.2.0. También se obtuvieron los porcentajes de familias de plantas y listados de especies de plantas con sus abundancias relativas según sus usos.

## Resultados y discusión

La Comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz presenta dos tenencias de propiedad, como pequeña propiedad y como ejidal. La mayor cantidad de lotes de la comunidad son pequeñas propiedades (83.6%), siendo significativamente mayor este tipo de tenencia de la propiedad ( $\chi^2=27.56$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.0007$ ). El cuidado, mantenimiento y ordenamiento de la propiedad está fuertemente influenciado por la participación de la mujer, las cuales representan el mayor porcentaje en la población (42.9%), siendo significativamente mayor al porcentaje de hombres (36.0%) y niños (21.1%) en la población ( $\chi^2=19.52$ ,  $gl=2$ ,  $p=0.0007$ ). La mayoría de la población tiene entre 21 y 40 años de habitar en su propiedad, y muy pocos con menos de 10 o más de 70 años, registrándose diferencias significativas ( $\chi^2=17.40$ ,  $gl=8$ ,  $p=0.026$ ) entre estos estratos de tiempo de habitar la propiedad. Esto nos indica que la mayoría de los propietarios ha tenido un buen tiempo para manejar, cuidar y aprovechar sus terrenos, mantener o cambiar la estructura vegetal de sus lotes a conveniencia propia. En cuanto a la escolaridad de la población de la comunidad La Ceiba, los mayores porcentajes fueron los de escolaridad básica (47%) y sin escolaridad (29.5%), mientras que los menores porcentajes fueron con estudios universitarios (8.2%) y escolaridad media (4.9%) y media superior (9.8%). Estas diferencias significativas ( $\chi^2=40.23$ ,  $gl=4$ ,  $p=0.0007$ ) reflejan aún el rezago educativo que presentan este tipo de comunidades; sin embargo, esto no ha sido ningún impedimento para mantener en buen estado sus lotes y beneficiarse del uso y conocimiento de la diversidad vegetal que mantienen en sus terrenos. La mayoría de los lotes son cuidados y mantenidos en buenas condiciones a través de un mantenimiento diario (72.1% de los lotes) y solo



un porcentaje significativamente menor realiza el mantenimiento cada 3 días (14.8%) o no realiza ningún mantenimiento (13.1%) ( $\chi^2=41.34$ ,  $gl=2$ ,  $p=0.0001$ ). La gran mayoría de los terrenos no requiere de mantenimientos con insumos sofisticados o productos sintéticos, las condiciones naturales y diversidad vegetal que predomina en estos lotes ayudan a evitar problemas de plagas o enfermedades en las plantas, además el cuidado tradicional o cultural que se hace de las plantas en los terrenos, contribuye en mantener el buen estado de salud de estas. De tal forma que el control de plagas en los lotes no es tan común, su realización es tan frecuente como el no realizarlo, ya que solo el 49.2% de los propietarios lo realizan y el 50.8% no lo realizan, no existiendo diferencias significativas entre ellos ( $\chi^2=0.016$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.898$ ). Se identificaron un total de 15 Familias de plantas en las 53 propiedades muestreadas, con una mayor abundancia de la Familia Rutaceae (32.2%) y Anacardiaceae (18.9%) (Figura 1), que en conjunto representaron más de 50% de las Familias identificadas. La Familia Arecaceae tuvo también un porcentaje importante (11.2%). Las Familias de menor abundancia, con menos de 1% fueron: Bromeliaceae, Caesalpiniaceae y Lythraceae (Figura 1).



**Figura 1. Porcentaje de Familias de plantas identificadas en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**



La abundancia y diversidad de representantes de las Familias identificadas estuvo en relación con los usos que se les da a las especies, por conveniencia, costumbre y tradición de los pobladores. De tal forma que la mayor abundancia se registró para plantas alimenticias (642 individuos), pero con pocas especies (12 especies) y la mayor riqueza, diversidad y equidad se registró para frutales (40 especies, 3.06 índice de Shannon y 0.83 equidad) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Abundancia, riqueza, diversidad y equidad de especies de plantas por usos identificados en 53 propiedades en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**

Usos	Abundancia	Riqueza de especies	Diversidad (H')	Equidad (J')
Frutales	338	40	3.06	0.83
Medicinales	376	33	1.98	0.57
Alimenticios	642	12	1.58	0.64
Aromáticas	86	5	1.36	0.74
Total	1442	90	3.23	0.72

La mayor abundancia de especies la registraron plantas con uso alimenticio, siendo la especie *Acanthocereus pentagonus* (crucetas) la más abundante y aprovechada en la comunidad la Ceiba, seguido de *Piper auritum* (acuyo), *Persea americana* (aguacate), *Capsicum annuum* (chile) y *Nopalea cochenillifera* (nopal) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Abundancia de especies de plantas con uso alimenticio en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Cactaceae	<i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Hummelinck	Cruceta	274
Piperaceae	<i>Piper auritum</i> Kunth	Acuyo	195
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill	Aguacate	42
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> Linneo	Chile chiltepín	36
	<i>Capsicum annuum</i> Linneo	Chile guajillo	25
Cactaceae	<i>Nopalea cochenillifera</i> Linneo	Nopal	23
Asparagaceae	<i>Yucca periculosa</i> Baker	Flor de izote	22
Solanaceae	<i>Capsicum chinense</i> Jarquín	Chile habanero	20
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> Lamarck	Guaje	2
Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> Linneo	Malanga	1
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> Linneo	Calabaza	1
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i> Linneo	Tomate ojo de venado	1



Esto indica que a pesar de que hay una diversidad de especies de plantas alimenticias, los hábitos y costumbres determinan el interés por ciertas especies alimenticias. Las plantas medicinales fueron en segundo lugar las más abundantes, pero su abundancia estuvo dada principalmente por cinco especies, la más abundante fue *Tagetes erecta* (flor de muerto) con 200 plantas, seguida por las especies *Aloe vera* (sábila), *Mentha spicata* (hierba buena), *Heterotheca inuloides* (árnica) y *Ocimum basilicum* (albahaca) con 30, 28, 26 y 20 plantas respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Abundancia de especies de plantas con uso medicinal en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> Linneo	Flor de muerto	200
Asparagaceae	<i>Aloe vera</i> (L.) Burman	Sábila	30
Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i> Linneo	Hierba buena	28
Asteraceae	<i>Heterotheca inuloides</i> Cassini	Árnica	26
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i> Linneo	Albahaca	20
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lamarck	Moringa	8
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Buganvilia morada	6
Acanthaceae	<i>Justicia spicigera</i> Schlechtendal	Hierba virgen	5
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit	Hierba del burro	5
Loranthaceae	<i>Struthanthus densiflorus</i> Martius	Seca palo	5
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i> Linneo	Ruda	5
Costaceae	<i>Costus spicatus</i> Jarquín	Caña agria	4
Fabaceae	<i>Crotalaria incana</i> Linneo	Miones	4
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> Linneo	Escobilla	3
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> Linneo	Diente de león	2
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> Linneo	Sauco	2
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cavanilles	Manzanita	2
	<i>Azadirachta indica</i> Jussieu	Neem	2
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> Linneo	Piocha	2
	<i>Cedrela odorata</i> Linneo	Cedro	2
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> Linneo	Hierba del sapo	1
Asteraceae	<i>Eupatorium conyzoides</i> Vahl	Stevia	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> Linneo	Palo mulato	1
Compositae	<i>Artemisia mexicana</i> Nuttall	Estafiate	1
Crassulaceae	<i>Bryophyllum daigremontianum</i> Hamet & Perrier	Mala madre	1
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> Linneo	Uña de gato	1
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf	Zacate limón	1
Rubiaceae	<i>Randia monantha</i> Benth	Crucetillo	1
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> Martens & Galeotti	Hierba mora	1
Solanaceae	<i>Cestrum lanatum</i> . Martens & Galeotti	Chacuaco	1



Las especies frutales fueron las de mayor riqueza, diversidad y equidad en los lotes, estuvieron más equilibradas en cuanto a la abundancia y presencia de especies dentro de los huertos, las especies *Citrus aurantifolia* (limón criollo), *Cocos nucifera* (coco), *Citrus sinencis* (naranja de jugo), *Byrsonima crassifolia* (nanche), *Mangifera indica* (mango Manila) y *Musa paradisiaca* (plátano Roatán), fueron las de mayor abundancia con más de 20 individuos. Hubo familias de frutales que presentaron diversidad de especies o variedades dentro de un mismo género o especie de planta, por ejemplo, la familia Rutaceae, género *Citrus* con 12 especies de plantas de cítricos, la familia Anacardiaceae, especie *Mangifera indica* con 10 variedades de mango, y la familia Musaceae, especie *Musa paradisiaca* con cuatro variedades de plátanos (Cuadro 4). Esta información permite conocer la importancia de las especies frutales en los huertos familiares de la comunidad La Ceiba, su importancia radica en que estas especies son una fuente de alimento para autoconsumo, así como una fuente de ingresos al vender la fruta, además muchos de estos frutales son apreciados por su fronda al ser árboles de gran porte y proporcionar sombra y un ambiente fresco en los terrenos, por otro lado, los frutos de estas especies sirven como alimento complementario de los animales de crianza tales como pollos, patos, cerdos, borregos y hasta vacas.

Los cítricos y los mangos son los frutales más comunes en los terrenos, así como la guanábana, zapotes, guayabas, plátanos y algunas ciruelas. La abundancia y diversidad de las especies frutales es propia de la región tropical y de la zona centro costera de Veracruz, donde el clima y los suelos son propicios para una gran diversidad de especies frutales, lo que hace propicio el establecimiento, mantenimiento y producción de los frutales tropicales. Muchas especies de frutales en los huertos familiares son fuentes o reservorios de plagas y sus enemigos naturales, los cuales pueden pasar de estos pocos arboles a huertos comerciales presentes en la región, ya que muchas especies que se mantienen en los huertos familiares son especies de importancia comercial, las cuales se cultivan también en grandes huertos ubicados en la región de estudio, de tal manera que estos grupos de árboles frutales en los huertos familiares pueden jugar un papel importante en





la transmisión de plagas a huertos comerciales o ser reservorios de enemigos naturales de las plagas.

**Cuadro 4. Abundancia de especies de plantas frutales en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	Limón criollo	39
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> Linneo	Coco	38
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Naranja de jugo	38
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Linneo	Nanche	22
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> Linneo	Mango manila	21
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> Linneo	Plátano Roatán	21
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> Linneo	Guanábana	19
Rosaceae	<i>Prunus</i> sp. Linneo	Ciruelo amarillo	18
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> Linneo	Papaya	17
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	11
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> Linneo	Zapote chico	10
Rutaceae	<i>Citrus latifolia</i> Linneo	Limón persa	9
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> Linneo	Ciruela roja	8
Musaceae	<i>Musa orinoco</i> Linneo	Plátano bolsa	8
Sapindaceae	<i>Litchi chinensis</i> Soon	Lichi	8
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> Linneo	Guayaba	7
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> Linneo	Mango criollo	4
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> Linneo	Carambola	4
		Mango platanillo	3
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> Linneo	Mango ken	2
		Mango piña	2
		Mango tocotín	2
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> Linneo	Piña	2
Caesalpiniaceae	<i>Tamarindus indica</i> Linneo	Tamarindo	2
Mimosaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schltl	Chinicuil	2
Musaceae	<i>Musa balbisiana</i> Colla	Plátano macho	2
	<i>Musa paradisiaca</i> Linneo	Plátano manzano	2
	<i>Citrus aurantium</i> Linneo	Naranja cucha	2
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i> Lour	Mandarina reyna	2
	<i>Citrus paradisi</i> Macfad	Pomela	2
	<i>Citrus karna</i> Raf.	Limón mandarina	2
		Mango tomy	1
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> Linneo	Mango oro	1
		Mango china	1
		Mango bola	1



Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> Linneo	Granada	1
	<i>Citrus tangerina</i> Tanaka	Tangerina	1
	<i>Citrus unshiu</i> Marc.	Naranja marta	1
Rutaceae	<i>Citrus meyeri</i> Yu.Tanaka	Limón canario	1
	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Naranja de ombligo	1

Las especies de plantas aromáticas fueron las de menor abundancia, destacándose las especies *Chenopodium ambrosioides* (epazote) y *Plectranthus amboinicus* (orégano) (Cuadro 5), utilizadas principalmente para dar olor y sabor a los alimentos, también la pimienta negra y el cilantro espinudo son muy comunes en los terrenos o lotes de la comunidad La Ceiba. Estas especies son importantes porque se usan de forma tradicional y se mantiene su uso en la cultura y tradición gastronómica. Así mismo, son especies apreciadas por sus aportes al olor y sabor de los alimentos, de tal forma que también son especies que se venden ya que son muy buscadas para la preparación de alimentos.

#### **Cuadro 5. Abundancia de especies de plantas aromáticas en la comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Amaranthaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i> Linneo	Epazote	31
Lamiaceae	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng	Orégano	28
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> Linneo	Pimienta negra	14
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i> Linneo	Cilantro espinudo	12
Lauraceae	<i>Cinnamomun verum</i> J. Presl	Canela	1

Los huertos familiares, como sistemas productivos tradicionales, representan uno de los espacios más importantes en la transmisión y generación de conocimientos (Cano, 2015). Varios autores desde diversas perspectivas han abordado el estudio de los huertos familiares, solares o traspatios (Lope-Alzina, 2012; Cano, 2015; Montagnini 2006; Salazar y Magaña, 2016; Gómez-Luna *et al.*, 2017). Los trabajos al respecto coinciden en resaltar su importancia como escenario de procesos de domesticación, diversificación y producción en las zonas rurales del mundo, además de funcionar como una fuente permanente de productos con valor de uso y de cambio que complementan la dieta y los ingresos de las familias campesinas



(González-Jácome, 2012; Lope-Alzina, 2012; Mariaca, 2012; Vázquez- Dávila y Lope-Alzina, 2012; Salazar-Barrientos *et al.*, 2015; Góngora-Chin *et al.*, 2016; Monroy-Martínez *et al.*, 2016).

Las unidades domésticas que habitan en la comunidad La Ceiba se encuentran conformadas por una estructura familiar compleja (padre, madre, hijos y parientes), la cual permite la cooperación entre sus integrantes, ya que las actividades económicas, el valor del capital social y los roles de género son factores determinantes en dicha estructura, más que el parentesco, como menciona Madera (2000). Es en estas relaciones de parentesco entre los actores donde los aspectos sociales como edad, género y escolaridad condicionan el acceso a los recursos naturales, ya que normalmente los jefes de familia laboran ya sea como asalariados en la localidad o fuera de ella o desarrollan actividades agrícolas. Generalmente las madres, y en menor proporción los hijos, son quienes realizan el cuidado del huerto familiar. Nuestros resultados de las especies vegetales en la comunidad la Ceiba, es mayor al compararlo con estudios realizados por Rebollar *et al.* (2008), quienes reportan 43 especies vegetales que se aprovechan en los huertos de la comunidad de Chanchah-Veracruz; Reyes y Álvarez (2015), quienes reportan 75 especies de plantas en la localidad de Bandera de Juárez, Veracruz y Góngora-Chin *et al.* (2016) que reporta 88 especies en Chemblas y Los Laureles, Campeche, estos resultados inferiores a los encontrados en el presente estudio, que fue de 90 especies de plantas (riqueza de especies), indica que la comunidad la Ceiba tienen un riqueza de plantas considerablemente buena que permite definir las estrategias de vida, relacionadas con la subsistencia de la unidad familiar, que incluye tanto las actividades económicas de sus integrantes, como la producción y disponibilidad de alimentos, garantizando así el recurso como una estrategia de conservación.

## Conclusiones

La comunidad La Ceiba, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, está conformada principalmente por pequeñas propiedades (lotes) donde las mujeres tienen un



papel importante en el mantenimiento de la agrobiodiversidad de especies de plantas, esto a través de conocimientos, insumos y herramientas tradicionales y culturales.

Existe una importante agrobiodiversidad de especies de plantas con usos alimenticios, medicinales y aromáticos, así como especies frutales, en la comunidad La Ceiba que en conjunto representan una buena diversidad y equidad de especies. Los frutales fueron los que contribuyeron más a la diversidad y equidad de especies, ya que en los huertos familiares de la comunidad La Ceiba existe una gran diversidad de especies de cítricos y variedades de mango y plátano. Las especies de uso alimenticio y medicinales contribuyeron en la abundancia de las plantas, ya que las especies como las crucetas y el acuyo son abundantes, fáciles de cultivar y se consumen en la alimentación de la comunidad; por otro lado, la planta llamada flor de muerto es una especie de fácil producción y propagación, es muy abundante y se usa para remedios caseros y se vende también en la época de todos santos, lo que la hace una especie apreciada y cultivada en la comunidad La Ceiba.

## **Agradecimientos**

Al Tecnológico Nacional de México por registrar el proyecto Institucional “Agrobiodiversidad de los huertos de traspatio en comunidades de alta y media marginación en la zona golfo-centro de Veracruz” con clave URG-PYR-2018-008 y al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván institución de la cual egresó la Tesista de Licenciatura en Biología autora del trabajo.

## **Literatura citada**

Cano, C. E. J. 2015. Huertos familiares: un camino hacia la soberanía alimentaria. Pueblos y Fronteras. Vol.10 (20):70-91.





- Gheno, Y. 2010. La etnobiología y la agrobiodiversidad como herramienta para la conservación y el manejo de los recursos naturales: un caso de estudio en la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales "Nahuatlxihiuitl" de Ixhuatlancillo, Veracruz, México (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Edo. Mex.
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2006. Enciclopedia de los municipios de México: Estado de Veracruz: Paso de Ovejas. <http://www.e-mexico.gob.mx/work/EMM04/Veracruz/mpios/30126a.htm>. [Consultado el 16 de agosto de 2018].
- Gómez-Luna, R. E., G. I. Manzanero-Medina, M. A. Vásquez-Dávila. 2017. Floristic and social aspects in zapotec orchards in Lachatao, Northern Sierra of Oaxaca, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 4(4):1-15.
- Góngora-Chin, R. E., S. Flores-Guido, M. del R. Ruenes-Morales, W. del J. Aguilar-Cordero y J. E. García-López. 2016. Uso tradicional de la flora y fauna en los huertos familiares mayas en el municipio de Campeche, Campeche, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(9):379-389.
- González-Jácome, A. 2012. Del huerto a los jardines y vecindades: procesos de cambio en un agroecosistema de origen antiguo. p. 487-521. *In*: Mariaca M. R. (ed.), *El huerto familiar del sureste de México*, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco/ecosur, México.
- Lope-Alzina, D. 2012. Avances y vacíos en la investigación en huertos familiares en la Península de Yucatán. p. 98-110. *In*: Mariaca, M. R. (ed.), *El huerto familiar del sureste de México*, México, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco/Ecosur. 98-110 pp.
- Madera, J. 2000. Organización y características sociodemográficas de las unidades domésticas de producción campesina. *Papeles de Población* 26:151-177.
- Mariaca M., R. González-Jácome A. y T. Lerner, M. 2007. El huerto familiar en México; Avances y propuestas. p. 119-138. *In*: López O. J. F., A. Aragón G. y A. M. Tapia R. (eds.), *Avances en agroecología y ambiente*, vol. I, México, Universidad Autónoma de Puebla.



- Montagnini, F. 2006. Homegardens of Mesoamerica: biodiversity, food security and nutrient Management. *In*: Mohan K. B. y P. K. Ramachandran N. (eds.), Tropical homegardens: a time-tested example of sustainable agroforestry, Holanda, Springer. 61-86 pp.
- Monroy-Martínez, R., A. Ponce-Díaz, H. Colín-Bahena, C. Monroy-Ortiz y A. García-Flores. 2016. Los huertos familiares tradicionales soporte de seguridad alimentaria en comunidades campesinas del estado de Morelos, México. *Ambiente y Sostenibilidad* (6):33-43.
- Pérez, R. I., H. Van der Wal, I. M. Ishiki. 2012. Plantas en recipientes en los huertos familiares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 143 p.
- Ramírez, M. D. C. y V. Morales G. 2019. CAPÍTULO 1 Agrodiversidad y manejo del huerto familiar en los moyos, sabanilla, Chiapas. p. 10-44. *In*: Coordinadores: Morales V. G., J. Padilla V. y M. A. Vásquez D. Memoria Biocultural de la Selva. 1ª. Edición. Villahermosa Tabasco México. Universidad Intercultural del Estado de Tabasco. 162 p.
- Rebollar, S., V. J. Santos, N. A. Tapia y C. Pérez. 2008. Huertos familiares, una experiencia en Chanchah Veracruz, Quintana Roo. México. *Polibotánica* 25:135-154.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. p. 27-35. *In*: López, B. O., S. I. G. Ramírez, B. G. Moreno, G. A. E. Alvarado (Eds). Agroecología y agricultura orgánica en el trópico. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Universidad Autónoma de Chiapas. Tunja, Boyacá, Colombia.
- Reyes, B. A. y Á. M. del C. Álvarez. 2015. Agrobiodiversidad y manejo del huerto familiar: su contribución a la seguridad alimentaria, en una localidad de Veracruz, México. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. La Plata, Argentina. pp. 1-5. ISBN 978-950-34-1265-7.
- Salazar, B. L. de L. y M. L. A. Magaña. 2016. Aportación de la milpa y traspatio a la autosuficiencia alimentaria en comunidades mayas de Yucatán. *Estudios Sociales* 47(24):183-203.



- Salazar-Barrientos, L. de L., M. A. Magaña-Magaña y L. Latournerie-Moreno. 2015. Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspatio en una comunidad rural de Yucatán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 12 (1):1-14.
- Toledo, V. M., N. B. Barrera y, A. P. E. García. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia* 33:345-352.
- Vázquez-Dávila, M. A. y Lope-Alzina, D. G. 2012. Redefiniendo los huertos familiares. *In: Vázquez-Dávila, M. A. y Lope-Alzina, D. G. (eds.). Aves y huertos de México, Oaxaca, Conacyt/Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural.* 132-133 pp.



## DIVERSIDAD VEGETAL DEL AGROECOSISTEMA CAFÉ EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE PLAN DE LAS HAYAS, VERACRUZ

Arturo Pedraza García<sup>379</sup>, Jacel Adame García<sup>379\*</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>379</sup>, Jazmín Villegas Narváez<sup>379</sup> y Verónica Lango Reynoso<sup>380</sup>

### Resumen

En México, los bosques mesófilos de montaña (BMM) son el tipo de vegetación más diverso, sin embargo, la pérdida de cobertura, hábitat y funciones amenazan su conservación por lo que su protección es prioritaria. El objetivo de este trabajo fue evaluar la abundancia, riqueza y diversidad asociadas al agroecosistema café con producción tradicional en Plan de las Hayas, Veracruz y conocer su para fomentar la conservación de la diversidad vegetal en una comunidad cercana al BMM, en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz. Se trata de una parcela con una superficie de cinco hectáreas perteneciente a la región V de los bosques mesófilos de montaña de la Sierra de Chiconquiaco caracterizada por su gran diversidad vegetal en un contexto topográfico con relieves pronunciados. Para determinar los índices ecológicos del área se dividió el total de la parcela en tres lotes con un diseño de diez transectos lineales de barrido de 100 x 20 m, donde se cuantificaron las especies establecidas en la parcela por el productor con fines alimenticio, ornamental, medicinal, forrajero y maderable; para determinar la riqueza de especies de la parcela se aplicó el Índice de Diversidad Alfa, en tanto que el número de especies por muestreo se determinó mediante el Índice de Riqueza de Especies y finalmente los indicativos de baja y alta diversidad se obtuvieron a través del Índice de Diversidad de Margaleff. El lote uno presentó mayor abundancia de organismos en comparación con los lotes dos y tres, representando el mayor índice de riqueza,

<sup>379</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván, \*jadameg@gmail.com

<sup>380</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*jadameg@gmail.com





en tanto que el índice de diversidad demostró que los tres lotes son similares con una diversidad homogénea, existiendo un equilibrio ecológico en la parcela.

**Palabras clave:** índices ecológicos, especies vegetales, uso de vegetación

## Introducción

Actualmente se desconoce el estado de conservación de los bosques mesófilos de montaña (BMM) de México. El territorio del estado de Veracruz está cubierto en 11% por este tipo de vegetación, relacionado con las principales zonas cafetaleras del país; por ello, es importante caracterizar la diversidad vegetal asociada a los agroecosistemas de café cultivado de manera tradicional ubicados en la zona centro del estado de Veracruz, ya que existe poca evidencia científica sobre la contribución de este sistema a la conservación del ambiente.

Los sistemas agroforestales de café brindan más servicios ecosistémicos al BMM que los sistemas de café a pleno sol, estos sistemas se componen de toldos de sombra productivos y diversificados, además de prácticas de cultivo con intensidad media, a fin de garantizar la provisión continua de múltiples servicios ecosistémicos (Cerdeira *et al.*, 2017).

En la actualidad se cuenta con poca información sobre la dinámica ecológica e impacto en los agroecosistemas ocasionados por la cafeticultura, por lo que se necesitan estudios *in situ* en las regiones de origen de los cultivos para detallar cómo la selección humana en las plantas cultivadas configura la dinámica de evolución ecológica de las interacciones. Estudios demuestran que se puede atribuir a los agroecosistemas tecnificados la pérdida de las plantas silvestres durante la domesticación, debido a que las plantas de cultivo han estado sujetas a los gustos selectivos de innumerables personas en diferentes regiones geográficas, por lo que la diversidad genética podría haberse perdido en cualquier punto del camino (Chen, Ruiz-Arocho, y von Wettberg, 2018). Así mismo, se considera importante estudiar la diversidad florística porque permite identificar estrategias



similares para enfrentar necesidades comunes en ambientes naturales y sociales similares, aun cuando existan diferencias culturales en las comunidades (Pulido-Salas *et al.*, 2017).

De acuerdo con algunos estudios realizados sobre la biodiversidad veracruzana, se considera entre las más altas del país, junto con Chiapas y Oaxaca, no sólo de especies, sino también por la gran diversidad de ecosistemas, ya que se sitúa dentro de la zona de transición entre las regiones Neártica-Neotropical del continente americano. En el estado de Veracruz se encuentra uno de los tipos de vegetación más ricos y complejos en diversidad de especies, el bosque tropical perennifolio o también llamado bosque mesófilo de montaña, considerado entre los hábitats con mayor variedad biológica del país (Rodríguez-Macedo *et al.*, 2014).

Gómez-Pompa en 1966, mencionó que pesar de este panorama, con respecto a la fragmentación de los bosques mesófilos por actividades antropogénicas, aún existen zonas en la entidad donde se mantienen ambientes con vegetación nativa relativamente conservados, particularmente en la Sierra de Chiconquiaco donde se desarrollan actividades agrícolas diversas como el cultivo de varios productos entre los que destacan el café, el camedor, el cachichin y algunos frutales como el plátano y diversas variedades de naranja (Rodríguez-Macedo *et al.*, 2014).

Las características del hábitat en los agroecosistemas tradicionales son muy dinámicas al integrarse el efecto cultural del manejo humano con los factores ambientales a través de diversos cultivos bajo actividades sustentables, el componente arbóreo en algunos sistemas agroforestales es el más determinante debido a su efecto en las condiciones de luz, temperatura, humedad, nutrientes y microorganismos del suelo, los períodos de sequía y de lluvias, así como por las interacciones con otros organismos (bacterias, hongos, plantas y animales), por ello, las especies arbóreas se consideran como especies nodrizas (Hipólito-Romero *et al.*, 2017).

A través de la presente investigación se pretende evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de especies arbóreas asociados al sistema de producción de café tradicional en Plan de las Hayas, Veracruz y conocer sus usos como un medio de



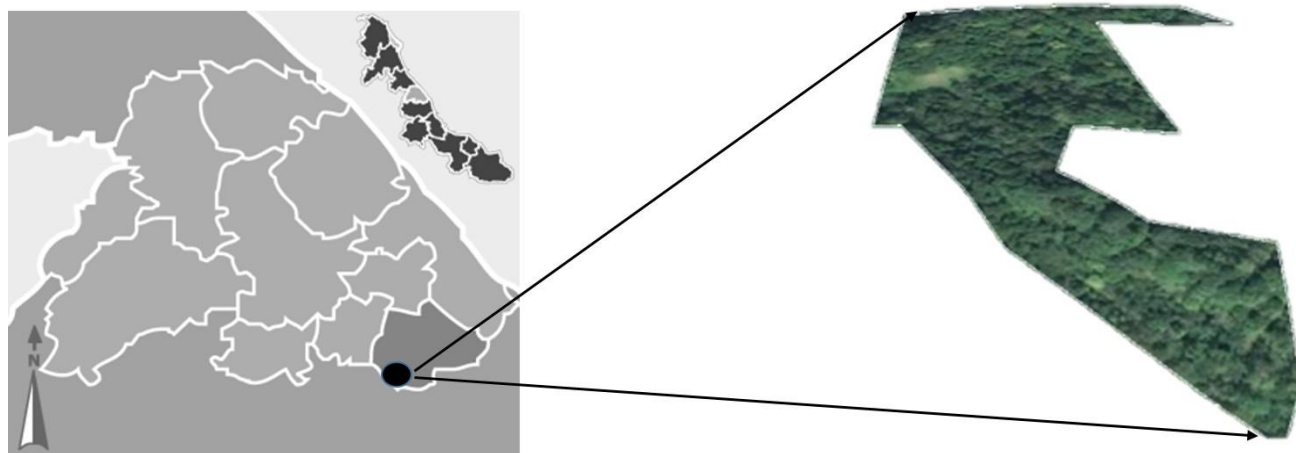
conservación de la diversidad vegetal en una comunidad cercana al BMM, en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz.

## Materiales y métodos

El área de estudio se situó en una superficie de 5 ha ubicada entre las coordenadas  $19^{\circ}46'24.528''$  Latitud Norte y  $96^{\circ}40'25.800''$  Longitud Oeste con una altitud de 950 msnm, en una parcela dedicada a la producción de café con el sistema bajo sombra en ejido Plan de las Hayas perteneciente al municipio de Juchique de Ferrer del estado de Veracruz, como se muestra en la Figura 1.

Se realizó una entrevista semiestructurada con el propietario de la finca, donde se incluyeron preguntas sobre los usos dados a las especies vegetales, el manejo productivo y la comercialización de las especies de plantas ubicadas en la parcela cafetalera.

La parcela se georreferenció con un GPS Garmin Gps Etrex 10 ® para obtener las coordenadas y altitud, dividiendo la parcela en tres lotes de acuerdo con las características topográficas del terreno, identificándose como lote uno alto, lote dos medio y lote tres bajo; donde se realizaron diez transectos lineales de tipo barrido para identificar, cuantificar y conocer las especies vegetales con algún uso para el productor.



**Figura 1. Área de estudio.**



Se realizó la medición de tres índices ecológicos: Índice de Diversidad Alfa ( $\alpha$ ), donde se midió la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, Índice de Riqueza de Especies ( $R$ ), en el que se estableció el número de especies por muestreo, e Índice de Diversidad de Margaleff ( $DMg$ ), en su cálculo se consideró que los valores inferiores a 2.0 se relacionan con zona de baja diversidad y valores superiores a 5.0 son indicativos de alta diversidad.

## Resultados y discusión

De acuerdo con las preguntas realizadas al productor, en el área de estudio la producción de café se realiza de manera sustentable, ya que evita el uso de productos químicos como herbicidas y plaguicidas; también se mantiene un sistema de conservación debido al policultivo dado que existe la producción de otras especies vegetales que coexisten estrechamente con el café y se aplican prácticas agrícolas tradicionales, por ejemplo, el conocimiento sobre las fases lunares para la siembra, poda o cosecha. Se genera un ingreso anual promedio de \$80,000.00 M.N. por las cosechas de café y la venta en el mercado local de otros productos como la palma camedor y frutas.

De cada lote se calculó la abundancia, riqueza y diversidad, el lote uno tuvo la mayor abundancia y riqueza y el lote tres la mayor diversidad (Cuadro 1). El Agroecosistema cafetal tuvo un total de 15 067 plantas, una riqueza de 111 especies y una diversidad de 3.4 notándose una diversidad equilibrada entre los tres lotes, lo cual es resultado de un equilibrio ecológico y buenas prácticas agrícolas.

**Cuadro 1 . Abundancia, riqueza y diversidad de los individuos presentes en el Agroecosistema de café**

Lotes	Abundancia	Riqueza	Diversidad
Lote 1	7633	74	2.94
Lote 2	3355	54	2.93
Lote 3	4079	64	2.95
Total	15067	111	3.41





En relación con el uso que el propietario le da a las plantas para satisfacer alguna necesidad, se asignó una categoría (medicinal, alimenticio, ornamental, medicinal, y maderable) para cada especie de planta y se contaron los individuos por uso y por lote. La mayor abundancia especies registrada fueron de uso alimenticio, seguido de especies ornamentales y forrajeras (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Abundancia de individuos de acuerdo con su uso.**

<b>Tipo de uso</b>	<b>Lote 1</b>	<b>Lote 2</b>	<b>Lote 3</b>	<b>Total</b>
Forrajeras	2050	334	1620	4004
Ornamentales	1776	1158	1115	4049
Alimenticio	2594	1682	1177	5453
Maderables	206	133	86	425
Medicinales	2	5	69	76

## Conclusiones

El área de estudio seleccionada pertenece al agroecosistema café tradicional y tiene particularidades marcadas entre los lotes que los diferencian entre sí, como resultado de ubicarse en los límites del bosque mesófilo de montaña donde se encuentra una diversidad de especies vegetales con distintos fines de uso, dichas especies pueden ser nativas de la región o naturalizadas por el propietario.

Los resultados de la presente investigación pueden utilizarse por los productores y técnicos de alguna institución para fomentar la conservación de la flora asociada al agroecosistema café tradicional.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por registrar el proyecto Institucional “Agrodiversidad de los huertos de traspatio en comunidades de alta y media marginación en la zona golfo-centro de Veracruz” con clave URG-PYR-2018-008 y al



Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván institución de la cual egresó el tesista de Licenciatura en Biología autor del trabajo.

## Literatura citada

- Cerda, R., Allinne, C., Gary, C., Tixier, P., Harvey, C. A., Krolczyk, *et al.* 2017. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy* 82:308-319. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.019>
- Chen, Y. H., Ruiz-Arocho, J., y von Wettberg, E. J. B. 2018. Crop domestication: anthropogenic effects on insect-plant interactions in agroecosystems. *Current Opinion in Insect Science* 29:56-63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.06.004>
- Hipólito-Romero, E., Carcaño-Montiel, M. G., Ramos-Prado, J. M., Vázquez-Cabañas, E. A., López-Reyes, L., y Ricaño-Rodríguez, J. 2017. Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología* 49(4):356-365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.003>
- Pulido-Salas, M. T., de Jesús Ordóñez Díaz, M., y de Dios, H. C. 2017. Flora, usos y algunas causales de cambio en quince huertos familiares en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México. *Península* 12(1):119-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnsla.2017.01.006>
- Rodríguez-Macedo, M., González-Christen, A., y León-Paniagua, L. S. 2014. Diversidad de los mamíferos silvestres de Misantla, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1):262-275. doi: <https://doi.org/10.7550/rmb.36143>



## MARCO JURÍDICO DE LA ACUICULTURA: UN ESTUDIO DE CASO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Martha Beatriz Cuéllar Lugo<sup>381</sup>, Alberto Asiain Hoyos<sup>381\*</sup> y Juan Lorenzo Reta Mendiola<sup>381</sup>

### Resumen

La acuicultura se ha posicionado a nivel mundial como una de las actividades de producción de alimento para el ser humano del sector primario con mayor tasa de crecimiento sostenido anual. Paradójicamente, a pesar de que en México y, en particular, en el estado de Veracruz existen las condiciones ambientales, tecnológicas, económicas y sociales para mantener o superar las tendencias de producción internacional, las cifras oficiales muestran un limitado crecimiento en décadas recientes. Este trabajo sustenta la tesis de que el actual marco jurídico acuícola nacional obstaculiza el progreso de esta actividad. Para ello, se realizó un estudio de caso de la zona centro del estado de Veracruz, utilizándose los registros de 817 Unidades de Producción Acuícola (UPA) que operan en 154 municipios del estado. Los resultados mostraron que el marco jurídico (leyes, reglamentos y normas) de la acuicultura en el estado de Veracruz y en México está, en su mayoría, desarticulado entre sí y asociado históricamente a la actividad pesquera. Esta sobrerregulación hace que la gran mayoría de las unidades de producción, más del 90%, en el territorio estudiado no cumplan con la normatividad vigente y se mantengan operando dentro de la informalidad. Se concluyó que el marco jurídico en que se sustenta la acuicultura está obstaculizando su desarrollo en Veracruz y en el resto del país. Por lo que resulta necesario un análisis profundo del referido marco jurídico, a fin de que se adapte a la realidad del desarrollo de esta actividad en sus diferentes ámbitos.

**Palabras clave:** sector acuícola, legislación acuícola, desarrollo acuícola

---

<sup>381</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. \*aasiain@colpos.mx



## Introducción

Las necesidades alimentarias de la población a nivel mundial han sido históricamente satisfechas por la actividad agrícola, ganadera y pesquera. Sin embargo, tales necesidades dejaban de ser cubiertas, cada vez más, ya que los problemas de alimentación a nivel mundial no se podían resolver únicamente con la intensificación de estas actividades y, en especial, con la sobreexplotación pesquera. Pues se tiene el riesgo de agotar las especies de interés alimentario y comercial (Morales-Díaz, 2015). Por lo tanto, para resolver este problema, la acuicultura surgió como una alternativa productiva con la finalidad de evitar el agotamiento de las especies pesqueras de interés comercial y, de esta manera, conservar estos recursos naturales.

En México, la acuicultura se desarrolló como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales. Ésta constituye un medio de subsistencia para más de 290 mil familias en todo el país, por lo que contribuye de manera importante al logro de la seguridad alimentaria y, además, es una fuente de empleo que genera ingresos económicos y divisas para el país (SAGARPA, 2013).

Si bien la contribución de este sector a la economía mexicana global es relativamente pequeña, con un aporte del 19.3% del Producto Interno Bruto (PIB), ocupa una posición prominente en términos regionales concernientes a aspectos económicos, sociales y ambientales (CONAPESCA, 2013). Pese a lo anterior, la producción acuícola en México no tiene convergencia con su potencial, ni sigue la trayectoria de las regiones líderes, lo cual es un claro reflejo de que esta actividad se coloca en los lugares 23 por su valor y el 26 por producción (FAO, 2012).

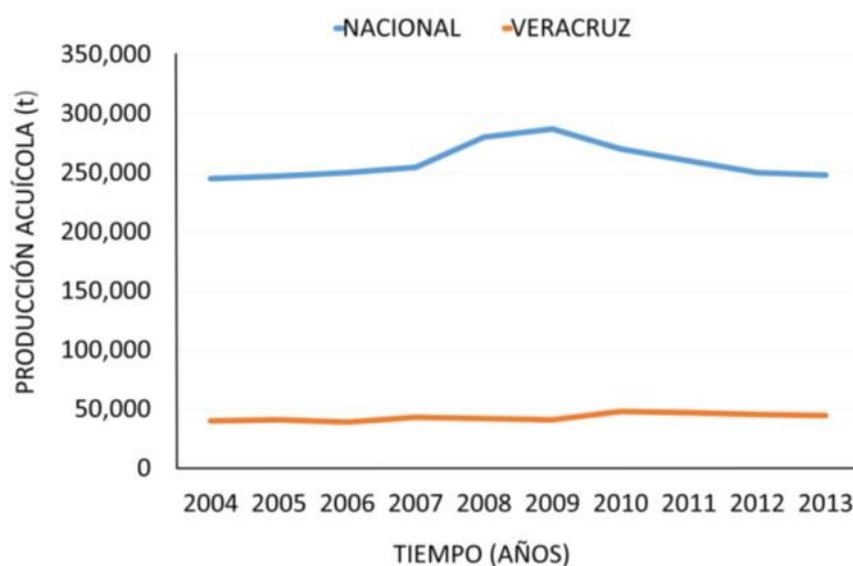
Cabe destacar que a pesar de que existen las condiciones ambientales, tecnológicas y económicas para lograr un desarrollo similar o superior al observado a escala mundial, en México y, en particular, en Veracruz, el crecimiento del sector no ha mantenido los ritmos esperados (CONAPESCA, 2013). Cifras oficiales demuestran que a escala nacional la producción acuícola presenta tasas de crecimiento negativas y un estancamiento a nivel estatal en los últimos años (Figura 1).





A escala internacional, se reconoce a los marcos jurídicos y reglamentaciones como elementos clave para promover el desarrollo acuícola (Banco Mundial, 2013).

A pesar de que en el territorio nacional y estatal existe un gran número de unidades de producción orientadas a la actividad acuícola, la mayor parte de éstas se caracteriza por tener niveles bajos de productividad y, en la mayoría de los casos, por no cumplir con la normatividad vigente. Sin embargo, pocos esfuerzos se han realizado para tratar de entender las causas de este fenómeno. Por esta razón, en el presente estudio se tuvo como objetivo analizar el marco jurídico que rige el desarrollo de la acuicultura bajo el enfoque de la Teoría General de Sistemas (TGS), tomándose como estudio de caso el estado de Veracruz, a fin de determinar si éste cumple con las necesidades de la sociedad dedicada a esta actividad o bien debe ser modificado.



**Figura 1. Producción acuícola nacional y en Veracruz en aguas continentales y maricultura, 2004-2013 (CONAPESCA, 2013).**

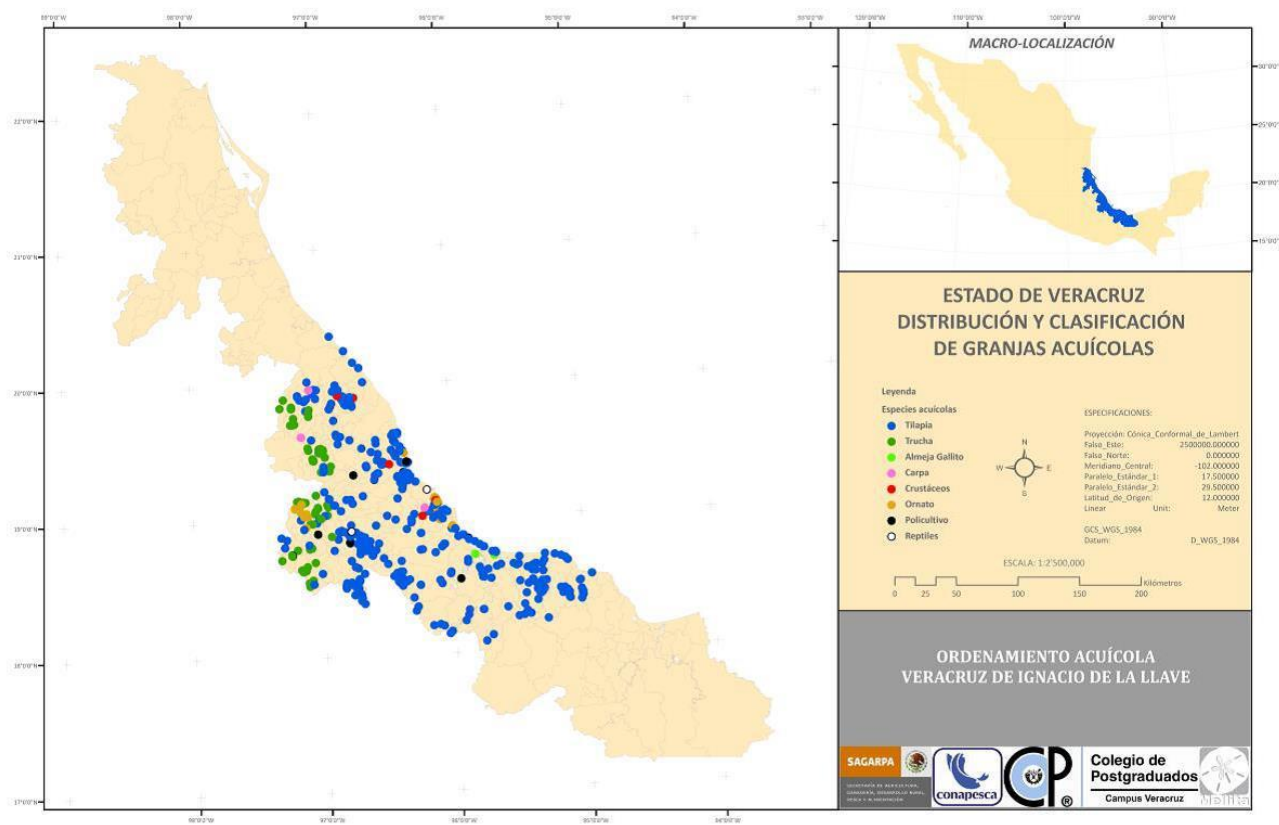
## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

Se analizaron resultados del proyecto de investigación “Ordenamiento Acuícola del estado de Veracruz, México”, financiado por la Comisión Nacional de Acuicultura y



Pesca y desarrollado por el Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados durante el periodo 2008-2010 (SAGARPA-CONAPESCA-COLPOS, 2010). Éste incluyó 154 municipios, ubicados dentro de siete regiones fisiográficas definidas por INAFED (2005): Totonaca, Nautla, Capital, Sotavento, Montañas, Papaloapan y los Tuxtlas (Figura 2).



**Figura 2. Distribución y clasificación de granjas acuícolas (SAGARPA-CONAPESCA-COLPOS VER, 2010).**

### Unidad de análisis

La unidad de análisis fue la unidad de producción acuícola (UPA), entendida como el espacio productivo donde se mantienen, reproducen y/o cultivan especies acuáticas, y donde un productor actúa como responsable de su operación y tomador de decisiones. El criterio de inclusión consistió en que la UPA estuviera operando al momento de ser visitada, sin importar su antigüedad, tamaño o productividad.

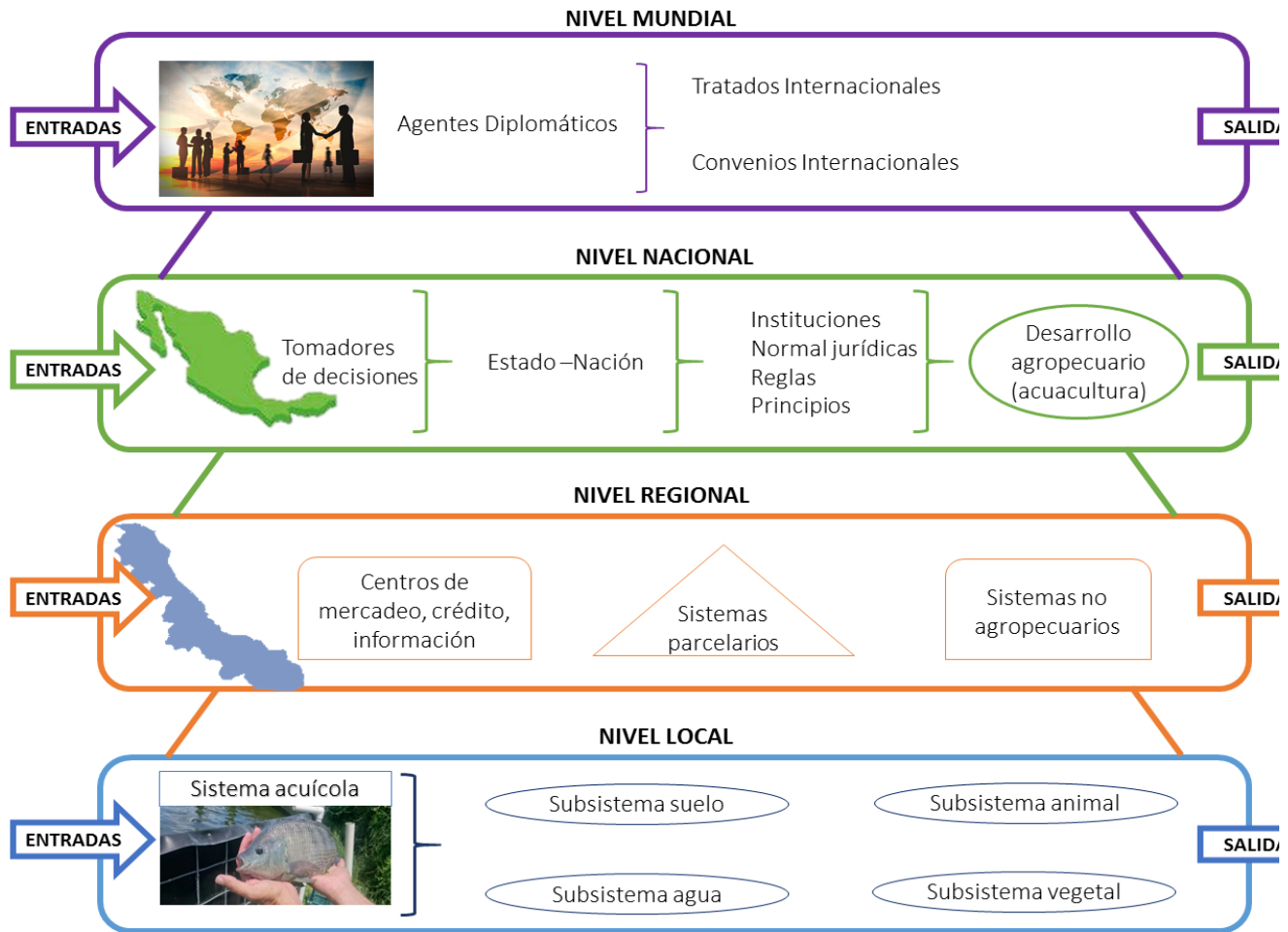


### **Sistematización y análisis de datos**

Los datos cuantitativos fueron obtenidos de la “Encuesta Estatal de Acuicultura” (SAGARPA-CONAPESCA-COLPOS-VER, 2010). Los datos fueron ordenados en hojas de cálculo de MS Excel 2016; se realizaron análisis de estadística descriptiva para explicar el fenómeno de estudio, mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics23.

### **Resultados y discusión**

Desde el enfoque de la TGS, la acuicultura puede ser estudiada como un agroecosistema, definido como un ecosistema modificado por el hombre, donde interactúan factores socio-económicos y tecnológicos para la utilización de los recursos naturales, con fines de producción de alimento y servicios en beneficio del hombre (Ruíz, 2006). El agroecosistema acuícola, a su vez, interactúa con una serie de subsistemas, los cuales pueden analizarse de manera jerárquica, es decir, a nivel Local, Regional, Nacional y Global. En los agroecosistemas convergen factores sociales, económicos y políticos que influyen en el sistema acuícola y alimenticio (Platas-Rosado *et. al.*, 2016). Así, se definió el marco de análisis a evaluar, es decir, la acuicultura en el estado de Veracruz (Figura 3).



**Figura 3. Modelo conceptual de la acuicultura en el marco sistémico.**

De esta forma, la acuicultura, considerada como un agroecosistema, está influenciada por factores endógenos y exógenos, lo cual conduce a definir la unidad de estudio. En este caso se abarcó los niveles Nacional y Regional, es decir, la zona centro del estado de Veracruz, por la relevancia e implicaciones que la actividad acuícola tiene a Nivel Nacional. A continuación, se muestran los elementos estudiados:

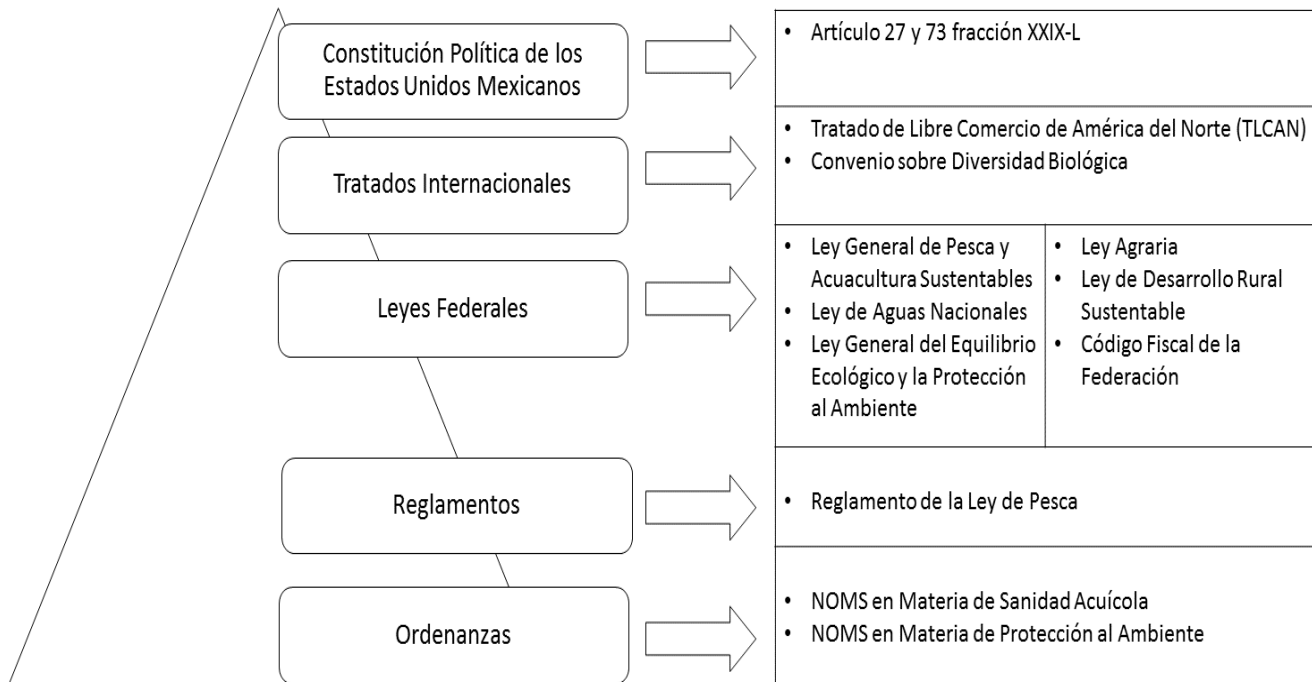
### 1. Normatividad aplicable para el desarrollo de la actividad acuícola

El ordenamiento jurídico acuícola mexicano está integrado por preceptos Constitucionales, Tratados Internacionales, Leyes y Reglamentos; así como por





normas de carácter administrativo y que, siguiendo la lógica jerárquica normativa, puede ser representado de la siguiente manera (Figura 4):



**Figura 4. Ordenamiento jurídico acuícola mexicano.**

De lo anterior, se infiere que el marco jurídico aplicable en la acuicultura es muy amplio, detectándose principalmente las siguientes dos limitaciones:

**a) La sobrerregulación en la materia.** Ésta se demuestra en la falta de integralidad con que se aplican las trece disposiciones jurídicas, las cuales pertenecen a diferentes dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Aunado a lo anterior, existen costos que incrementan gastos al productor acuícola, ya que debe hacerse el pago correspondiente por concesiones, permisos y autorizaciones (Cortina-Segovia y Quiñones-Valadez, 2005).

**b) Contraposición de competencias o en la desarticulación entre Autoridades.**

La actividad acuícola, al estar vigilada y controlada por diferentes dependencias de la Administración Pública Federal, dificulta, en el plano operativo, su eficiencia. Lo



que resulta en malos resultados en el desarrollo productivo y competitivo de esta actividad (Ibarra, 2012).

El sistema jurídico acuícola mexicano, al estar sujeto a diversas disposiciones normativas, provoca una sobrerregulación que trae como consecuencia su ineficiencia e ineficacia (Mokate, 2002). Es decir, estas normas no agregan valor alguno para el desarrollo de la actividad acuícola, pues en su exégesis resulta inoperante para el desarrollo de la actividad. Lo que trae como consecuencia que los productores opten por abandonar esta actividad o bien producir de manera informal. Esto impide, a su vez, que la productividad y competitividad en el país aumente (Gómez-López, 2013).

## **2. Producción acuícola en el estado de Veracruz**

La actividad acuícola cuenta con amplio potencial para ser desarrollada en el estado de Veracruz, donde existen corrientes y cuerpos de agua dulce, lagunas y terrenos costeros susceptibles de utilizarse para la construcción de estanques para la acuicultura. Además, se cuenta con más de treinta especies con potencial acuícola, entre las cuales destacan: tilapia, ostión, trucha, camarón, bagre y cocodrilo (SAGARPA, 2013). El desarrollo de la acuicultura en el estado inició en los años setenta, mediante la construcción de diversos centros acuícolas, como “Los Amates” en Tlacotalpan; “La Tortuga” en Pánuco; “Tebanca” y “Sontecomapan” en Catemaco; y “Matzinga” en el municipio de Orizaba (Rangel-López *et al.*, 2014).

El estado de Veracruz se encuentra en el quinto lugar a nivel nacional de producción pesquera y acuícola, ubicándose por debajo de los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Sur y Norte (Financiera Nacional de Desarrollo, 2014). Su producción se localiza en 154 municipios, situados dentro de siete zonas fisiográficas de la región central del estado de Veracruz: Totonaca, Nautla, Capital, Sotavento, Montañas, Papaloapan y los Tuxtlas (INAFED, 2005). Tiene una producción de más de 75 000 toneladas, 67% lo aporta la pesca y 33% la acuicultura. Se tienen en operación 4554 empresas pesqueras y acuícolas, de las cuales 4299 se dedican a la captura, 229 a la acuicultura, 21 a la comercialización y 5 a la industrialización. De la producción total,



98% se destina al consumo humano directo y el resto a la industrialización (CONAPESCA, 2011) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Producción Nacional Acuícola y Pesquera.**

Estado	Volumen peso vivo		Valor	
	Miles de toneladas	Participación (%)	Millones de pesos	Participación (%)
Sonora	618.8	36.7	3,303.8	17.4
Sinaloa	341.0	20.2	4,092.4	21.5
Baja California Sur	166.7	9.9	1,409.2	7.4
Baja California	112.8	6.7	1,186.3	6.2
Veracruz	75.3	4.5	1,163.0	6.1
Campeche	52.3	3.1	1,063.2	5.6
Resto del país	320.6	19.0	6,803.8	35.8
Total Nacional	1,687.5	100.0	19,021.8	100.0

Fuente: Financiera Nacional de Desarrollo (2014).

Las principales limitantes para el desarrollo de la actividad acuícola y pesquera en el estado de Veracruz son la falta de esquemas normativos que permitan el aprovechamiento racional del agua, el otorgamiento de concesiones para sistemas de cultivo y extracciones sustentables, falta de programas de capacitación, asistencia técnica, recursos financieros para instrumentar y aprovechar la infraestructura acuícola y pesquera estatal, y deficientes acciones zoosanitarias en la actividad acuícola para garantizar el acceso de los productos veracruzanos a los mercados (SAGARPA, 2013). Es importante que se atiendan estas limitantes, ya que el desarrollo de esta actividad productiva representa una alternativa económica, que puede mitigar los problemas de alimentación y empleos (Zetina *et al.*, 2006).

### 3. Estudio de la actividad acuícola en la zona centro del estado de Veracruz

De acuerdo con los datos obtenidos a través del Ordenamiento Acuícola del estado de Veracruz, México, se obtuvo que en los 154 municipios estudiados existen 817 Unidades de Producción Acuícola (UPA) (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Unidades de Producción Acuícola en Veracruz por región fisiográfica.**

Región	Unidades de Producción	(%)
Capital	170	20.8
Nautla	60	7.3
Montañas	228	<b>27.9</b>
Sotavento	102	12.5
Papaloapan	133	16.3
Tuxtlas	65	8.0
Totonaca	59	7.2
TOTAL	817	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-CONAPESCA-COLPOS, 2010.

La mayor cantidad de UPAS se concentran en las regiones de Montañas, Capital, Sotavento y Papaloapan, las cuales coinciden con los polos de mayor desarrollo estatal.

En términos de la legalidad en que operan las UPAS, es importante destacar que solo un número muy pequeño cuenta con los requisitos básicos para el desarrollo de la acuicultura, es decir: la Autorización para realizar Acuicultura (AUT. ACUA.), contar con el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura (RNPA), y estar inscritos en el Registro Federal de Contribuyentes (RFC) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Número de Unidades de Producción Acuícola que cumplen e incumplen con los requisitos básicos para el desarrollo de esta actividad.**

Región	AUT. ACUA.		RNPA		RFC	
	Cumple	Incumple	Cumple	Incumple	Cumple	Incumple
Capital	19	151	13	157	5	165
Nautla	6	54	0	60	0	60
Montañas	12	216	7	221	9	219
Sotavento	41	61	30	72	10	92
Papaloapan	25	108	13	120	8	125
Tuxtlas	9	56	8	57	8	57
Totonaca	4	55	1	58	1	58
TOTAL	116	701	72	745	41	776

Nota: AUT. ACUA. Autorización para realizar Acuicultura; RNPA. Registro Nacional de Pesca y Acuicultura; y RFC. Registro Federal de Contribuyentes.

Esto muestra cómo impacta el alto grado de marginación en la región de Montañas que, si bien es una de las regiones con mayor número de UPAS, también es la que





tiene mayor nivel de incumplimiento en los requisitos básicos legales para el desarrollo de la actividad acuícola.

Estos datos reflejan que, dada la sobrerregulación en materia acuícola, la mayoría de las UPAS estudiadas operan sin cumplir la normatividad vigente, fomentando la informalidad y la corrupción, que trae como consecuencia que esta actividad productiva no tenga convergencia con su potencial, ni siga la trayectoria de las regiones líderes, lo que resulta precisamente de las deficiencias jurídico-institucionales (FAO, 2012).

Existe una percepción generalizada por parte de los acuicultores de Veracruz (AVAC, 2015), de que las autoridades en materia acuícola, específicamente CONAPESCA, ha enfocado sus esfuerzos en los productores que cumplen con todos los ordenamientos ya señalados, pero dejan a un lado a los productores que operan en la informalidad, los cuales forman parte de la mayoría. De hecho, la principal razón por la cual los productores en la muestra estudiada manifestaron su reticencia a regularizarse, fue el temor a ser perjudicados o multados por dependencias gubernamentales (CONAPESCA, CONAGUA, SEMARNAT o SAT). Por tal situación, muchos productores prefieren, usando sus palabras, “mantener un bajo perfil”. Indudablemente, esa sensación de desconfianza se traduce en apoyos limitados a la actividad acuícola.

En México existen más de 5.3 millones de unidades económicas rurales, de las cuales 3.9 millones (que representan 72.6% del total) se caracterizan por ser de subsistencia o con limitada vinculación al mercado. Muchas de estas unidades de producción rural podrían incorporar actividades acuícolas y contribuir con ello a la brigada nacional contra el hambre y el combate a la pobreza. Sin embargo, los resultados de este trabajo demuestran que el marco jurídico de la acuicultura nacional apunta en otra dirección, lo que resulta en un limitado desarrollo de la actividad. Además, la aplicación de políticas públicas en el sector agroalimentario ha sido poco efectiva y caracterizada por programas desarticulados. Es decir, una coordinación intra e interinstitucional deficiente y con reglas de operación complejas y poco claras. A la luz de los resultados obtenidos, todo parece indicar que en el desarrollo de la actividad acuícola, en los ámbitos nacional y estatal, se repite este fenómeno.



Por lo tanto, para desarrollar el sector acuícola es necesario tener cambios de actitud y comportamiento de los acuicultores en la eficiencia del manejo de los factores de la producción (agroecosistema), procurándose el logro de lo siguiente: incremento del cumplimiento del marco legal; mejora en la organización, producción e industrialización; así como el fomento de la vinculación científica, capacidad técnica y tecnológica de la actividad. Lo anterior, con la finalidad de satisfacer las necesidades multifactoriales que los acuicultores, sus familias y la sociedad demandan. Además, el sistema jurídico-institucional de la acuicultura en México debe ser mejorado y ser también más flexible para que se fomente el crecimiento de esta actividad productiva.

La experiencia ha demostrado que las plataformas jurídicas de los países líderes en producción acuícola han sido determinantes para su desarrollo (OCDE, 2010). Cubrir la creciente demanda de productos de origen acuático a nivel mundial, nacional y estatal, solamente podrá lograrse mediante la implementación de políticas públicas que, basadas en un marco jurídico y normativo justo y equitativo, promuevan su sano crecimiento (OCDE-FAO, 2012).

Es recomendable reestructurar el sistema jurídico acuícola mexicano para adoptar lineamientos de países líderes, quienes reconocen que el desarrollo de esta importante actividad productiva dependa de un andamiaje jurídico, acorde a las demandas de la sociedad (FAO, 2012). Más aún cuando esta actividad se considera estratégica para lograr la soberanía alimentaria de los países y de la humanidad (Allison *et al.*, 2012), pues de lo contrario seguirá limitando el desarrollo competitivo y productivo de ésta.

## Conclusiones

Con base en los resultados anteriores, se concluyó lo siguiente:

1. **Inestabilidad institucional.** Históricamente se ha demostrado que la acuicultura en México se ha regido por una gran cantidad de instituciones gubernamentales que, por la naturaleza jurídica que las reviste, cuentan con diferentes facultades y



atribuciones. Tal situación ha limitado el desarrollo de esta actividad acuícola y la expansión de la misma.

2. **Vinculación jurídica de la acuicultura con la pesca.** La actividad acuícola, desde sus inicios, se reguló conjuntamente con la pesca. Sin embargo, resultó necesario diferenciar estas dos actividades, ya que son distintas por su origen, esencia y fundamento. Esto es, la pesca es una actividad extractiva, mientras que la acuicultura es de orden agrario.
3. **Informalidad en la producción acuícola.** La actividad acuícola, al estar sobre-regulada, generó una falta de interés por parte de los productores acuícolas para cumplir con la normatividad establecida, la cual resultó del ordenamiento jurídico para esta actividad. Esto, trajo como consecuencia la informalidad en su proceso productivo, lo que repercutió, particularmente, en la productividad y competitividad de la actividad acuícola.

## Literatura citada

- Allison, E. H., B. D. Ratner, B. Asgard, R. Willmann, R. Pomeroy y J. Kurien. 2012. La gobernanza basada en los derechos pesqueros: de los derechos de pesca a los derechos humanos. *Peces y Pesca* 13(1):14-29.
- AVAC, 2015. El estado de la acuicultura en Veracruz. Documento interno. Acuacultores Veracruzanos A.C. <http://www.avac.com.mx>. [Consultado el 08 de agosto de 2019].
- Banco Mundial. 2013. Peces de 2030. Las perspectivas de Pesca y Acuicultura. Informe 83177-GLB. Washington, D. C. 102 pp.
- CONAPESCA, 2013. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013. CONAPESCA, SAGARPA, México. 299 pp.
- CONAPESCA, 2011. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2011. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca-SAGARPA. México.



- Cortina-Segovia, S. y L. Quiñones- Valadez. 2005. Análisis y recomendaciones del marco jurídico aplicable a océanos y costas. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. México. 98 pp.
- FAO, 2012. El Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. FAO. Roma.
- Financiera Nacional de Desarrollo. 2014. Panorama de la Pesca y acuicultura. Dirección general adjunta de planeación estratégica, análisis sectorial y tecnologías de la información. México. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Pesca%20\(abr%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Pesca%20(abr%202014).pdf). [Consultada el 08 de agosto de 2019].
- Gómez-López, A. 2013. Informalidad: definición y causas. Paradigma. Revista de investigación. México.
- Ibarra, L. G. 2012. La sobrerregulación: freno al desarrollo y causa de corrupción. Revista Cultura. México. 203- 211 pp.
- INAFED. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México - Veracruz. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, México. [http://www.elocal.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_veracruz](http://www.elocal.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_veracruz). [Consultada el 08 de agosto de 2019].
- Mokate, K. 2002. Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿qué queremos decir?. Banco Interamericano de Desarrollo. Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES). Diseño y gerencia de políticas y programas sociales. Buenos Aires. 37 p.
- Morales-Díaz, 2015. Morales- Díaz, A. 2015. Historia de la acuicultura en México. Peces, crustáceos y Moluscos. AGT EDITOR. 20-21 pp.
- OCDE, 2010. Avanzando la agenda de la acuicultura. Actas del taller. OCDE. París.
- OCDE-FAO. 2012. Perspectivas de la agricultura mundial desde 2012 hasta 2021. FAO, Roma. OCDE. París.
- Platas-Rosado, D. E., Vilaboa-Arroniz, J., William-Campbell, B. 2016. Una aproximación dialéctica a los agroecosistemas 9(12):82-86.





- Ruíz, O. 2006. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico. López, O., Ramírez, S., Ramírez, M., Moreno, G., Alvarado, A. (edit). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Universidad Autónoma de Chiapas. México. 27- 35 pp.
- SAGARPA-CONAPESCA-COLPOS-VER. 2010. Ordenamiento acuícola del estado de Veracruz. México. 26 p.
- SAGARPA, 2013. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Diario Oficial. Viernes 13 de diciembre de 2013. 63 pp.
- Zetina, C. P., J. L. Reta M., C. Olguín P., R. Acosta B., y G. Espinosa S. 2006. El cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*) en la rentabilidad de seis agroecosistemas en el estado de Veracruz. Técnica Pecuaria en México 44(2):169-179.



## AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS Y SU CAPACIDAD DE RESILIENCIA EN TEZONAPA, VERACRUZ, MÉXICO

Ismael Quiroz Guerrero<sup>382</sup>, Arturo Pérez-Vázquez\*<sup>382</sup>, Cesáreo Landeros Sánchez<sup>382</sup>, Felipe Gallardo López<sup>382</sup>, Joel Velasco Velasco<sup>383</sup> y Griselda Benítez Badillo

### Resumen

El agroecosistema es resultado de la modificación de los ecosistemas por el ser humano para establecer unidades de producción agropecuaria para la obtención de diversos productos alimenticios y subproductos de autoconsumo y de comercialización. Los sistemas complejos adaptativos presentan la capacidad de retroalimentarse y reorganizarse ante perturbaciones. Los agroecosistemas cafetaleros como sistemas socio-ecológicos están en constante adaptación ante escenarios adversos. La adaptación, como propiedad emergente y como proceso auto organizativo, forma parte de la resiliencia de un agroecosistema. Donde, la resiliencia y su dinámica dificultan su medición en periodos cortos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la capacidad de resiliencia con base en la precariedad de indicadores de las dimensiones del agroecosistema cafetalero en Tezonapa, Ver., así como el efecto de panarquía responsable de dicha condición. Un total de 30 indicadores fueron medidos en 52 plantaciones de café en el municipio de Tezonapa, Ver. Se realizaron entrevistas a cafecultores y se midieron características ambientales de las fincas. Los datos registrados se codificaron en una escala de resiliencia de 0-1, en donde los valores cercanos a cero representan menor capacidad de resiliencia y cercanos a uno, mayor capacidad. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de hipótesis no paramétricas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (KW-H  $p < 0.05$ ) para los indicadores relacionados con las dimensiones económica y tecnológica siendo los

<sup>382</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. \*parturo@colpos.mx

<sup>383</sup> Colegio de Postgraduados Campus Córdoba



que menos aportaron a la resiliencia y los indicadores de las dimensiones social y ambiental fueron los que aportaron valores altos a la capacidad de resiliencia, con efecto de panarquía por el gradiente altitudinal. Se concluyó que los indicadores con menor aporte a la capacidad de resiliencia del agroecosistema café son los relacionados con las dimensiones económica y tecnológica, y que los que más contribuyeron fueron el social y ambiental con un efecto de panarquía por altitud.

**Palabras clave:** regeneración, vulnerabilidad, daño, cambio climático

## Introducción

Desde el enfoque de sistemas, el agroecosistema puede ser definido como una representación de una red compleja de interacciones entre recursos naturales bióticos y recursos abióticos, la tecnología, la economía y la cultura. Donde el conocimiento local y la toma de decisión del productor depende, en gran medida, del contexto socioeconómico, lo cual deviene en un proceso de evolución y mejoras constantes a través del aprendizaje (Casanova-Pérez *et al.*, 2015; Gao y Barabazi, 2016).

En México, la producción de café es cubierta por los arábigos (*Coffea arabica* L), con 95% y por el café robusta (*C. canephora*) con 5% del café ofertado en los mercados nacionales (Zamarripa y Escamilla, 2002; AMECAFE, 2017). La producción de café se realiza en 12 entidades federativas del país con una participación importante por productores indígenas y minifundistas (Zamarripa y Escamilla, 2002; CEDRSSA, 2014). Sin embargo, existen problemas que afectan a la caficultura mexicana. El mayor de ellos es el bajo precio que con frecuencia se presenta en el mercado internacional (Zamarripa y Escamilla, 2002), y en el futuro la situación podría agravarse debido al cambio climático y principalmente por la disminución significativa de precipitaciones y aumento de temperatura.

Desde una concepción dinámica, los agroecosistemas cafetaleros como sistemas socio-ecológicos pueden ser analizados desde una perspectiva de adaptación



cíclica integrada por cuatro fases: 1) ( $r$ ) caracterizada por la explotación de los recursos naturales; 2) ( $K$ ) comprendida por un avance lento y acumulativo en el ciclo. A medida que la fase  $K$  continua, los recursos del agroecosistema se limitan y este es progresivamente menos flexible y con menor respuesta a los impactos externos; 3) La fase  $K$  es seguida por el caos y el colapso ( $\Omega$ ), lo que conlleva al siguiente proceso; y 4) De reorganización ( $\alpha$ ), (Walker *et al.*, 2004; Peterson *et al.*, 2018). Por tanto, se considera que la resiliencia es una propiedad emergente de los agroecosistemas que se expresa a partir de la fase  $K$ . Para este trabajo, se define a la resiliencia como la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones y reorganizarse mientras experimenta un cambio para conservar su función, estructura, identidad y procesos de retroalimentación (Walker *et al.*, 2004; Folke, 2016). Los agroecosistemas cafetaleros están integrados por variables que constantemente están expuestas ante conductores exógenos y procesos endógenos que pueden conllevar al sistema a un estado de no retorno y evitar que se exprese la resiliencia como propiedad emergente. Para evitar un estado de transformación o de no retorno, es sustancial que, como medida de prevención, se incentive la resistencia del agroecosistema mediante la permanencia de los valores de las variables lo más alejado posible de los límites máximos y mínimos. El análisis sistémico de la resiliencia de los agroecosistemas pasa por identificar elementos clave como la latitud, resistencia, panarquía y precariedad (Walker *et al.*, 2004). Si los límites del agroecosistema son superados, dificultará o imposibilitará la recuperación del sistema por lo que entre más cerca se esté de los límites máximos de resistencia del agroecosistema menor será la capacidad de resiliencia y se presentará un estado de cambio (Walker *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo fue determinar la capacidad de resiliencia con base a la precariedad de indicadores de las dimensiones del agroecosistema cafetalero, así como las variables responsables de dicha condición. La hipótesis fue que la capacidad de resiliencia del agroecosistema café es afectada principalmente por la baja precariedad de indicadores relacionados con la dimensión económica y tecnológica, los cuales han sido dirigidos hasta esa condición por los bajos precios del café cereza en el mercado.





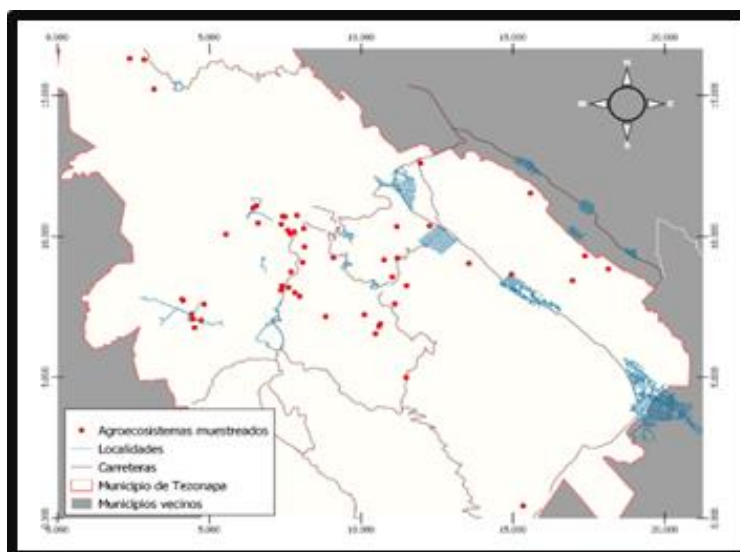
## Materiales y métodos

### Área de estudio

Esta investigación se realizó de diciembre 2017 a noviembre de 2018 en el municipio de Tezonapa, estado de Veracruz en agroecosistemas cafetaleros distribuidos en un gradiente altitudinal entre los 100 y 1400 msnm. De acuerdo con INEGI (2018a), el tipo de suelo en el municipio corresponde a vertisoles y litosoles. El tipo de clima es cálido húmedo en el valle y semi-cálido húmedo en el área montañosa (INEGI, 2018b).

### Tamaño de muestra

Los productores de café fueron localizados mediante reuniones organizadas en tres comunidades convocados por autoridades locales (agente municipal) y agrícolas (comisariado ejidal), así como con información proveniente del departamento de Fomento Agropecuario Municipal y centros locales de acopio de café (beneficios). Se conformó un padrón de 96 cafecultores, de los cuales se localizó y entrevistó a un total de 52 caficultores, incluidos 13 productores de la asociación local “Santa Cruz Olintzi”.



**Figura 1. Distribución geo-espacial de los agroecosistemas bajo estudio en el municipio de Tezonapa, Ver.**



## Medición de indicadores de capacidad de resiliencia

La obtención de información se obtuvo mediante entrevista a productores de café usando un cuestionario estructurado en siete secciones: 1) perfil del productor, 2) eje social, 3) eje económico, 4) eje tecnológico, 5) eje comunicaciones, 6) eje institucional, y 7) eje ambiental. El total de indicadores medidos a cada agroecosistema fue de 30 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Indicadores utilizados para medir la capacidad de resiliencia de agroecosistemas cafetaleros.**

Dimensión	Indicador
Social	Productores entre 15 y 65 años
	Carencia en calidad y espacios de vivienda
	Acceso a servicios de salud
	Creencia sobre el origen de los fenómenos naturales
	Grado de escolaridad
Económico	Relación ingreso-línea de bienestar
	Rentabilidad de café cereza
	Valor de producción por hectárea
	Seguro del cultivo
	Acceso a crédito
Tecnológico	Sistema de riego
	Mecanización agrícola
	Nutrición mineral u orgánica del suelo.
	Control de arvenses, plagas y enfermedades
	Varietades mejoradas
Institucional	Apoyo y asesoría técnica
	Atlas de riesgo para la agricultura municipal
	Institución de protección civil municipal
	Respaldo del productor por parte de una organización de productores
	Plan estratégico municipal sobre prevención de desastres en la agricultura
Comunicaciones	Acceso a televisión
	Acceso a radio
	Conexión a internet
	Acceso a teléfono
	Acceso a la parcela
Ambiental	Erosión del suelo
	Policultivo
	Pendiente del terreno
	Estructura vegetal del cafetal
	Calidad del suelo



La segunda etapa consistió en visitar la parcela del productor para tomar datos *in situ* relacionados con el eje ambiental. La posición de cada parcela fue georeferenciada (GPS *Garmin eTREX*®), el cual fue configurado en coordenadas geográficas WGS 84-Datum. Para realizar la toma de datos, se estableció un conglomerado de muestreo de una hectárea (56.42 m de radio). Cada conglomerado estuvo constituido por cuatro sitios o subunidades circulares de 400 m<sup>2</sup> (radio de 11.28379 m) con un punto central en el sitio de muestreo. La distribución de estos sitios corresponde a una “Y” invertida con respecto al norte, en la que el sitio 1 representa el centro del conglomerado y los sitios 2, 3 y 4 las unidades de muestreo periféricas. Los sitios 2, 3 y 4 se encuentran a 0°, 120° y 240° de azimut, respectivamente, y equidistantes a 45.14 m del centro del conglomerado (CONAFOR, 2010). Se tomaron datos de pendiente con un clinómetro digital (*Hanglof ECII*). Se hicieron observaciones sobre la presencia/ausencia de erosión laminar o de cárcavas (FAO, 2009) la presencia/ ausencia de asociaciones del cafetal con otros cultivos y la estructura vegetal de cada parcela (García y Schmidt, 2016). Para determinar la calidad del suelo, se midió la respiración del suelo mediante una sonda portátil marca *Telaire*® y se tomaron muestras de 2 kg a las que se les determinaron dos parámetros físicos (Textura y densidad aparente) y 17 parámetros químicos (macro y micro nutrientes). Para el análisis de las muestras de suelo se utilizaron los métodos establecidos en la NOM-021-RECNAT-2000 (Salgado *et al.*, 2013).

### **Índice de capacidad de resiliencia**

El índice de capacidad de resiliencia se estableció en un marco conceptual propuesto por Cabell and Oelofse (2012) y Folke (2016). Se utilizó una escala entre 0–1 (Cutter *et al.*, 2010;). Para ello, el índice de resiliencia estuvo integrado por 30 variables correspondientes a siete factores (social, económico, tecnológico, infraestructura, comunicaciones, institucional y ambiental). Estos factores fueron normalizados por el método de escalamiento mínimo-máximo (Cutter *et al.*, 2010). Para las variables donde los valores más altos corresponden a bajos niveles de resiliencia, el valor de las variables fue invertido. Los valores cercanos a 1 se



consideran con alta capacidad de resiliencia, y los valores cercanos a 0 representan nula o baja capacidad de resiliencia (Cutter *et al.*, 2010).

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva (tendencia central) y análisis de frecuencias para variables dicotómicas y nominales. Las diferencias entre la frecuencia de respuestas de variables con mayor y menor aporte a la capacidad de resiliencia de los indicadores ordinales fueron analizadas mediante el estadístico de  $X^2$  (Chi-cuadrada) y las respuestas de variables dicotómicas mediante la prueba estadística de *Cochram*. Los valores del índice de capacidad de resiliencia, para cada variable, fueron promediados según el factor al que cada una corresponde. Para las diferencias entre el aporte de factores a la capacidad de resiliencia se utilizó la *prueba del signo* (Infante y Zarate de Lara, 2013). Para lo anterior, se utilizó el paquete estadístico Statistica® 7.0.

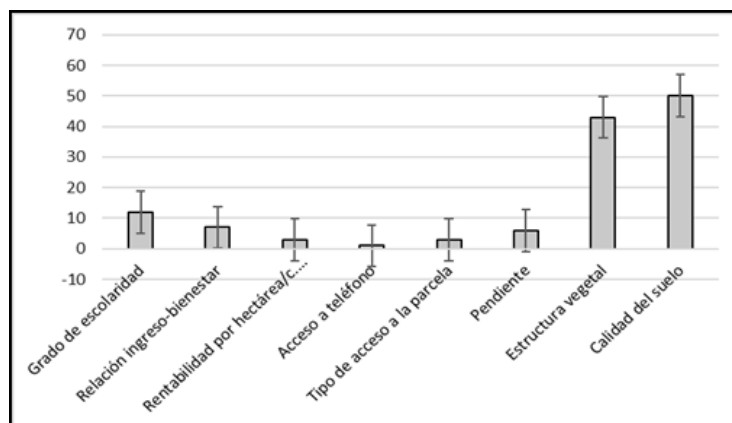
### **Resultados y discusión**

#### **Aporte de los indicadores a la capacidad de resiliencia**

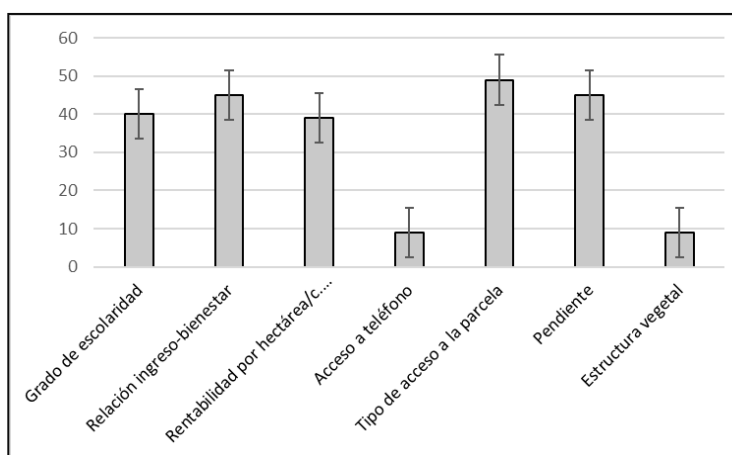
Entre los indicadores en escala ordinal que obtuvieron mayor frecuencia positiva o que aportan a la CR en los agroecosistemas sobresalen la estructura vegetal y calidad del suelo (Figura 2) que presentaron diferencias significativas ( $X^2=86.376$   $P<0.005$ ) con relación a seis indicadores más.

En relación con indicadores (en escala ordinal) negativos o con menor aporte a la CR sobresalen el acceso a la parcela, la pendiente del terreno, la relación ingreso-bienestar del productor, el grado de escolaridad y la rentabilidad por hectárea, los cuales presentan diferencias significativas ( $X^2=101.676$   $P<0.005$ ) con el acceso a teléfono y la estructura vegetal (Figura 3).



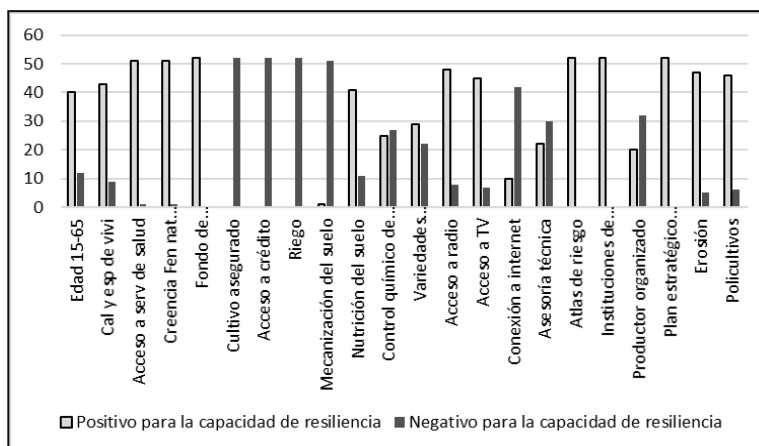


**Figura 2. Frecuencia de indicadores ordinales positivos para la capacidad de resiliencia de 52 agroecosistemas cafetaleros.**



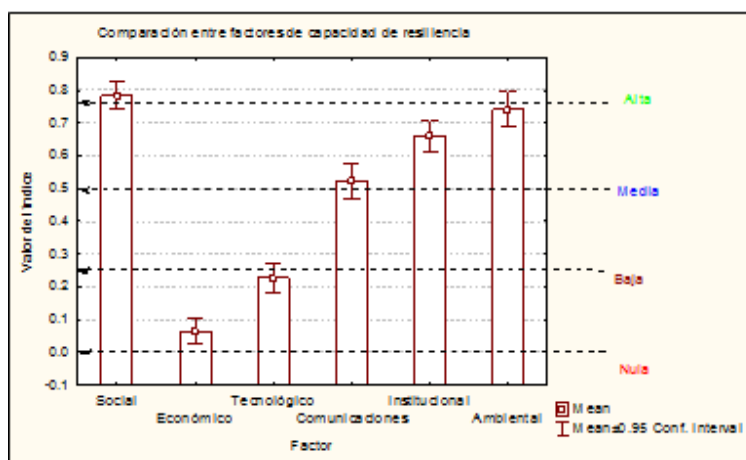
**Figura 3. Frecuencia de indicadores ordinales negativos para la capacidad de resiliencia de 52 agroecosistemas cafetaleros.**

En indicadores con respuesta dicotómica y con mayor cantidad de frecuencia de respuestas positivas fueron: “acceso a servicios de salud”, “percepción sobre el origen de fenómenos naturales”, “presencia de atlas de riesgo”, “instituciones de protección civil” y “plan estratégico de protección civil” (Figura 4). Entre los indicadores negativos con respuesta dicotómica sobresalen el cultivo asegurado, acceso a crédito, sistema de riego, mecanización del suelo, conexión a internet, productor organizado y acceso a asesoría técnica. *Cochran Q Test*  $N:51$ ,  $Q = 671,2565$ ,  $df = 21$ ,  $p < 0,000000$



**Figura 4. Frecuencia de indicadores con respuesta dicotómica positiva y negativa para la capacidad de resiliencia de 52 agroecosistemas cafetaleros.**

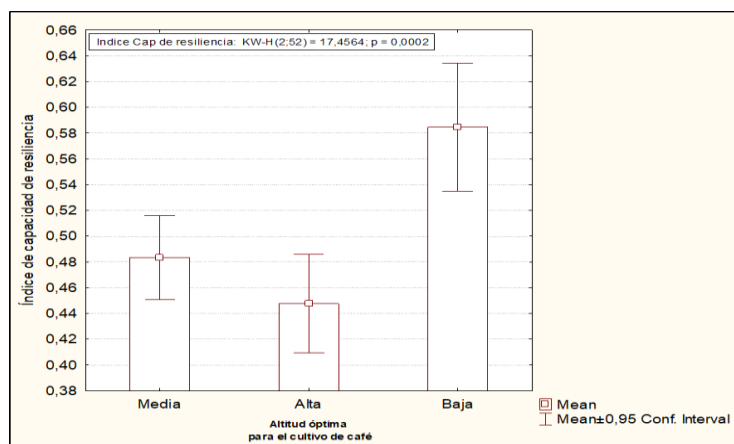
En promedio, los valores de los indicadores integrados en seis dimensiones que menos aportaron a la capacidad de resiliencia de los agroecosistemas fueron los de la dimensión económica los cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05000$ ) respecto al resto de las dimensiones. Desde un enfoque productivista resulta preocupante que el cultivo de café como actividad lucrativa no permita la obtención de ganancias suficientes para los productores (Figura 5). Lo anterior, se relaciona directamente con los precios bajos del mercado, con el rendimiento bajo, la pequeña superficie y con la presencia de enfermedades como la roya (Zamarripa y Escamilla, 2002; CEDRSSA, 2014; AMECAFE, 2017).



**Figura 5. Comparación entre los factores integradores de la CR del agroecosistema café.**



Se determinaron diferencias significativas entre los valores medios del índice de CR ( $KW-H P < 0.05$ ) distribuidos según la clasificación de altitud óptima para el cultivo de café (World Coffee Research, 2018) en donde existen tres categorías: altitud baja, media y alta. Los agroecosistemas ubicados a una altitud baja presentan mayor CR con diferencias significativas respecto a la CR de agroecosistemas localizados a una altitud media y baja (Figura 6). Lo anterior puede considerarse como un efecto de panarquía causado por el macrosistema relieve como resultado de las interacciones entre el cruzamiento de escalas que emergen del macro hacia el micro sistema y a la inversa (Gundersson, 2008).



**Figura 6. Comparación entre la CR de agroecosistemas localizados en tres categorías de altitud para el cultivo de café.**

## Conclusiones

Los indicadores que menos aportaron al índice de CR y que, en consecuencia, presentaron un efecto negativo fueron los relacionados con los factores económico y tecnológico. Por lo anterior, es necesario fortalecer principalmente las debilidades detectadas en el eje económico y tecnológico, debido a que los agroecosistemas podrían alcanzar y rebasar su límite de resistencia, y migrar a una etapa de no retorno. Los tres niveles de CR de los agroecosistemas determinados fueron influenciados por el efecto de una panarquía originada a partir del macro-sistema



relieve. Debido a lo anterior existe la tendencia de que los agroecosistemas con CR *alta* se distribuyan en zonas con baja altitud y conforme se asciende se presentaron los agroecosistemas con CR *media*, y en las zonas con mayor altitud se distribuyeron los agroecosistemas con CR *baja*.

## Literatura citada

- AMECAFE (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café). 2017. Análisis del mercado de consumo de café en México 2016. [https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor\\_Informe\\_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-AMECAFE-Final.pdf](https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-AMECAFE-Final.pdf) [Consultado el 23 de enero de 2017].
- Cabell, F. J., and M. Oelofse. 2012. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society* 17:18. [dx.doi.org/10.5751/ES-04666-170118](https://doi.org/10.5751/ES-04666-170118)
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. CONAFOR. Zapopan, Jalisco, México. 1-20 pp.
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, J.P., López-Ortiz, S., Landeros-Sánchez, C., López-Romero, G. y Peña-Olvera, B. 2015. El agroecosistema comprendido desde la teoría de sistemas sociales autopoieticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(4):855–865.
- Cutter, Susan L.; Burton, Christopher G.; and Emrich, Christopher T. 2010. Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 7:1-22.
- FAO (Food and agriculture Organization of the United Nations). 2009. Guía para la descripción de suelos. FAO, Roma, Italia. 9-17 pp.
- Folke C. 2016. Resilience. *Ecology & Society* 21: 44. [doi.org/10.5751/ES-09088-210444](https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444)
- Gao, J. Barzel, B. and Barabási, A. L. 2016. Universal resilience patterns in complex networks. *Nature* 530:307-312.
- García, A. N. y M. Schmidt. 2016. Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 206 pp.





- Infante, G. S. y G.P. Zárate de Lara. 2013. Métodos estadísticos un enfoque interdisciplinario. Tercera edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 605 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018a. <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/edafologia/> [Consultado el 02 de abril de 2019]
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018b. <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/> [Consultado el 02 de abril de 2019]
- Peterson, C.A., V. T. Eviner, and A.C. Gaudin. 2018. Ways forward for resilience research in agroecosystems. *Agricultural systems* 162:19-27.
- Salgado, G. S., D.J. Palma L., M. Castelán E., L.C. Lagunes E., y H. Ortiz L. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduado Tabasco. Heroica Cárdenas, Tabasco, México. 101 p.
- Walker, B. H., and S. Carpenter. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and society* 9(2):5.
- Walker, B.H., Sayer, J., Andrew, N.L., and Campbell, B., 2010. Should enhanced resilience be an objective of natural resource management research for developing countries? *Crop Science* 50:10-19.
- World Coffee Research. 2018. Las variedades del café arábica. Portland, Oregon, Estados Unidos. 72 p.
- Zamarripa Colmenero, A. y E. Escamilla Prado. 2002. Variedades de café en México: origen, características y perspectivas. Huatusco, CRUO-Universidad Autónoma Chapingo/Fundación Produce de Veracruz A. C. 39 p.



## EXTRACCIÓN DE ADNmg DE SUELO AGRÍCOLA FERTILIZADO CON BIOL

Galdy Hernández Zárata<sup>384\*</sup>, Roberto García Marroquín<sup>385</sup>, Alejandra Ramírez Martínez<sup>384</sup>,  
Jorge Eduardo Zamora Catro<sup>386</sup> y Víctor Manuel Ruíz Valdiviezo<sup>385\*</sup>

### Resumen

El biol constituye una alternativa sostenible de fertilización para la conservación y mejoramiento de suelos agrícolas y su composición favorece la presencia de microorganismos benéficos para los cultivos en los agroecosistemas. La eficacia de los bioles se asocia con los microorganismos benéficos naturales presentes en el biofertilizante. Es común que, en los estudios realizados sobre diversidad bacteriana en suelo, se indique que la mayor proporción de los microorganismos es desconocida, por lo que es deseable identificar los diferentes grupos de microorganismos presentes en suelos. Actualmente, existen técnicas biotecnológicas las cuales identifican grupos específicos de bacterias de manera precisa mediante el análisis de ADN metagenómico (ADNmg). Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue el comparar tres métodos de extracción de ADNmg a partir de muestras de suelo tratado de manera no convencional mediante una mezcla de harina de roca volcánica y biol (estiércol de vaca no desparasitada, melaza de caña de azúcar, suero de leche, ceniza de pino, hueso calcinado de rastro y cascarilla de arroz) para el cultivo de maíz (*Zea mays* L). Para ello, se extrajo ADN de muestras de suelo de un campo experimental de Veracruz. Se utilizaron tres protocolos de lisis: *i*) Método de lisis química (LQ) de Hofman y Winston; *ii*) Método de lisis enzimática (LE) de Sambrook y Russell; y *iii*) Método de lisis térmica (LT) de Valenzuela-Encinas. Las muestras se sometieron a un pre-tratamiento para eliminar la materia orgánica y el exceso de pirofosfato. Los resultados mostraron que el método con mayor eficiencia de extracción en los

<sup>384</sup> Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Veracruz. \*hernandez.galdy@colpos.mx

<sup>385</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

<sup>386</sup> Universidad Tecnológica de Huejotzingo. \*hernandez.galdy@colpos.mx



diferentes suelos, fue el LT, seguido por el método de LE y el de LQ. Las concentraciones de ADN de este estudio fueron mayores a las reportadas por otros autores. En consecuencia, la técnica LT constituye una alternativa para la extracción de ADNmg, y la posterior identificación de los microorganismos benéficos presentes en suelo donde se desarrolla cultivos de maíz tratados con biol y harina de roca volcánica.

**Palabras clave:** biofermentos, diversidad bacteriana, ADN metagenómico, fertilización

## Introducción

En años recientes los abonos orgánicos, incluidos los biofermentos líquidos como el biol, están siendo utilizados como una alternativa sostenible de fertilización para la conservación y mejoramiento de suelos agrícolas (cultivos orgánicos y no orgánicos). La viabilidad de los bioles sobre los fertilizantes químicos ha sido estudiada, y se ha demostrado que los cultivos bajo este sistema agrícola de producción no convencional, suplen eficientemente los requerimientos fisicoquímicos y biológicos del suelo, mejorando su calidad, fertilidad y biodiversidad (Adriano *et al.*, 2012; Hernández Chontal *et al.*, 2019; Larney y Angers, 2012).

La eficacia de los bioles está fuertemente asociada a los microorganismos benéficos naturales que se encuentran en algunos insumos utilizados para la preparación de biol, debido a que son secretores potenciales de moléculas y compuestos (vitaminas, ácidos orgánicos, sideróforos, antioxidantes, y otros compuestos bioactivos) útiles en los sistemas de cultivo (Nguyen *et al.*, 2018; Satyanarayana y Prakash, 2012; Sinha *et al.*, 2010). La acción de estos consorcios microbianos en los suelos permite la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y potasio, además de favorecer los mecanismos de resistencia a enfermedades y plagas (Llamelo *et al.*, 2016; Sogn *et al.*, 2018).



A nivel agronómico, los estudios realizados sobre diversidad bacteriana en suelo indican que la mayor proporción de los microorganismos es desconocida, particularmente por la existencia de microorganismos viables no cultivables (Schloss y Handelsman, 2003; Torsvik y Øvreås, 2002). A pesar de ello, hoy en día muchos de los estudios de las poblaciones bacterianas del suelo, continúan basándose en técnicas tradicionales (dependientes del cultivo), debido a que una gran gama de microorganismos representa un recurso biológico novedoso para la producción de inoculantes comerciales. Así, muchas de las bacterias aisladas del suelo, son consideradas como Bacterias Promotoras del Crecimiento de Plantas (BPCP), siendo utilizadas en estudios que brindan información con respecto a los mecanismos de producción de diversas moléculas y compuestos que incrementan la producción agrícola. Más allá de su importancia en aplicaciones agronómicas las BPCP, también pueden coadyuvar a partir de su uso por los productores del agro a mitigar ambientes contaminados a través de acciones tecnológicas como la biorremediación de sitios impactados (Omori *et al.*, 2016).

A través de los años, gran parte de los estudios para determinar la diversidad microbiana presente en muestras ambientales, se han realizado mediante secuenciación tradicional de bibliotecas génicas (particularmente del ARNr 16S) por el método Sanger (Sanger *et al.*, 1977). No obstante, en la actualidad existen diversas plataformas automatizadas de secuenciación masiva (*Next-Generation Sequencing*) que han permitido abaratar los costos de secuenciación, incrementado la precisión y el rendimiento de esta herramienta. Así, los métodos de secuenciación masiva (pirosecuenciación, secuenciación *shotgun*, Secuenciación de Genomas Completos, metagenómica) han permitido desarrollar estudios de diversidad microbiana mediante el análisis de ADN metagenómico (ADNm<sub>g</sub>), el cual también es ampliamente utilizado en técnicas biomoleculares basadas en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) (Goswami *et al.*, 2016; Guerhazi-Toumi *et al.*, 2018).

Por lo general, el análisis de comunidades microbianas a partir de ADN<sub>m<sub>g</sub></sub> en muestras ambientales ha resultado ser un proceso complejo. Lo anterior, debido a que todos los microorganismos se encuentran embebidos en matrices de





composición diversa y compleja (suelo, aguas residuales, sedimentos y biopelículas) con una alta y variada concentración de contaminantes e impurezas (contaminantes orgánicos, ácidos fúlvicos y húmicos, y compuestos fenólicos) (Schneegurt *et al.*, 2003; Tabatabaei *et al.*, 2010). Técnicamente, la adición de biofermentos en suelos agrícolas, incrementa la concentración de moléculas inhibitoras e impurezas, las cuales tienen repercusiones sobre el proceso de extracción de ADNmg.

A pesar de que se cuenta con múltiples metodologías para la extracción y purificación del ADN para cultivos celulares y muestras ambientales (Hofman y Winston, 1987; Kuhn *et al.*, 2017; Sambrook y Russell, 2001; Valenzuela-Encinas *et al.*, 2008), se requiere de un análisis de los mismos, para establecer los métodos más viables para la extracción y purificación de ADNmg, para su posterior aplicación en estudios de diversidad microbiana de suelos biofertilizados con bioles. Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar tres métodos de extracción de ADNmg a partir de muestras de suelo agrícola fertilizado de manera no convencional a partir de harina de roca volcánica y biol para el cultivo de maíz.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio y colecta de las muestras**

Las muestras fueron colectadas en el área experimental de *Mejoramiento Genético del Maíz* del Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, localizada en 19°11'43.27" Latitud Norte, 96°20'15.64" Longitud Oeste. El suelo fue tratado de forma no convencional: a) se mineralizó con una mezcla de harina de roca volcánica basáltica y cenizas de pino (proporción 6:1) antes de la siembra; y b) se fertilizó con biol elaborado mediante la mezcla de estiércol fresco de vaca, melaza de caña de azúcar, suero de leche y harina de roca volcánica, ceniza de pino, harina de hueso calcinado de rastro en proporciones 12.5:1:1:1:1. El biol se fermenta por un mínimo de tres meses antes de su uso, y se filtra (colador plástico). El biol fue aplicado



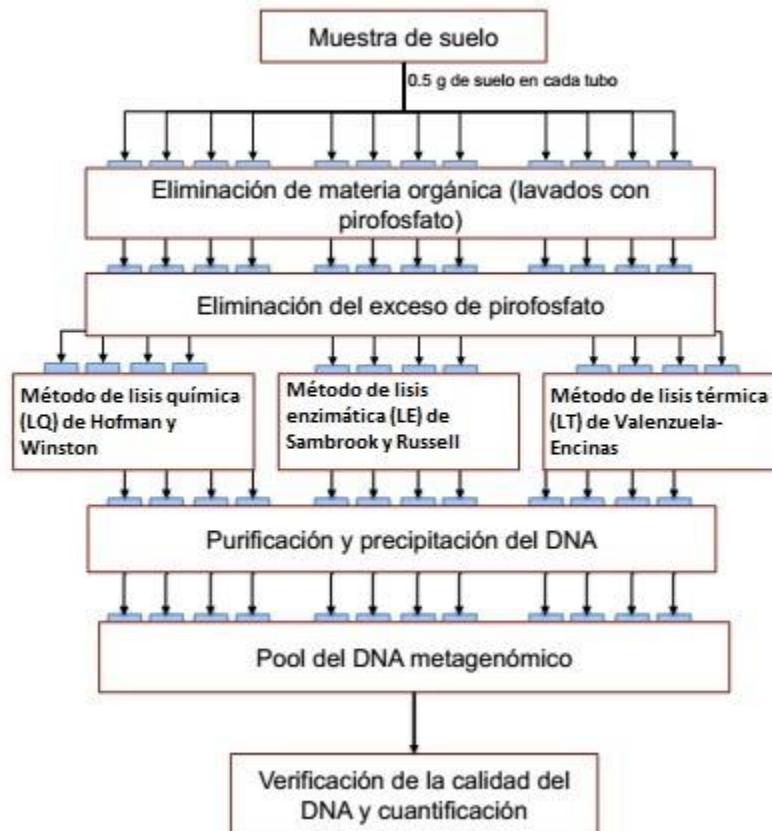
quincenalmente durante un período de 17 semanas. Dentro de esta unidad experimental se realizó un muestreo aleatorio para la toma de muestras de suelo (25 g) por triplicado, a una profundidad de 0 - 30 cm (Figura 1). Las muestras fueron colectadas en tres sitios diferentes del área de estudio: inicio (Sitio 1), medio (Sitio 2) y final (Sitio 3) de la parcela, y un cuarto sitio que representó un suelo control (sin aplicación de biol). La técnica de muestreo se realizó conforme al establecido por la NOM-021-RECNAT-2000. Las muestras fueron colectadas (utilizando guantes) en frascos plásticos estériles, transportadas al laboratorio en hielera (4°C), y almacenadas a -70°C (ultracongelador REVCO *Thermo Scientific*<sup>TM</sup>) hasta su análisis.



**Figura 1. Colecta de muestras de suelo cultivado con maíz (fertilizados con biol) para la extracción de ADNmg.**

### **Extracción de ADN**

El ADN fue extraído utilizando tres protocolos de lisis previamente reportados en la literatura: *i*) Método de lisis química (LQ) (Hofman y Winston, 1987); *ii*) Método de lisis enzimática (LE) (Sambrook y Russell, 2001); y *iii*) Método de lisis térmica (LT) (Valenzuela-Encinas *et al.*, 2008) (Figura 2). Las muestras se sometieron a un pre-tratamiento para eliminar la materia orgánica y el exceso de pirofosfato. Se pesaron asépticamente 0.5 g de suelo en tubos cónicos de plástico estériles (15 mL), para proceder al pre-tratamiento.



**Figura 2. Protocolos empleados para la extracción de ADNmg a partir de muestras de suelo fertilizadas con biol.**

### Eliminación de materia orgánica

A cada tubo se le agregaron 2 mL de solución pirofosfato de sodio (0.15 M) y se agitaron con un vórtex hasta su completa re-suspensión. Posteriormente, los tubos fueron centrifugados a 15,000 x g por 5 min a temperatura ambiente. Este procedimiento se repitió hasta que el sobrenadante se mostrara transparente.

### Eliminación del exceso de pirofosfato

Para eliminar los residuos de pirofosfato, se agregó a cada muestra 2 mL de buffer de fosfatos (pH 8.0), y se agitó con un vórtex hasta su re-suspensión. Posteriormente, se centrifugaron a 15,000 x g por 5 min a temperatura ambiente. Este procedimiento se repitió 4 veces. Las muestras sometidas a estos dos pre-tratamientos, fueron utilizadas para la extracción de ADNmg mediante tres métodos diferentes que se describen brevemente a continuación (Figura 2).





### **i) Método de lisis química (LQ) de Hoffman y Winston**

A cada muestra se le agregaron 700  $\mu\text{L}$  de solución de Winston y Hoffman y un volumen de arena estéril. La solución de Lisis de Winston y Hoffman contenía: Tris-HCl (10 mM) pH 8.0, Tritón X-100 al 2% (v/v), SDS al 1% (w/v), NaCl (100 mM) y EDTA (0.5 M) a pH 8.0, previamente esterilizada en autoclave a 15 psi y 121°C, durante 15 min. Las muestras se agitaron con vórtex hasta su re-suspensión. Posteriormente, se continuó agitando durante 15 min. Se centrifugaron nuevamente a 15,000 x  $g$  durante 15 min y se transfirió la fase acuosa a un microtubo limpio y estéril de 1.5 mL.

### **ii) Método de lisis enzimática (LE) de Sambrook y Russell**

A las muestras se les agregó 1 mL de buffer de lisozima y 80  $\mu\text{L}$  de lisozima (10 mg/mL), posteriormente se incubaron a 37°C durante 60 min en un baño seco tipo termobloque (*Thermo Scientific*<sup>TM</sup>). Se agregó 1 mL de SDS al 10% y un volumen de arena estéril. Se agitó en vórtex durante 15 min. Posteriormente, los tubos fueron centrifugados a 15,000 x  $g$  durante 15 min y se transfirió la fase acuosa a otro microtubo limpio y estéril. El buffer de lisozima se conformó de una solución de EDTA (0.25 M) a pH 8.0, previamente esterilizada en autoclave a 15 psi y 121°C, durante 15 min.

### **iii) Método de lisis térmica (LT) Valenzuela-Encinas**

A las muestras se les agregaron 500  $\mu\text{L}$  de solución de lisis I, se agitaron con vórtex, y posteriormente se adicionaron 500  $\mu\text{L}$  de solución lisis II. Se agitaron nuevamente con vórtex durante 15 min. Transcurrido el tiempo, las muestras se incubaron a -70°C en un ultracongelador REVCO (*Thermo Scientific*<sup>TM</sup>) durante 30 min. Posteriormente, los tubos se colocaron en un baño maría a 70°C por 30 min, para después ser centrifugados a 15,000 x  $g$  durante 5 min. La fase acuso se transfirió a otro microtubo de 1.5 mL, limpio y estéril. La solución de lisis I contenía: NaCl (0.15 M) y EDTA (0.5 M) a pH 8.0. La solución lisis II estaba compuesta de NaCl (0.1 M), Tris-HCl (0.5 M) pH 8.0 y SDS al 12%; previamente esterilizada en autoclave a 15 psi y 121°C, durante 15 min.





### **Eliminación de proteínas y purificación del ADN**

A las fases acuosas obtenidas de cada método se les agregó 1/5 de volumen final de EDTA (0.5 M) a pH 8.0, 1/10 de acetato de potasio (5 M) con ácido acético glacial al 11.5% (v/v) a pH 5.0. Inmediatamente, las muestras se incubaron a 4°C durante 30 min en un refrigerador. Posteriormente se re-suspendieron utilizando un vórtex y se centrifugaron a 13,000 x *g* a 4°C durante 10 min. El sobrenadante se transfirió a un tubo nuevo estéril. Se agregaron 400 µL de solución cloroformo-álcool isoamílico en relación 24:1 (v/v) y se agitó con vórtex. Posteriormente, los tubos se centrifugaron a 13,000 x *g* por 10 min y se transfirió la fase acuosa (capa superior) a un tubo nuevo. El lavado se repitió con la solución de cloroformo-álcool isoamílico. Al extracto obtenido se le agregó polietilenglicol (PEG) al 13% en NaCl (1.6 M), y se agitó con vórtex. Los tubos se incubaron a 4°C por 12 h. Posterior a la incubación se realizó una centrifugación a 13,000 x *g* a 4°C durante 10 min y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante por decantación. El botón se lavó con 500 µL de etanol al 70% y nuevamente se centrifugó a 13,000 x *g* a 4°C durante 10 min. Se eliminó el sobrenadante por decantación. Se permitió secar el botón a temperatura ambiente durante 10 min y re-suspendió en 50 µL de agua destilada estéril.

### **Análisis cualitativo de pureza del ADNmg**

El ADNmg extraído se verificó mediante la técnica de electroforesis en geles de agarosa al 1%, utilizando solución amortiguadora TAE 1X para el corrimiento. El gel fue teñido con el colorante *Sybr Green*. Se utilizó un marcador de peso molecular de 1 kb. El gel se corrió a 400 mA durante 25 min y se observó bajo luz UV.

### **Análisis cuantitativo de la concentración y calidad del ADNmg**

La concentración y pureza del ADNmg se realizó con el equipo NanoDrop™ One (*Thermo Scientific*™ Microvolume UV-Vis spectrophotometer), bajo la metodología establecida para el análisis de ADN de doble cadena, utilizando 1.5 µL de ADNmg obtenido a partir de cada método descrito anteriormente.



## Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de concentración y calidad del material metagenómico. Los resultados indicaron que el método de LT (Valenzuela-Encinas *et al.*, 2008) permitió obtener mayor contenido de ADN (ng/ $\mu$ L) en los diferentes suelos, comparado con los métodos de lisis enzimática y química. Las concentraciones de ADN de este estudio fueron mayores a las reportados por Verma *et al.* (2017), quienes encontraron valores muy bajos de ADNmg en suelos y sedimentos acuáticos empleando métodos similares (García *et al.*, 2018). Las diferencias en los rendimientos de los métodos de extracción de ADNmg, puede deberse a las diferencias en la composición o agentes para llevar cabo la lisis celular y purificación de ADN, el tipo de muestra ambiental (Blanco-Jarvio *et al.*, 2014), el contenido de materia orgánica y la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos en el biol, los cuales causan interferencias en los procesos de extracción y por ende bajas concentraciones y calidad del ADNmg (Tabatabaei *et al.*, 2010). Por lo que en diversas ocasiones se recomienda nuevamente recurrir al tratamiento con  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

**Cuadro 1. Concentración y calidad de ADNmg ( $\pm$ DE; n=3) determinados mediante NanoDrop™ (Thermo Scientific™, Microvolume UV-Vis spectrophotometer) en suelo agrícola fertilizado con biol y mezcla de harina de roca volcánica (Sitio 1: inicio de la parcela; Sitio 2: parte media de la parcela; y Sitio 3: parte final de la parcela; suelo control: sin aplicación de biol).**

Método	Muestra	ng/ $\mu$ L	A260/280	A260/230
Lisis química (LQ) de Hoffman y Winston	Suelo control	2.6	1.91 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.01
	Sitio 1	9.0	1.60 $\pm$ 0.07	0.07 $\pm$ 0.01
	Sitio 2	2.8	1.93 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.02
	Sitio 3	6.8	2.74 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.01
Lisis enzimática (LE) Sambrook y Russell	Suelo control	34.4	1.82 $\pm$ 0.02	0.07 $\pm$ 0.01
	Sitio 1	35.6	1.88 $\pm$ 0.07	0.07 $\pm$ 0.01
	Sitio 2	37.4	2.55 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01
	Sitio 3	18.5	3.56 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.01
Lisis Térmica (LT) de Valenzuela-Encinas	Suelo control	99.6	1.55 $\pm$ 0.01	0.16 $\pm$ 0.01
	Sitio 1	50.8	1.47 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.01
	Sitio 2	29.6	1.60 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.01
	Sitio 3	34.2	1.71 $\pm$ 0.01	0.13 $\pm$ 0.01

A: Absorbancia a tres longitudes de onda ( $\square$ ): 260, 280 y 230;  $\pm$ DE = Desviación estándar.



En consecuencia, en este estudio el método de LT (Valenzuela-Encinas *et al.*, 2008) combina una serie de técnicas de lisis celular tal como choque térmico, mecánico y químico, lo que aseguró una lisis celular más eficiente y altas concentraciones de ADNmg con relación al método de LE (Sambrook y Russell, 2001) y al método de LQ (combina la lisis química y mecánica) (Hoffman y Winston, 1987) que solamente se basan en una o dos técnicas de lisis celular. En este sentido, es conocido que no existe un método de extracción y purificación efectivo de ADNmg, debido a que métodos de extracción que parecen ser idóneos y efectivos para un tipo específico de muestra ambiental, no funcionan en otras muestras más complejas (Schneegurt *et al.*, 2003), sitios por su génesis inherente evolutiva de los suelos, y ello implica tanto a los suelos con intervención antropogénica (agroecosistemas u otro uso antropogénico) o aquellos de baja intervención humana de forma directa. Por lo tanto, un método efectivo de extracción de ADN tiene que cumplir al menos con criterios de alta calidad de ADN caracterizada por altas concentraciones de ADN bicatenario (dsDNA, por sus siglas en inglés), alta pureza del ADN indicado por la ausencia de manchas a través de impurezas del ADN visualizado en el gel de agarosa, y el ADN extraído debe ser aplicable como ADN molde para PCR y/u otros procedimientos para su futuro análisis molecular (Kuhn *et al.*, 2017), y secuenciación masiva de nueva generación con la finalidad de determinar la diversidad, abundancia y riqueza de especies en los suelos.

## Conclusiones

El método de lisis térmica de Valenzuela-Encinas permitió una lisis celular más eficiente y altas concentraciones de ADNmg comparado con los métodos enzimático y químico (combinado lisis química y mecánica). 2. La cantidad de ADNmg extraído permitirá la identificación de las especies microbianas presentes en suelos de agroecosistemas de maíz tratados con biol y harina de roca volcánica.



## Agradecimientos

Se agradece al Dr. Gustavo López Romero del COLPOS Campus Veracruz por permitir la colecta de las muestras en la parcela de maíz que se encuentra bajo su estudio.

## Literatura citada

- Adriano, M. de L., F. Gutiérrez, L. Dendooven and M. Salvador-Figueroa. 2012. Influence of compost and liquid bioferment on the chemical and biological characteristics of soil cultivated with banana (*Musa* spp. L.). *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12:33-43.
- Blanco-Jarvio, A., A. Martinez-Lopez y A. Bautista-García. 2014. Optimización de un protocolo de extracción de ADN total para la amplificación de marcadores moleculares funcionales específicos de organismos desnitrificantes. *CICIMAR Océánides* 29:37-44.
- García-Rodríguez, J.A., J.H. Castañón-González, F.A. Gutiérrez-Miceli, B.A. Peña-Ocana, R. Trejo-Valencia and V.M. Ruiz-Valdiviezo. 2018. Assessment of methods for extraction of metagenomic DNA from sediments of lakes of the national park "lagunas de montebello", Chiapas, Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 34:91-97.
- Goswami, R., P. Chattopadhyay, A. Shome, S.N. Banerjee, A.K. Chakraborty, A.K. Mathew and S. Chaudhury. 2016. An overview of physico-chemical mechanisms of biogas production by microbial communities: a step towards sustainable waste management. *Biotech.* 6:72-72.
- Guermazi-Toumi, S., R., Chouari and A. Sghir. 2018. Molecular analysis of methanogen populations and their interactions within anaerobic sludge digesters. *Environ. Technol.* 7:1-16





- Hernández Chontal, M. A., C. J. López Collado, N. Rodríguez Orozco, J. Velasco Velasco, A. Linares Gabriel and G. López Romero. 2019. Nutrient content of fermented fertilizers and its efficacy in combination with hydrogel in *Zea mays* L. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 8:309-315. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0248-8>
- Hofman, C.S. y F. Winston. 1987. A ten-minute DNA preparation from yeast efficiently releases autonomous plasmids for transformation of *Escherichia coli*. *Gene.* 57:267-272.
- Kuhn, R, J. Böllmann, K. Krahl, I.M. Bryant and M Martienssen. 2017. Comparison of ten different DNA extraction procedures with respect to their suitability for environmental samples. *J. Microbiol. Methods.* 143:78-86.
- Llamelo, N., S. P. Bulalin, A. Pattung and S. Bangyad. 2016. Effect of Different Bio-fertilizers applied as supplemental foliar spray on the growth and yield of corn (*Zea mays* L). *Asia Pac. J. Multidiscip. Res.* 4(4):119-125.
- Larney F.J. and D.A. Angers. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: a review. *Can J Soil Sci* 92:19–38. <https://doi.org/10.4141/cjss2010-064>.
- Nguyen T.H.N., N. Lee Chuen and Riddech N. 2018. The effects bio-fertilizer and liquid organic fertilizer on the growth of vegetables in the pot experiment. *Chiang Mai J. Sci.* 45(3):1257-1273
- Omori, W. P., A. F. Camargo, K.C.S. Goulart, E.G. de Macedo Lemos and J.A.M. de Souza. 2016. Influence of vinasse application in the structure and composition of the bacterial community of the soil under sugarcane cultivation. *Int. J. Microbiol.* <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2349514>.
- Sambrook, J. y D.W. Russell. 2001. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 3rd ed. (Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, eds).
- Sanger, F., S. Nicklen and A. R. Coulson. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Natl Acad Sci.* 74:5463–5467.
- Satyanarayana, T., B. N. Johri and A. Prakash. 2012. *Microorganisms in Sustainable Agriculture and Biotechnology*. Springer, Nueva York, EE. UU. 829 pp.
- Schloss, P. D. and J. Handelsman. 2003. Biotechnological prospects from metagenomics. *Curr. Opin. Biotech.* 14:303–310.



- Schneegurt, M. A., S. Y. Dore and C. J. Kulpa Jr. 2003. Direct Extraction of DNA from Soils for Studies in Microbial Ecology. *Curr. Issues Mol. Biol.* 5:1-8.
- Sinha R.K., D. Valani, K. Chauhan and S. Agarwal. 2010. *J Agric. Biotechnol. Sustain. Development* 2(7):113-128. DOI 10.1023/A:1007796609378.
- Sogn T.A., I. Dragicevic, R. Linjordet, T. Krogstad, V.G.H. Eijsink and S. EichGreateorex. 2018. Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric* 7:49–58. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0188-0>
- Tabatabaei, M., M.R. Zakaria, R.A. Rahim, N. Abdullah, D.G. Wright, Y. Shirai, M. Shamsara, K. Sakai and M.A. Hassan. 2010. Comparative study of methods for extraction and purification of environmental DNA from high-strength wastewater sludge. *Afr. J. Biotechnol.* 9:4926–4937.
- Torsvik, V. and L. Øvreås. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Curr. Opin. Microbiol.* 5:240–245.
- Valenzuela-Encinas, C., I. Neria-González, R.J. Alcántara-Hernández, J.A. Enríquez-Aragón, I. Estrada-Alvarado, C. Hernández-Rodríguez, L. Dendooven and R. Marsch. 2008. Phylogenetic analysis of the archaeal community in an alkaline-saline soil of the former lake Texcoco (Mexico). *Extremophiles.* 12:247-254.
- Verma, S.K., Singh, H. and Sharma, P.C. 2017. An improved method suitable for isolation of high-quality metagenomic DNA from diverse soils. *3 Biotech,* 7(3):171.



## ANÁLISIS FINANCIERO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PECUARIOS VS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE ARMERÍA, COLIMA

José Antonio Torres Rivera<sup>387\*</sup>, Sandra Luz Fernández Pereyra<sup>388</sup>, Miriam Cipriano  
 Enríquez<sup>388</sup> y José Manuel Palma García<sup>389</sup>

### Resumen

El objetivo fue analizar mediante indicadores financieros la conveniencia de los sistemas agroforestales (SAF) con bovinos respecto a los sistemas de monocultivo de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] y palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en el municipio de Armería, Colima. Los sistemas analizados fueron: limón (L), palma de coco (P), limón + palma (L+P), palma + bovinos (P+B) y limón + palma + bovinos (L+P+B). La información fue obtenida mediante entrevistas directas a profundidad con productores que tuvieran por lo menos tres hectáreas de cultivo y al menos cinco años de establecido el sistema. Se estimó la cosecha de 2017-2018 en kg/ha para cada sistema. Se encontró que los sistemas agroforestales presentan mejores indicadores de rentabilidad que los monocultivos: L+P+B (VAN=\$729,939 y TIR=58.0%); P+B (VAN=\$370,925 y TIR=46.2%); L+P (VAN=\$380,320 y TIR=47.1%); P (VAN=\$69,556 y TIR=47.4%) y L (VAN=\$249,435 y TIR=40.6%). En cuanto al análisis de la relación beneficio/costo, las mayores utilidades fueron obtenidas en el sistema de policultivo con ganado: L+P+B (B/C=3.0), mientras que las menores fueron con los monocultivos: L (B/C=1.79) y P (B/C=1.84). Se concluye que los sistemas diversificados, sobre todo los que incluyen el pastoreo con bovinos son más recomendables en términos financieros que los monocultivos.

**Palabras clave:** bovino, *Cocos nucifera*, *Citrus aurantifolia*, diversificación, silvopastoril

<sup>387</sup> Centro Regional Universitario Oriente – Universidad Autónoma Chapingo. \*tora\_sheep@hotmail.com

<sup>388</sup> Unidad Regional Universitaria Sursureste – Universidad Autónoma Chapingo.

<sup>389</sup> Centro Universitario de Investigaciones y Desarrollo Agropecuario – Universidad de Colima.



## Introducción

En las costas del estado de Colima, el cultivo comercial de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] y de palma de coco (*Cocos nucifera* L.) data de hace más de un siglo. La producción de limón adquirió a partir de la década de los años 80´s gran importancia nacional y mundial, debido al considerable aumento de la superficie dedicada a su producción, al incremento en los rendimientos de fruta, a que los productores empezaron a adoptar nuevas tecnologías para el manejo de sus huertas, entre ellas el monocultivo, el aumento en las densidades de plantación, la aplicación de riegos y fertilización, entre otras innovaciones. Acontecimientos como heladas (1985 y 1989) y huracanes (1992) afectaron a las zonas productoras en EUA, disparando la demanda y los precios de la fruta en México. El cambio tecnológico ocasionó que desaparecieran los sistemas de producción más comunes en la zona, tal como el cultivo de limón bajo palma de coco y el pastoreo asociado a las plantaciones de limón, que habían sido ampliamente utilizados por las ventajas que significaba la diversificación de los ingresos económicos, en lugar de una sola fuente y con un mínimo costo de inversión adicional (Gómez *et al.*, 1994; Robles *et al.*, 2014). En el caso de la palma de coco, la disminución de la superficie se debió además de la sustitución (80 a 90%) por lo atractivo del limón, al ingreso de México al GATT, que desprotegió a las empresas productoras de aceite de copra, obligándolas a cerrar y a los productores empobrecidos a rentar o vender sus parcelas a bodegueros foráneos interesados en cultivar hortalizas (COL-PALMA DE COCO, 2012).

El resultado de lo antes expuesto, propició cambios en la mentalidad de los productores, y actualmente las plantaciones nuevas de limón y de palma de coco tienden a establecerse como cultivo único; aunque hay un sector de productores que prefiere los sistemas diversificados porque en ellos encuentran mayor seguridad ante los crecientes problemas de mercado, por el aumento de los costos de producción y la disminución de los beneficios totales y, principalmente, porque se han exacerbado la pérdida de fertilidad de suelos, así como los problemas de plagas y enfermedades.





La ganadería bovina en Colima también ha venido perdiendo rentabilidad como consecuencia de los cambios estructurales y políticos en el sector productivo. González (2013), puntualiza que la baja rentabilidad tanto en los sistemas tradicionales como intensivo se debe a problemas técnicos, productivos, reproductivos y sanitarios; a la tendencia al incremento de los costos de producción y estancamiento de los precios de los productos pecuarios; a la ausencia de un sistema de normalización, verificación y certificación de productos agropecuarios; a limitaciones de la generación y transferencia tecnológica; a cambios en la política de fomento a la producción; y a las crecientes importaciones.

Existen reportes en los que se menciona que la producción en monocultivo es más recomendable que la diversificada, mientras que para otros autores la producción simultánea de varios cultivos en el mismo terreno es mejor que el monocultivo. Así, por ejemplo, Becerra y Orozco (1991), dicen que los limones cuando se cultivan en forma libre producen 100% más fruta que cuando se cultivan asociados con cocotero. Para Robles *et al.* (2014), los árboles del limón mexicano tienen un mejor comportamiento cuando son cultivados a pleno sol, ya que cuando se intercalan con otro cultivo que le genere sombra, como es el caso de la asociación con cocotero, su capacidad productiva puede reducirse hasta un 50%.

Un estudio realizado en Colima para evaluar el comportamiento de la palma de coco en cinco sistemas de producción arrojó que el sistema palma + pasto + ganado fue mejor en cuanto a rendimiento de copra por palma, copra por nuez y número de cocos por palma respecto al sistema de palma sola y en algunos casos también superior al sistema palma + limón (Ordáz y Pérez, 1998).

Por lo que es importante identificar y comparar las oportunidades financieras de los principales sistemas de producción en la región, para apoyar en la toma de decisiones que contribuyan a superar la crisis que afecta no solamente a los miles de productores de limón mexicano, de palma de coco y ganaderos, sino también al sinnúmero de jornaleros y profesionales que dependen directamente de la superficie trabajada, de la productividad del terreno y del valor de la producción. Porque, además, estos sistemas producto generan ganancias a un considerable número de viveros de plantas y empresas proveedoras de insumos; también dan



empleo a obreros en las empacadoras, en industrias y talleres conexos, a transportistas, a personas dedicadas a la comercialización en el mercado local y foráneo, entre otros.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio fue realizar un análisis financiero de los sistemas de producción con base en limón y palma de coco, enfatizando en la comparación de los agroforestales respecto a los monocultivos, en el municipio de Armería, Colima.

## **Materiales y métodos**

El trabajo de campo se realizó en el mes de julio del año 2019, en el municipio de Armería, localizado en la parte Centro-Sur del estado de Colima, México. El paisaje corresponde a una llanura costera ondulada, limitada al SO por el litoral del Océano Pacífico y al NE por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental. El clima oscila entre cálido subhúmedo con lluvias en verano ( $Aw_0$ ) y cálido seco con lluvias en verano ( $BS_1$ ), con temperatura media de  $26^{\circ}\text{C}$  y precipitación anual de 700 mm. Los suelos son sedimentarios, de textura arenosa a franco arenosa, con pH de 7.0 a 8.3, con profundidad mayor a 1 m; y con vegetación primaria de selva baja (García, 2004; INEGI, 2009).

Se utilizó la metodología de Diseño y Diagnóstico desarrollada por Raintree (1987), que consiste en: seleccionar y caracterizar el marco biofísico y socioeconómico (para el prediagnóstico), obtener datos de campo (fuente primaria de información) y caracterizar los sistemas agroforestales (SAF) predominantes. La caracterización de los SAF de la región se realizó cualitativamente mediante la descripción de los componentes, de la estructura y la función del sistema (Torquebiau, 1993). Para ello, se entrevistó a personas que tuvieran cinco años o más dedicados a la producción de limón, palma de coco o la asociación de ambos y que contaran con al menos tres hectáreas de SAF. Se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo decisonal (Lininger y Warwick, 1984). Se llevó a cabo el análisis financiero mediante el cálculo del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio



costo (B/C); para con ello comparar la eficiencia de los SAF, los retornos a la inversión y la sostenibilidad económica en el tiempo. La evaluación se realizó en un ciclo anual de producción, donde los componentes que integran el sistema se consideraron activos fijos. Se consideró un periodo de 15 años y una tasa de 10% de interés.

Al inicio y durante el transcurso del estudio fueron realizadas cuatro reuniones de análisis FODA con productores líderes y expertos locales en el tema, siendo identificados cinco tipos de sistemas agroforestales principales en el municipio, considerando la mayor superficie relativa y el mayor número relativo de productores, con base en los cultivos de limón mexicano y palma de coco, que sirvieron para seleccionar el número de casos a estudiar y llevar a cabo las entrevistas a profundidad. Dos fueron clasificados como monocultivo: limón (L, n=4 casos) y palma (P, n=1 caso); y tres como sistemas agroforestales: limón + palma (L+P, n=4 casos), palma + bovinos (P+B, n=2 casos) y limón + palma + bovinos (L+P+B, n=1 caso).

## Resultados y discusión

Se encontró que la siembra más común de estas especies en monocultivo es en marco real, con densidad de 400 y 600 plantas/ha, para limón y coco, respectivamente. Para las especies asociadas, la más frecuente fue de 300, 150 y 300 plantas/ en los SAF L+P, P+B y L+P+B, respectivamente. En el caso de los sistemas con ganado se encontró que la carga animal es de 2.7 cabezas/ha y que los becerros son engordados en corral, con una tasa de extracción de 260 kg de carne ha/año.

## Valor Actual Neto (VAN)

En el Cuadro 1 se exponen los resultados del análisis financiero de los SAF evaluados. En todos los casos el VAN fue positivo y mayor de cero, por lo cual todos son proyectos factibles de inversión. Sin embargo, se puede observar claramente que los sistemas de monocultivo presentan indicadores menos favorables en comparación con los sistemas diversificados, sobretodo el de palma (VAN=\$69,556)



y en segundo lugar el de limón (VAN=\$249,435). De los SAF, el mejor es el sistema L+P+B porque muestra el mayor índice (VAN=\$729,939) y supera por casi el doble a los siguientes recomendables que son L+P (VAN=\$380,320) y P+B (VAN=\$370,925).

**Cuadro 1. Comparativo de indicadores financieros de sistemas de monocultivo y agroforestales con base a limón mexicano (L), palma de coco (P) y pastoreo con bovinos (B) en el municipio de Armería, Colima.**

Sistema	BBTA (\$)	CTA (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	B/C
L monocultivo	220,500	120,000	249,435	40.6	1.79
P monocultivo	43,200	30,000	69,556	47.4	1.84
L+P	225,840	95,000	380,320	47.1	1.89
P+B	210,490	110,000	370,925	46.2	1.90
L+P+B	300,000	90,000	729,939	58.0	3.00

BBTA = beneficios brutos totales actualizados; CTA = costos totales actualizados;  
VAN = valor actual neto; TIR = tasa interna de retorno; B/C = relación beneficio costo.

Estos resultados confirman lo encontrado por otros autores que han hecho comparaciones financieras de sistemas convencionales contra sus alternativas agroforestales. Ejemplo de lo anterior, es el estudio realizado por Gabriel (2009), en cafetales de Veracruz, donde el sistema café + ovinos superó al de café + palmas, en comparación con el cafetal convencional. Así mismo, nuestros resultados coinciden con lo señalado por Romo *et al.* (2012), quienes hallaron que el sistema silvopastoril conformado por los componentes cedro rojo + pasto grama + bovinos presenta la rentabilidad más atractiva comparada con el monocultivo de cedro rojo o cualquier asociación de este con maíz, cítricos u otros frutales.

**Tasa interna de retorno (TIR)**

Este indicador muestra que el rendimiento de la inversión es menos contrastante entre sistemas, sin embargo, la tendencia es similar a la que indica el VAN pues el sistema L+P+B tiene la mejor tasa (TIR=58.0%) de todos los sistemas evaluados. Entre los demás sistemas hay poca diferencia, pero también es un monocultivo el que resultó con la menor tasa, en este caso el sistema L (TIR=40.6%).





Gabriel (2009) y Romo *et al.* (2012), también encontraron que adoptar el sistema silvopastoril arroja mayor rendimiento de la inversión basada en el flujo de fondos netos respecto al sistema tradicional sin pastoreo.

### **Relación beneficio costo (B/C)**

De acuerdo con la relación cuantificada de los beneficios brutos totales entre los costos totales que se muestra en el Cuadro 1, todos los sistemas evaluados dejan ganancias a sus propietarios, destacando que el sistema L+P+B es por mucho el más rentable de todos ( $B/C=3.00$ ); y por el contrario, el que deja la menor utilidad debido a los altos costos totales es el sistema L ( $B/C=1.79$ ), aunque entre este sistema y los restantes las diferencias son de poca magnitud.

En el sistema P es donde se requieren menores costos de inversión ( $CTA=\$30,000$ ), pero los ingresos que genera también son los más bajos de todos ( $BBTA=\$43,200$ ), de ahí que su relación beneficio costo sea también baja.

La asociación P+B no difiere de L+P, incluso ambos tienen una relación B/C ligeramente superior a la de L y de P. Con lo cual se rechaza la afirmación de otros autores como Robles *et al.* (2014), que dicen que los árboles del limón mexicano pueden perder hasta en 50% su capacidad productiva cuando se intercalan con cocotero respecto al mismo cultivo a pleno sol.

Como se ha dicho el sistema L+P+B es el de mayor relación beneficio costo, producto de dar los mayores ingresos económicos a sus propietarios ( $BBTA=\$300,000$ ) a un costo de inversión relativamente bajo ( $CTA=\$90,000$ ). No obstante, la inversión inicial, sobretudo en la construcción de corrales, puede ser un gasto fuerte para productores de bajos recursos, limitando su adopción. Sin embargo, para quienes están en posibilidades, los costos se compensan con los altos BBTA obtenidos.

Las mayores utilidades en los sistemas L+P+B y P+B respecto a los sistemas de monocultivo L y P, tal como lo sugieren investigaciones en otros cultivos, como café (Piña *et al.*, 2000; Torres y De Lucas, 2002) y naranja (Torres, 1996; Torres *et al.*, 1999), se deben probablemente a que el ganado contribuye directamente a reducir los costos totales de producción por ahorros en insumos y jornales para labores como



deshierbe y fertilización, así también y de manera indirecta por inducir alteraciones positivas en el agroecosistema que mejoran el comportamiento productivo de los árboles. Con el pastoreo se tienen ingresos adicionales por venta de animales, aumentando los BBTA, pero también porque se logran mayores rendimientos de copra por palma, mayor cantidad de copra por nuez y mayor número de cocos por palma (Ordaz y Pérez, 1998).

Los SAF pecuarios incluyen los CTA de los sistemas convencionales (L, P y L+P), de manera que el componente animal aporta 25 y 75% de las utilidades en los sistemas L+P+B y P+B, respectivamente. En ambos sistemas silvopastoriles y a diferencia de las opciones con sólo árboles, otros atractivos son contar con ingresos desde el primer año de inversión, dar empleo a lo largo del año y disponer de proteína animal para el autoconsumo y venta.

Los resultados de la evaluación financiera indican que los sistemas evaluados son rentables económicamente. Sin embargo, debe señalarse que los beneficios obtenidos son subestimados, dejando de lado los beneficios ambientales, como conservación de suelos, secuestro de carbono, captación de agua, reservorios de fauna, entre otros (Cruz *et al.*, 2014).

## Conclusiones

Los cinco sistemas agroforestales con base a limón mexicano y/o palma de coco estudiados, tal como lo muestran los indicadores estimados, son económicamente viables. El sistema con mejores resultados financieros es el silvopastoril de limón + palma + bovinos; en éste ocurre la mejor relación beneficio-costos, el valor actual neto más alto y la tasa interna de rendimiento más alta. Un segundo grupo atractivo a la inversión lo representan las modalidades de palma + bovinos y palma + limón, indicando que para los productores es más rentable financieramente dedicarse a cualquiera de estos SAF que las opciones de monocultivo L y P.



## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento y gratitud a cada uno de los productores por el tiempo brindado y por compartir su valiosa experiencia; a las autoridades de los ejidos de Cuyutlán y Cofradía de Juárez del municipio de Armería, por las facilidades para la ejecución del estudio; a la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por el financiamiento que hizo posible llevar a cabo la asignatura Trabajo de Campo Integrador (TCI-III); a los estudiantes de la URUSSE - UACH, del CUIDA - Universidad de Colima y del CUCBA - Universidad de Guadalajara que participaron en el TCI-III.

## Literatura citada

- Becerra, R. S. y J. Orozco R. 1991. Sistemas de producción del limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle], en el estado de Colima. p. 46-56. *In*: Memoria sobre Sistemas de Producción en Cítricos. PIISCI-UACH. Chapingo, México.
- COL-PALMA DE COCO. 2012. Plan rector del sistema producto palma de coco del estado de Colima.  
[http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20PALMA%20DE%20COCO%20COLIMA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR\\_PALMA\\_COCO\\_COLIMA\\_2012.pdf](http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20PALMA%20DE%20COCO%20COLIMA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_PALMA_COCO_COLIMA_2012.pdf) [Consultado el 12 de agosto de 2019].
- Cruz, A. R., J. A. Leos R., M. Uribe G. y R. Rendón M. 2014. Evaluación socioeconómica del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17:315-319.
- Gabriel, R. I. 2009. Sistemas agroforestales para el desarrollo sostenible de la cafecultura en Huatusco, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México. 134 p.



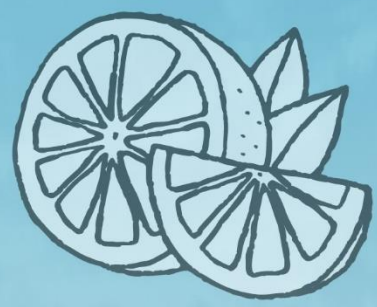
- García, A. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros, Núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM. 5° edición corregida y aumentada. México. 90 p.
- Lininger, Ch. A. y D. P. Warwick. 1984. La encuesta por muestreo: Teoría y práctica. Compañía Editorial Continental. México. 405 p.
- Gómez, C. M. A., R. Schwentesius R. y A. Barrera G. 1994. El limón persa en México. Una opción para el trópico. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 202 p.
- González, S. R. F. 2013. Alternativas de fomento de la ganadería bovina en Colima. Aportes II: 73-92.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Armería, Colima. Clave geoestadística 06001. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/06/06001.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/06/06001.pdf) [Consultado el 12 de agosto de 2019].
- Ordáz, O. E. y O. Pérez Z. 1998. Comportamiento de la palma de coco en cinco sistemas de producción del estado de Colima, México. Terra 16(3):259-267.
- Piña, C. B. A., R. Sandoval H., G. Castillo P., T. Aguas R. y J. Bocanegra G. 2000. Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología GGAVATT SURGE. Sistemas de producción ovinos y caprinos en la región central de Veracruz. 1ª y 2ª Evaluación Anual. Folleto informativo división pecuaria. Campo Experimental Xalapa, INIFAP. México. 98 p.
- Raintree, J. B. 1987. D&D Users´ Manual. An introduction to Agroforestry diagnosis and design. International Center for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenia. 1-22 pp.
- Robles, G. M. M., M. A. Manzanilla R., M.A. y S. H. Carrillo M. 2014. Origen, Taxonomía y Requerimientos Agroclimáticos. p. 19-29. In: Orozco, S. M., M. M. Robles G., J. J. Velázquez M, M. A. Manzanilla R., M. J. Bermúdez G., S. H. Carrillo M. *et al.* (eds.). El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- Romo, L. J. L., Y. B. García C., M. Uribe G. y D. A. Rodríguez T. 2012. Prospectiva financiera de los sistemas agroforestales de El Fortín, municipio de Atzalan, Ver. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 18(1):43-55.





- Torquebiau, E. 1993. Los conceptos de la agroforestería; una introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 61 p.
- Torres, R. J. A. 1996. Caracterización del agroecosistema naranjo-ovino en Tlapacoyan, Veracruz (estudio de caso). Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Manlio F. Altamirano, Veracruz. 150 p.
- Torres, R. J. A., E. Ortega J., J. E. Pacheco V., O. Ruíz R. y E. Castillo G. 1999. Cambios en propiedades del suelo de un agroecosistema citrícola inducidos por la época del año, edad de árboles y pastoreo de ovinos. *Agrociencia* 33(2):149-158.
- Torres, R. J. A. y J. De Lucas T. 2002. Los ovinos de pelo en agroecosistemas cafetaleros. En: Pohlen, J. (ed.) México y la cafecultura chiapaneca. Reflexiones y alternativas para los caficultores. Shaker Verlag. Aachen, Alemania. 269-261 pp.

**IV Congreso Mexicano de  
Investigación en Cítricos 2019**





# Prácticas Culturales





## EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES NITROGENADOS COMO INDUCTORES DE FLORACIÓN EN LIMÓN MEXICANO [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle]

Víctor Alejandro Sánchez Cruz<sup>390</sup> y José C. García Preciado<sup>391\*</sup>

### Resumen

Los cultivos cítricos entre ellos el limón mexicano son altamente sensibles a la carencia de nutrientes. Desde el arribo de la epidemia del Huanglongbing reportada el año 2010 para el estado de Colima, productores de limón mexicano intensificaron diversas actividades de manejo entre las que destaca la aplicación foliar de algunos fertilizantes minerales con el objetivo de inducir floración; debido a que dicho proceso en algunos huertos no se manifestaba, a pesar de que se presentaban condiciones climáticas que favorecen la floración. Con base a lo antes expuesto, se plateó como objetivo evaluar el efecto en floración de árboles de limón mexicano, realizando aplicaciones vía foliar de diferentes fuentes nitrogenadas inorgánicas en dos concentraciones. El estudio se realizó en una huerta en producción ubicada en el municipio de Tecomán, Colima, México. El diseño fue en parcelas divididas dispuestas en bloques completamente aleatorizados y los tratamientos de fertilización fueron productos minerales comerciales (urea, fosfonitrato y sulfato de amonio), en proporciones de 2.3 y 3.7% en base al volumen total del fertilizante, más un testigo sin aplicación. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variable de estudio se cuantificó el número de brotes florales que se visualizaron a través de un marco de madera de 1m<sup>2</sup>, a los siete días después de realizadas las aplicaciones. Los datos se analizaron en SAS<sup>®</sup> utilizando la prueba de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las aplicaciones de los tratamientos de fertilización promovieron la aparición de brotes vegetativos. La aplicación de sulfato de amonio en sus dos concentraciones generó menor cantidad de brotes florales junto con el

<sup>390</sup> Universidad de Colima.

<sup>391</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecomán. \*garcia.concepcion@inifap.gob.mx





testigo, al igual que las proporciones de 3.7% del resto de los fertilizantes. Las aplicaciones de urea y fosfonitrato al 2.3% obtuvieron los mejores valores en la producción de brotes florales.

**Palabras clave:** Fertilización foliar, HLB

## Introducción

Los cultivos cítricos son considerados como altamente sensibles a la carencia de nutrimentos (Fageria *et al.*, 2008). Con la instalación de la epidemia del Huanglongbing (HLB; *Candidatus Liberibacter asiaticus*), las prácticas tradicionales de manejo para la producción de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle], han sido poco efectivas ya que se ha generado una disminución en rendimientos. De manera natural, el período de floración del limón mexicano en el estado de Colima ocurre de los meses de marzo-junio (Ariza *et al.*, 2004), dicho proceso se ve modificado en algunas plantaciones e incluso no se presenta por los efectos del HLB (Robles *et al.*, 2018); por ello se ha optado por la utilización de inductores de floración. Algunos productores han implementado actividades de manejo para la inducción floral como el anillado de ramas, estrés hídrico, poda de fructificación, raleo de frutos (Ariza *et al.*, 2004) y la utilización de hormonas vegetales (Iqbal y Karacali, 2004); siendo la actividad más fomentada la utilización de productos químicos entre los que destacan el nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y nitrato de calcio [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ] (Rojas y Leal, 1997). Considerando lo anterior, se planteó evaluar el efecto en floración en árboles de limón mexicano con HLB realizando aplicaciones vía foliar de diferentes fuentes nitrogenadas inorgánicas en dos concentraciones.



## Materiales y métodos

La evaluación se realizó en un huerto comercial de limón mexicano de siete años de establecido ubicado en el ejido Independencia del municipio de Tecomán, Colima (18°56´22.1" N -103°53´54.0 W), presenta una altitud de 44 msnm; temperatura promedio anual de 27 °C, precipitación anual acumulada de 710 mm, y el clima predominante es cálido semiseco (BS1) con lluvias en verano. Se utilizó la variedad "Colimex" injertada sobre un patrón *Macrophylla* (*Citrus macrophylla*) y el marco de plantación es de 8x6 metros, sumando un total de 208 árboles por hectárea; la textura del suelo es arenosa, con pH de 7.6 y materia orgánica de 1.5 porcentual. El experimento se llevó a cabo probando tres factores de manejo, que fueron fuentes minerales comerciales: urea (UR), fosfonitrato (FN) y sulfato de amonio (SA) y dichas fuentes se dividieron en proporciones porcentuales de 2.3 y 3.7 en base al volumen total del fertilizante; más un testigo sin aplicación que fue un tercer componente de manejo utilizando solo la poda de ramas. En la extensión total del terreno (parcela grande) se estableció un diseño por bloques completamente aleatorizado, seleccionando al azar un área específica del terreno de siete surcos (parcela chica) en donde los componentes y tratamientos se distribuyeron al azar seleccionando 36 plantas por surco. Las aspersiones se realizaron el mes de mayo del 2018 utilizando un equipo motorizado para asperjar los productos y sus proporciones en toda el área de la copa del árbol; previamente se realizó la poda en el tratamiento correspondiente (testigo). Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variable de estudio se cuantificó el número de brotes florales que se visualizaron a través de un marco de madera de 1m<sup>2</sup>, colocándolo esté sobre el área foliar de las plantas por cada punto cardinal, esto fue a los siete días después de realizada la aplicación solo en 16 plantas por tratamiento. Los datos de número de brotes florales se analizaron mediante el programa estadístico SAS® (Statistical Analysis System) utilizando la prueba de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).



## Resultados y discusión

Los efectos de las aplicaciones de UR, FN y SA comenzaron a apreciarse a los siete días después de realizada la aspersión, y a los 14 días fueron más evidentes debido a que se apreciaron los brotes florales en proceso de antesis. La aplicación SA en sus diferentes concentraciones generó menor cantidad de brotes florales junto con el testigo. En tratamientos con SA fue más notoria la producción de brotes tiernos, sin embargo, en el resto de tratamientos de fertilización foliar utilizados también se promovió la aparición de brotes tiernos y algunos vegetativos conocidos como “chupones”. Respecto al testigo, en los tratamientos fertilizados se apreció mayor intensidad de color en las hojas, y las aplicaciones de UR y FN al 2.3% obtuvieron los mayores valores en brotes florales (Cuadro 1); lo anterior coincide con Ariza-Flores *et al.* (2004), que proponen aplicaciones de UR y FN superiores al 1% para la inducción floral. Otro estudio determinó que las aplicaciones de nitrógeno a base de UR y FN al 2% en conjunto con la poda causan defoliación, por lo tanto, inducen a la planta a producir brotes vegetativos y yemas florales (Ambriz *et al.*, 2013). Con los fertilizantes empleados, las proporciones al 3.7% obtuvieron valores más bajos en la producción de brotes florales, siendo dichos tratamientos menores e iguales al testigo sin aplicación (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Efecto de fuentes nitrogenadas a diferentes concentraciones sobre el número de brotes florales.**

Tratamientos	Concentración (%)	Número de brotes florales
Urea (UR)	2.3	14.84 a
Urea (UR)	3.7	6.11 abc
Fosfonitrato (FN)	2.3	13.56 ab
Fosfonitrato (FN)	3.7	3.64 bc
Sulfato de amonio (SA)	2.3	6.02 abc
Sulfato de amonio (SA)	3.7	3.64 bc
Testigo	0	5.71 abc



## Conclusiones

1. La producción de flores fue mayor con los tratamientos de urea y fosfonitrato al 2.3%, tratamientos que recibieron fertilización foliar se promovió la aparición de brotes vegetativos tiernos y de “chupones”. 2. Fuentes de fertilización foliar utilizando fosfonitrato y sulfato de amonio al 3.7% fueron superadas por el testigo en lo que respecta al conteo de brotes florales.

## Agradecimientos

Consejo Estatal de Productores de Limón mexicano (COEPLIM), particularmente a los productores del predio “El Llano”, quienes apoyaron y brindaron lo necesario para la realización del presente estudio.

## Literatura Citada

- Ambriz, C. R., I. Alia, T., R. Ariza F., A. Lugo A., M. Andrade R., V. López M. *et al.* 2013. Ensayo de inducción de la floración de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Morelos, México. *Ciencias Agrícolas Informa*. 22(1):4-14.
- Ariza, F. R., R. S. Cruzaley, E. Vázquez, A. Barrios y N. Alarcón. 2004. Effect of cultural practices on the production and quality of winter Mexican Lime. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27 (número especial 1): 73-86.
- Fageria, N.K, C. Baligar V. and C. Li Y. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1121-1157.
- Iqbal, N. and K. Ismail. 2004. Flowering and Fruitset Behaviour of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*, Marc.) as Influenced by Environment. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10: 1832-1836.





- Robles, González M. M., M. Orozco S., M. A. Manzanilla R., J. J. Velázquez M., V. M. Medina U. y E. Sanches S. 2018. Experiencias con Huanglonbing en limón mexicano en el Estado de Colima, México. *Citrus Research & Technology*. 39: 1-12 pp.
- Rojas E. and Leal F. 1997. Effects of pruning and potassium nitrate spray on floral and vegetative bud break of mango cv. Haden. *Acta Horticulturae*. 455-529 pp.



## INDUCTORES DE LA FLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*)

Rafael Ariza Flores<sup>392</sup>, Alejandro Casimiro Michel Aceves<sup>393</sup>, Manuel Enrique Ovando Cruz<sup>394</sup>,  
Néstor Espinosa Paz<sup>395</sup> y Jesús Martínez Sánchez

### Resumen

Las tecnologías generadas para la producción de limas ácidas en Morelos, Guerrero y Oaxaca se aplican en un 40%, ya que la producción es estacionada de junio a septiembre, y su rendimiento medio es de 11.0 t/ha, por lo que se requiere de mayor impulso y hacer más específicas y rentables para las zonas con productividad y competitividad de los diferentes mercados. Las plantaciones son amenazadas por la presencia de enfermedades y plagas (vectores de enfermedades), las cuales mueren, o disminuyen su producción hasta en un 50%; por tal motivo requiere mayor atención y manejo del cultivo. Las pérdidas postcosecha son del 20% de la producción, que ocurren por mal manejo y conservación. El proyecto se desarrolló en huertos de limas ácidas (limón mexicano y persa), que son los más producidos en Morelos, Oaxaca y Guerrero. Para ello se realizaron los ensayos siguientes: 1. Evaluación de nuevos productos para inducir la floración en limón, en los estados de Morelos, Oaxaca y Guerrero. Se evaluaron los productos Prohexadiona de calcio (PHD-Ca), citocininas, paclobutrazol, urea biurética, urea 6% y otro como testigo, en dosis muy bajas y dos épocas de aplicación (0, 15 y 30 días después de la poda). Los resultados fueron analizados con las pruebas de ANDEVA y comparación de medias (Tukey <0.05), de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Los resultados indican diferencias estadísticas entre tratamientos para el número de flores y frutos en canica ( $Pr > 0.0411$  y  $0.048$ ). Los tratamientos destacados para número de flores fueron paclobutrazol, prohexadiona

<sup>392</sup> Campo Experimental Iguala, Gro. INIFAP. \*ariza.rafael@inifap.gob.mx

<sup>393</sup> Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero.

<sup>394</sup> Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP.

<sup>395</sup> Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP.



de calcio y urea 6%. Mientras que el número de flores en canica favorecen a prohexadiona de calcio, paclobutrazol y citocininas. Por lo tanto, los productos evaluados de prohexadiona de calcio, paclobutrazol y citoninas superan a los testigos (urea 6% y sin aplicación).

**Palabras clave:** Urea, paclobutrazol, prohexadiona de calcio, citocininas

## Introducción

El consumo *per cápita* de limón mexicano en México es de 14.0 kg, y los principales cítricos producidos son, naranja, limón mexicano, limón persa, toronja y mandarina. En 2018, la superficie establecida con cítricos fue de 572, 033 ha, las cuales produjeron 7.8 millones de t de fruta (SADER, 2019), con lo que México ocupa el quinto lugar en la producción mundial de cítricos y el cuarto en caso de naranja (FAOSTAT, 2019). En el país, más del 80% de los árboles cítricos se encuentra injertados en naranjo Agrio, y el resto en diversos patrones como son Volkameriana, Citrumelo Swingle, Citrange Carrizo y en menor proporción con mandarino Cleopatra.

Las condiciones ambientales de Morelos, Guerrero y Oaxaca difieren significativamente de aquellas de otras zonas productoras de cítricos, como las de Veracruz, Colima, Nuevo León y Yucatán, entre otros. Algunos aspectos importantes surgidos de reuniones de trabajo y talleres con los citricultores de la entidad, están relacionados con desórdenes fisiológicos y fitosanitarios (plagas y enfermedades), que se presentan durante el ciclo de cultivo y que afectan al árbol y calidad de sus frutos; también han expresado la necesidad de continuar realizando estudios sobre nutrición, ya que esta práctica da resultados a mediano plazo.

Actualmente las zonas productoras de los estados mencionados, se distribuyen desde los 0 hasta 1000 msnm, con una precipitación anual promedio de 860 mm y temperaturas que oscilan entre 25 y 28 °C, con planicies y lomeríos, y suelos de pH entre 5 y 7, donde se han obtenido rendimientos promedio de limón Mexicano de



11.5 t/ha (Ariza-Flores *et al.*, 2004). El limón Persa y el limón Mexicano que se producen en las mismas condiciones, tuvieron un rendimiento medio en 2015 de 14.33 y 14.15 t/ha respectivamente (SADER, 2019).

La estacionalidad de la cosecha sigue prevaleciendo en las zonas productoras durante los meses de mayo a septiembre, por lo que los precios de la fruta son bajos. Por lo tanto, el interés por contar con nuevas alternativas para producir flor y fruta durante los periodos de baja producción, es cada vez mayor. Esta situación ocurre en los estados de Oaxaca, Guerrero y Morelos, donde se dificulta la comercialización de la fruta en ese periodo y donde la oferta de producción es alta, al grado tal que han disminuido las exportaciones y consecuentemente las divisas correspondientes.

Se tienen antecedentes del efecto de la urea en la inducción de la floración en cítricos, por ejemplo, Lovatt *et al.*, (1988) sometieron a estrés hídrico moderado, árboles de limón "Frost Lisbon" (*Citrus limon*) de dieciséis años de edad, de una huerta con manejo comercial y encontraron que la intensidad de la floración y el contenido de la hoja  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$  + aumentaron con la gravedad del estrés. Señalaron que con aplicación de urea de bajo biuret se incrementó aún más el contenido de  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$  + de las hojas y se duplicó la intensidad de la floración. Así también, la urea sola, aplicada al 1% al follaje, y el manejo de poda + anillado + estrés hídrico y raleo de frutos, han aumentado la floración acumulada del árbol, con fruta invernal de limón Mexicano, hasta 99.6 y 136.7 flores acumuladas por árbol, respectivamente, en comparación con los árboles testigo, que produjeron 10.1 flores en promedio por árbol (Ariza *et al.*, 2004). Los autores citados también señalan que el anillado y el estrés hídrico pueden causar daños al árbol, como caída de flores y frutos, y secamiento de ramas principalmente. Es por ello, que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la urea y algunos reguladores del crecimiento, para inducir la floración del limón Mexicano y elevar la producción durante el período de mayor rentabilidad de la fruta, con la finalidad de encontrar otras prácticas o productos de menor riesgo para el árbol.





## Materiales y métodos

### Localización y descripción del área de estudio

El ensayo se realizó en Los Playones, Acapulco de Juárez, Gro., en el Rancho El Lucero, propiedad del C. Jorge Luna Sánchez. El cual se ubica en el km 7.0 de la carretera escénica La Venta a Acapulco Diamante. La plantación tiene una edad de 5 años y está establecida a 6 m entre hileras y a 4 m entre plantas dentro de hileras, con una densidad poblacional de 417 plantas por hectárea.

### Tratamientos

Se evaluó la urea común (46% nitrógeno) 1%, urea desbiuretizada o biurética (44% N, con menos de 1% de biuret) 1% y Paclobutrazol (25%) 1.5 mL/L, Prohexadiona de calcio. 1.5 g/L, citocinina (4, 000 ppm). Las dosis y métodos de aplicación se indican en el Cuadro 1.

### Cuadro 1. Productos evaluados para inducir la floración e incrementar la producción del limón Mexicano durante los periodos de mayor rentabilidad. Los Playones, Acapulco de Juárez, Gro. 2018

Producto	Concentración
Citocininas (4000 ppm)	2.4 mL/L agua
Prohexadiona de calcio	1.5 g/L agua
Urea común 46%	7.5 g/L agua
Urea desbiuretizada 44%	1.2 g/L agua
Paclobutrazo 25%	1.5 mL/L agua
Testigo	Sin aplicación

<sup>2</sup> Se evaluó a los 0, 15 y 30 días a partir de la aplicación.

### Variables de campo

a) Número de flores. En octubre de 2018 se marcaron cuatro ramas por árbol de  $\pm 0.80$  m, una en cada punto cardinal de la copa (Basharat *et al.*, 2005). La cantidad de flores por rama se registraron cada 15 días, de octubre a diciembre de 2018. Se reportaron los promedios de flores en las cuatro ramas, para cada fecha de muestreo.



b) Número de frutos. En diciembre de 2018, en las mismas cuatro ramas etiquetadas para registrar la floración, se contaron los frutos en tamaño “canica” (alrededor de 1.5 cm de diámetro). Se reporta el promedio de frutos por árbol. Las evaluaciones se realizaron de octubre a diciembre de 2018.

### Diseño experimental

Se usó un diseño de bloques completos al azar, con cinco repeticiones, considerando un árbol como unidad experimental. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (Anónimo, 2015) versión 9.3 y para la separación de medias se usó la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad de error.

### Resultados y discusión

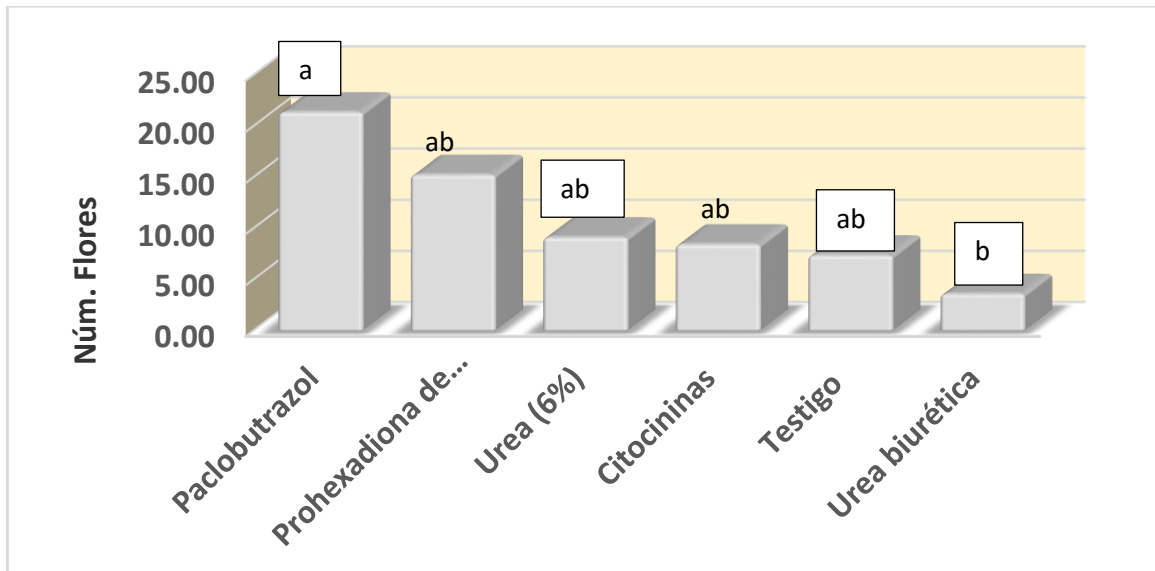
a) Número de flores

El análisis de la varianza (ANDEVA) para número de flores (Cuadro 2) muestran diferencias estadísticamente significativas a un ( $P \leq 0.05$ ), entre fechas de muestreo y los productos aplicados para la inducción de la floración.

La cantidad de flores logradas con Paclobutrazol resultó igual estadísticamente a las producidas en los árboles testigo y con el resto de los tratamientos, con excepción a las logradas con la urea biurética, que fueron estadísticamente en menor cantidad (Figura 1). Cabe resaltar que la cantidad de flores producidas en los árboles testigo, fue estadísticamente igual a la cantidad de flores producida en todos los tratamientos (Figura 1).

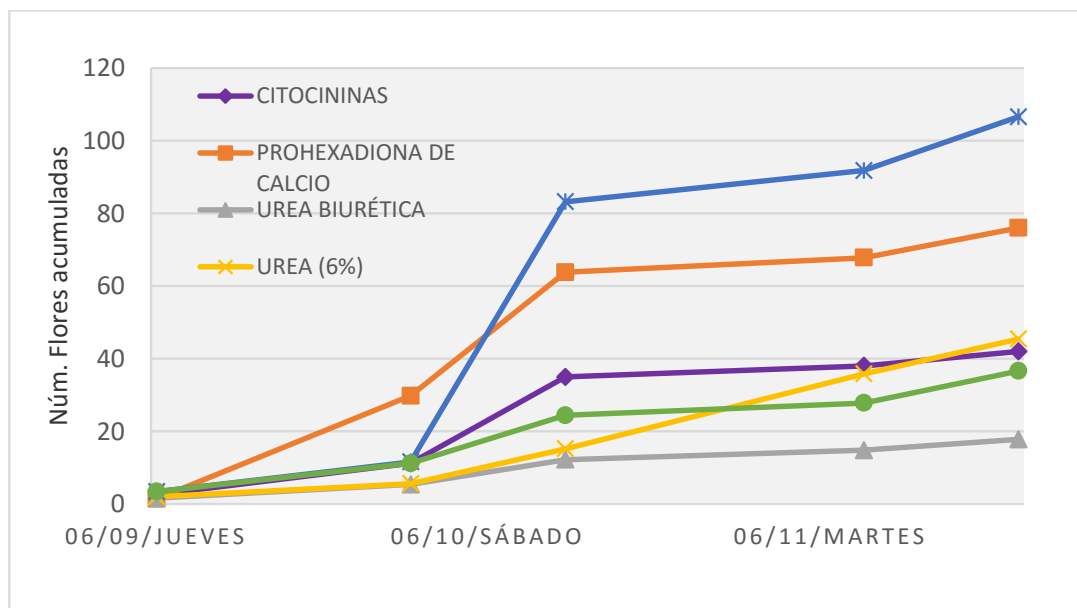
**Cuadro 2. ANDEVA de las variables número de flores y número de frutos en canica en respuesta a los inductores promotores de la floración en limón mexicano. 2018.**

Fuente de variación	Número de Flores		Número de frutos en canica	
	Fc	P>F	Fc	P>F
Modelo	2.16	0.0006	1.25	0.047
Fecha de muestreo (A)	6.51	0.0001	1.61	0.037
Tratamientos (B)	2.6	0.0411	1.57	0.028



**Figura 1. Efectos de los productos inductores de la floración para el número de flores en limón mexicano. 2018. Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente con la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) y una DMS=16.25.**

En la Figura 2 es muy notoria la superioridad numérica de las flores acumuladas durante las tres fechas de muestreo, logradas con el Paclobtrazol, en comparación con las generadas con los árboles tratados con la urea biurética.



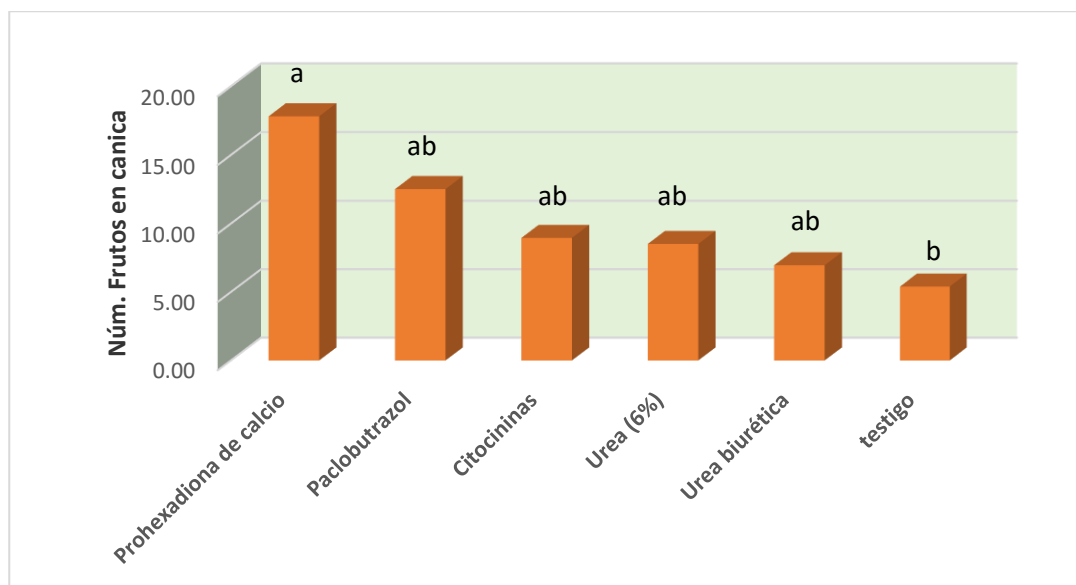
**Figura 2. Número de flores acumuladas por árbol por las tres fechas de evaluación. Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente con la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) y una DMS=16.25.**



b) Número de frutos

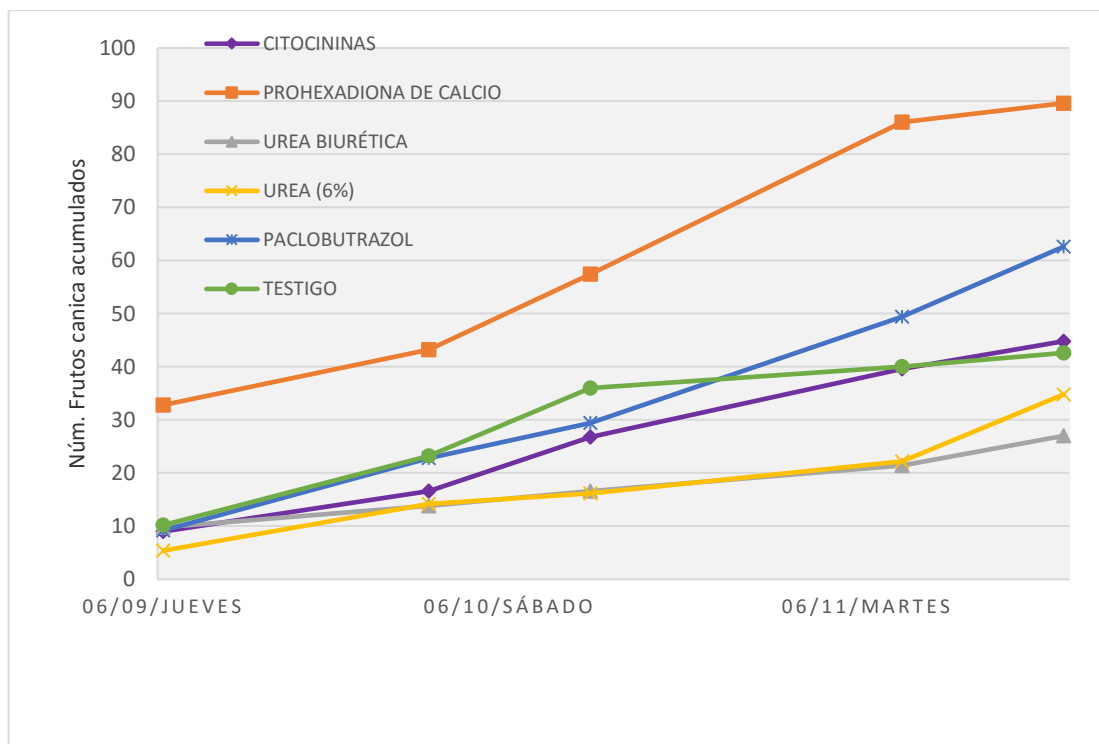
De la misma manera, el análisis de la varianza (ANDEVA) para el número de frutos tamaño canica, (Cuadro 2) muestran diferencias estadísticamente significativas a un ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Con la diferencia de que, en este caso los árboles tratados con Prohexadiona de calcio produjeron más frutos que los árboles testigo, sin aplicar (Figura 3).

Al acumular el número de frutos en tamaño canica de todos los muestreos, se aprecia que prohexadiona de calcio casi quintuplica numericamente los frutos producidos por los árboles testigo (Figura 4).



**Figura 3. Efectos de los productos inductores de la floración para incrementar la cantidad de frutos (tamaño canica) en limón mexicano. 2018. Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente con la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) y una DMS=11.873.**





**Figura 4. Número de frutos en canica acumulados en las tres fechas de muestreo, por los efectos de los tratamientos aplicados en el limón mexicano. 2018.**

El prohexadiona de calcio promueve la inducción floral y producción en manzana (Kiessling-Davison *et al.*, 2008), naranjos (Garner *et al.*, 2010) y mango ‘Ataulfo’ (Pérez-Barraza *et al.*, 2016). En el presente estudio se comprueba ese mismo efecto en limón Mexicano, triplicando al menos, la cantidad de frutos en tamaño canica que la producida en los árboles testigos.

Con relación a la urea 1%, estos resultados difieren con los señalados por Ariza-Flores *et al.*, (2004) donde la urea 1% incrementó la floración con relación al testigo, pero coinciden en que no aumento la producción de fruta. Lovatt *et al.*, (1988) señalaron que indujeron mayor floración y rendimiento de fruta en limón Frost Lisbon, con aplicaciones de urea; sin embargo, ellos aplicaron la urea después de que el árbol estuvo sometido a un estrés hídrico moderado; por lo que en próximos estudios la urea puede ser aplicada al final de la sequía intraestival, esperando corroborar dichos resultados.



Con relación al uso de paclobutrazol, los resultados de este estudio como los indicados por Ariza *et al.*, (2015), coinciden en que dicho regulador del crecimiento no fue diferente al testigo. Esto sugiere la posibilidad de incrementar la dosis del paclubutrazol en próximos estudios.

Los efectos positivos de la prohexadiona de calcio encontrados en el presente estudio son una alternativa más para disminuir la estacionalidad de la cosecha del limón Mexicano en esta región; adicionalmente a las planteadas por Ariza *et al.*, (2015) mediante el uso de urea 6% y el Biofol, y a las determinadas Ambriz *et al.*, (2018) con el uso de la urea al 6% + poda + anillado y poda + Biofol + anillado aplicados en lima Persa.

## Conclusiones

1. El Paclobutrazol favoreció un mayor número de flores que la urea biurética, y fue igual al resto de los tratamientos.
2. La Prohexadiona de calcio produjo una mayor cantidad de frutos, en tamaño canica, que el testigo y fue igual al resto de los tratamientos.

## Literatura citada

- Anónimo. 2015. Statistical Analysis System Versión 9.3 para Windows (español). SAS Institute Inc. NC. Estados Unidos.
- Ariza-Flores, R., R. Cruzaley-Sarabia, E. Vázquez-García, A. Barrios-Ayala y N. Alarcón-Cruz. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(Especial 1):73-76.
- Ariza-Flores, R., A. Barrios-Ayala, M. E. Ovando-Cruz, E. Vázquez-García, A. Barrios-Ayala, A. C. Michel-Aceves, S. H. Guzmán-Maldonado y M. A. Otero-Sánchez. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la producción de lima mexicana de invierno. *REMEXCA* 6(7):1653-1666.



- Ambriz, C. R., R. Ariza F., I. Alia T., A. C. Michel A., A. Barrios A. y M. A. Otero S. 2018. Efecto del anillado y bioestimulantes en la floración, producción y calidad de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en invierno. REMEXCA 9(4):711-722.
- Basharat A. S., K. Ziaf, M. Farooq and W. Ahmed. 2005. Fruit set and drop patterns as affected by type and dose of fertilizar application in mandarin cultivars (*Citrus reticulata* Blanco). Int. J. Agri. Biol. 7(6):962-965.
- FAOSTAT, 2019. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Crops statistics data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Consultado el 12 de septiembre de 2019].
- Garner, L. C., Y. Zheng, T. Khuong and Lovatt C. J. 2010. Prohexadione-Calcium affects shoot growth of evergreen subtropical woody perennials differently than deciduous temperate zone woody perennials - Is it a case of apples and oranges? Acta Horticulturae. 884:249-256.
- Kiessling-Davison, C. M., J. E. Magaña-Magaña, A. Segovia-Lerma, A.J. Obando-Rodríguez y V. H. Villareal-Ramírez. 2008. Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious". Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Tecno Ciencia Chihuahua 1(3):7-12
- Lovatt, C. J., Y. Zheng and K. D. Hake. 1988. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in Citrus. Israel Journal Of Botany 37(2-4):181-188.
- Pérez-Barraza, M. H., T. Osuna-Enciso, E. Avitia-García, M. A. Gutiérrez-Espinosa, M. J. Santiago-Cruz, H. Ramirez y R. Cano-Medrano. 2016. Prohexadiona de calcio reduce crecimiento vegetativo e incrementa brotación floral en mango 'Ataulfo'. REMEXCA 7(2):263-276.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2019. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). [Consultado el 2 de septiembre de 2019].



## POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE NARANJA EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACION

Víctor Manuel Medina Urrutia<sup>396\*</sup>, Marciano Manuel Robles González<sup>397</sup>, Octavio Pérez Zamora<sup>398</sup> y Jaime Eduardo Reyes Hernández<sup>396</sup>

### Resumen

El estudio se realizó para estimar las densidades óptimas de plantación para cuatro variedades de naranja y determinar su máximo potencial de producción, como una estrategia para contrarrestar la pérdida de producción por la enfermedad conocida como HLB. Se utilizaron datos de crecimiento [altura (A), Radio de copa (RC), diámetro de copa (DC) y volumen de copa (VC); área de suelo cubierta con follaje (ASF)] y de rendimiento (Y) en kg/árbol, de un experimento de variedades durante 9 años. Primero, se determinaron los valores de correlación entre las distintas variables, de crecimiento y enseguida, se sometieron los datos a análisis de regresión múltiple y lineal. Se obtuvieron valores de correlación de 0.8 y 0.85 para las variables VC y ASF y el rendimiento (Y). Tomando en cuenta estas variables, por medio de regresión lineal, las óptimas densidades iniciales de plantación que el productor pueden usar con las variedades “Pineapple”, “Queen”, “Cutter” y “Olinda” son 900 a 1000 árboles/ha, con lo que es posible desde el 4° al 9° año, registrar rendimientos de 30 a 60 ton/ha/año.

**Palabras Clave:** *C. sinensis*, correlación, regresión lineal, volumen de copa, producción por árbol

<sup>396</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, [muv20099@cucba.udg.mx](mailto:muv20099@cucba.udg.mx), [vmmedinau@gmail.com](mailto:vmmedinau@gmail.com)

<sup>397</sup> INIFAP-Campo Experimental Tecomán.

<sup>398</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.





## Introducción

La enfermedad conocida como HLB esta presente en la mayoría de las regiones productoras de cítricos en el mundo. En México, las áreas citrícolas más afectadas se ubican en la costa del pacifico donde predomina el limón Mexicano. En esta especie, la alta incidencia de la enfermedad reduce el rendimiento hasta en un 50% (Robles-González *et al.*, 2013). Sin embargo, en el contexto internacional, la naranja es la especie más afectada, ya que el HLB no solo reduce el rendimiento, sino que afecta la morfología y tamaño del fruto, lo cual limita su potencial de mercado. Debido a que la enfermedad no tiene cura, en regiones citrícolas de Brasil, Estados Unidos y China, se han puesto en marcha distintas estrategias para mitigar el impacto del HLB con la finalidad de convivir con la enfermedad (Stuchi y Girardi, 2010). Los reportes previos, sugieren que en tanto no se desarrollen nuevos materiales con tolerancia al HLB, es necesario aplicar prácticas que contribuyan a prolongar la vida productiva de los árboles. En este sentido en plantaciones establecidas se recomienda: intensificar las labores de manejo en lo que se refiere a nutrición y control del psílido asiático. Adicionalmente, al establecer nuevas plantaciones es necesario utilizar material certificado. Stover *et al.* (2008) sugieren la conveniencia de utilizar altas densidades de plantación y llegar a la edad adulta con el mayor número posible de árboles por hectárea. Lo anterior permite a los productores obtener cosechas rentables desde temprana edad y mitigar el impacto económico por la pérdida de árboles a consecuencia de la enfermedad y extender la vida productiva de las huertas.

Estudios previos realizados en distintas especies de cítricos, han demostrado que es posible plantar de 600 hasta 2,500 árboles por hectárea y alcanzar rendimientos anuales rentables (Cary, 1981; Hutton y Cullis, 1981; Cary, 1981; Stuchi y Donadio, 2003; Wheaton *et al.*, 1990; Stover *et al.*, 2008). El éxito de las densidades de plantación depende del sistema de plantación y del manejo eficiente e intensivo de los arboles (Cary, 1981; Morimoto y Ozawa, 2000; Rabe, 2004).

Los estudios para determinar las óptimas densidades de plantación en cítricos requieren muchos años de evaluación, lo cual implica elevados costos de



investigación y posibles dificultades por la enfermedad del HLB. Debido a lo anterior es necesario contar con criterios basados en experiencias previas y con datos reales, que permitan definir de manera aproximada la cantidad de árboles a establecer en los cultivos.

El objetivo del presente estudio fue determinar las densidades potenciales de plantación para cuatro genotipos de naranja en base al comportamiento en crecimiento y producción de los árboles en un trabajo previo en Tecomán, Colima, México.

## **Materiales y métodos**

### **Localidad**

El trabajo se realizó en el Campo Experimental de Tecomán Col, localizado en las coordenadas 18°27'96" latitud norte y 103°50' longitud oeste, en el pacífico de México. El clima en esta región es tropical con una temperatura promedio de 27 °C y una precipitación de 800 mm anuales. El suelo tuvo una textura migajón arcillo arenosa de pH 8.2. El contenido de carbonato de calcio vario de 6 a 17%. La conductividad eléctrica fue 1.0 dS/m.

### **Materiales**

Se utilizó una plantación de variedades de naranja injertada sobre naranjo agrio a la cual se le dio seguimiento durante nueve años. Las variedades seleccionadas por su alta producción fueron: "Queen", "Pineapple", "Valencia Olinda" y "Valencia Cutter".

### **Plantación y manejo**

Los árboles se plantaron a una distancia de 8 x 4 m. Las hileras se orientaron en la dirección Norte-Sur. En los primeros dos años los arboles fueron irrigados utilizando un sistema de riego por goteo. A partir del tercer año se cambió a un sistema de riego por micro aspersion. Los volúmenes de riego se incrementaron a medida que los arboles crecieron. La fertilización durante los primeros años se basó en un



programa recomendado para naranja en la región. Del cuarto año en adelante se aplicó un programa de fertilización basado en el análisis foliar y volumen de producción. Las plagas y enfermedades presentes en el follaje fueron controladas siguiendo el programa recomendado previamente para naranja en Colima (Garza *et al.*, 2005).

### **Variables estudiadas**

Cada seis meses se registraron las siguientes variables: altura del árbol (A), diámetro de copa (DC), radio de copa (RC), diámetro de la copa (DC), volumen de copa (VC) y área de suelo cubierta con follaje (ASF). Todas estas variables se midieron con un tubo de aluminio de 4 m previamente graduado cada 5 cm. El volumen de copa se calculó utilizando la ecuación de  $VC = 2.04 * A * RC^2$  empleada en un trabajo previo (Medina *et al.*, 2007). La variable superficie de suelo cubierta con follaje se determinó con la fórmula del área del círculo. El rendimiento (Y), se registró en kg por árbol por año al sumar todas las cosechas por año, durante los siete años.

### **Análisis de correlación general**

Utilizando los datos de las variables de crecimiento: A, DC, RC, DC, VC, ASF y Y de siete años, se aplicó un análisis de correlación general entre las distintas variables, para identificar aquellos parámetros de crecimiento que mostraron los mayores valores de correlación con el rendimiento.

### **Análisis de regresión múltiple rendimiento (Y) vs distintas variables de crecimiento (A, RC, DC, VC y ASF)**

Con los mismos datos generales de crecimiento registrados en 7 años, se efectuaron varios análisis de regresión múltiple incorporando dos o más parámetros de crecimiento como variables independientes y utilizando al rendimiento como la variable dependiente, con el fin de encontrar el o los modelos con aquellas variables de crecimiento que mostraron mayor contribución al rendimiento.



### **Análisis de regresión lineal por cultivar**

A partir de los resultados anteriores, y dado que las ecuaciones múltiples arrojaron coeficientes de determinación relativamente bajos, se efectuaron los análisis de regresión lineal para cada una de cuatro variedades seleccionadas: “Queen”, “Pineapple”, “Valencia Cutter” y “Valencia Olinda”). Estas variedades fueron seleccionadas por mostrar hábitos de crecimiento muy diferentes, además de ser las más productivas. Las ecuaciones de regresión estuvieron integradas por el rendimiento (Y) como la variable dependiente y únicamente el parámetro de crecimiento, volumen de copa (VC) como variable independiente. Con estos elementos en las ecuaciones de regresión se generaron los modelos que permite predecir la producción de cada variedad.

### **Estimación de la densidad de plantación y volumen de producción por variedad por año**

Una vez que se encontraron valores de coeficientes de determinación elevados entre el rendimiento y el volumen de copa, se efectuaron cálculos para determinar la densidad de plantación a utilizar en base a la tasa de crecimiento expresada por volumen de copa (VC). Las estimaciones se realizaron para cada año, pero por medio de un análisis de varianza anual se determinó la densidad de plantación con mayor impacto en el rendimiento a los 4 y 9 años de la plantación.

## **Resultados y discusión**

### **Análisis de correlación general**

Entre las variables de crecimiento hubo valores de correlación altos y positivos entre radio de copa (RC) y volumen de copa (VC) con las demás variables. Los coeficientes de correlación (r) de RC con A, DC, ASF, y VC fueron de  $r=0.85$ ,  $r=0.99$ ,  $r=0.97$  y  $r=0.89$ , respectivamente. Así mismo los valores de correlación (r) entre el rendimiento (Y) y las variables de crecimiento A, RC, DC, VC y ASF fueron de  $r=0.37$ ,  $0.54$ ,  $r=0.56$ ,  $r=0.56$  y  $r=0.59$ , respectivamente. Estos valores se consideran aceptables no obstante la





variabilidad que mostraron los diferentes cultivares de naranja respecto al crecimiento, rendimiento y alternancia de producción durante los nueve años que duro el estudio.

### **Análisis de regresión múltiple rendimiento (Y) vs distintas variables de crecimiento**

Aunque se probaron varios modelos de regresión múltiple generales, incluyendo todas las variedades y todos los años de producción, el modelo de regresión más ajustado fue el siguiente:  $Y = -64.1 + 98.4 RC - 31.8 DC + 10.8 A - 0.16 DPA$ , con un valor bajo de coeficiente de determinación  $R^2=0.42$ , el cual resultó, no significativo. En esa ecuación Y= rendimiento, RC= radio de copa, DC= diámetro de copa Norte-Sur, A=Altura del árbol, DCP= diámetro del patrón.

### **Análisis de regresión lineal por variedad**

En el Cuadro 1 aparecen las ecuaciones de regresión obtenidas para cada una de las variedades bajo estudio, así como los coeficientes de determinación y el nivel de significancia. Se puede apreciar que, en los modelos lineales, la variable dependiente Volumen de copa (VC) explica en gran medida el rendimiento potencial a obtenerse por cada una de las variedades de acuerdo a esta variable de crecimiento. Aunque los mayores coeficientes de determinación se obtuvieron en las variedades "Valencia Olinda" y "Pineapple" ( $R^2=0.92$ ), no hubo significancia estadística en los modelos.

**Cuadro 1. Ecuaciones de regresión lineal para estimar rendimiento en base al volumen de copa de variedades de naranja**

<b>Cultivar</b>	<b>Modelo de regresión</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>	<b>Significancia al 95 %</b>
"Valencia Olinda"	$Y = -3.03 + 1.7 VC$	0.87	NS
"Valencia Cutter"	$Y = -9.23 + 1.53 VC$	0.78	NS
"Queen"	$Y = -11.82 + 1.2 VC$	0.79	NS
"Pineapple"	$Y = -18.7 + 1.61 VC$	0.86	NS



### Estimación de la densidad y rendimiento potencial:

En el cuadro dos se presentan datos de la densidad potencial estimada en base los parámetros de crecimiento, particularmente el volumen de copa; así como también los valores potenciales de producción, los cuales fueron calculados de acuerdo al rendimiento registrado previamente (Medina *et al.*, 2007).

**Cuadro 2. Crecimiento, densidad y rendimiento potencial de cuatro cultivares de naranja a la Edad de 4 y 9 años.**

Variedad	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro de copa (m)	Volumen de copa (m <sup>3</sup> )	Densidad potencial (árboles/ha)	Arboles/ha promedio	Rendimiento (ton/ha/año)
"Pineapple"	4	3.0 a	2.8 a	11.9 a	900	558	48
	9	4.5b	5.6 b	64.7 b	345		
"Queen"	4	2.9 a	2.4 a	9.4 a	1160	581	35
	9	4.6b	4.9 b	55.0 b	390		
"Valencia Olinda"	4	2.9 a	2.8 a	12.2 a	975	536	32
	9	4.6b	5.6 b	70.1 b	340		
"Valencia Cutter"	4	3.0a	2.8 a	11.9 a	1015	533	35
	9	4.1b	5.8 b	67.8 b	350		

En el Cuadro 2 se aprecia que la cantidad inicial de árboles por ha a plantar para las variedades estudiadas oscila entre 900 y 1160 árboles/ha. Con el volumen de copa desarrollado a la edad de 3 a 4 años y utilizando el rendimiento por árbol registrado en un trabajo previo, es posible obtener en los primeros dos años de cosecha rendimientos de 29.3, 32.4, 20.0, 27.6 t/ha, en las variedades Pineapple, Queen, Valencia Olinda y Valencia Cutter respectivamente. Debido a que los arboles expanden su copa en edad adulta, la densidad de plantación estimada a los 7 a 9 años de edad sería de 345 a 390 árboles/ha, con lo cual se obtendrían rendimientos de 67.6, 43.6, 45, 61.0 t/ha, para las variedades "Pineapple", "Queen", "Valencia Olinda" y "Valencia Cutter", en ese orden.

Asumiendo que, para los productores, resulta complicado manejar plantaciones con poblaciones superiores a 900 árboles/ha, debido a la falta de experiencia en poda, los citricultores podrían optar por utilizar densidades altas de 530 a 580 árboles/ha desde un inicio con lo cual podrían lograr rendimientos anuales de 35 a 48 ton/ha, a partir de 4 año de vida. En este caso se omite la ventaja de una



producción alta en los primeros dos años, cuando el rendimiento probable sería menor a 25 t/ha.

Existen numerosas evidencias de la obtención de alto rendimiento con el empleo de altas en cítricos en comparación con las densidades bajas (Boswell *et al.*, 1982; Medina *et al.*, 2001; Intrigliolo *et al.*, 1992, Hutton y Cullis, 1981; Morimoto y Ozawa, 2000, Stuchi y Donadio, 2003; Wheaton *et al.*, 1991). Además, se ha reportado que con las altas densidades se obtiene una rápida tasa de retorno de capital y una mayor rentabilidad durante la vida productiva de los árboles (Wheaton *et al.* 1990; Medina *et al.*, 2001; Intrigliolo *et al.*, 1992; Hutton y Cullis, 1981; Stuchi y Donadio, 2003; Morimoto y Ozawa, 2000; Rabe, 2004). Por tanto, aunque en el presente trabajo no se hicieron comparaciones en campo de plantaciones con diferente densidad, los resultados apoyados en soporte estadístico, aportan una base adecuada para decidir sobre el uso de altas densidades, con potencial de elevados rendimientos desde temprana edad, lo cual puede ser de utilidad para los productores como una estrategia para mitigar el impacto del HLB donde esta enfermedad es endémica.

## Conclusiones

1. Se obtuvieron valores de correlación ( $r$ ) de 0.8 y 0.85 para las variables volumen de copa VC y área de suelo cubierta con follaje (ASF) y el rendimiento ( $Y$ ).
2. Entre las variables correlacionadas con el rendimiento, se utilizó el volumen de copa (VC) como variable independiente, y rendimiento ( $Y$ ) como variable dependiente, y se construyeron los modelos de regresión lineal para cada variedad, obteniendo coeficientes de determinación  $R^2$  de 0.78 a 0.86 y un aceptable ajuste.
3. Dado que VC mostro un aceptable ajuste con rendimiento, se usó esta variable para determinar las densidades de plantación durante los nueve años de crecimiento de los árboles.



4. Así las óptimas densidades iniciales de plantación que es posible utilizar con las variedades "Pineapple", "Queen", "Cutter" y "Olinda" variaron de 900 a 1160 árboles/ha, con un rendimiento que oscilo entre 20 y 32,4 ton/ha.
5. Mientras que al llegar la edad adulta las densidades estimadas fueron de 340 a 390 árboles, cuando es posible cosechar de 43.6 a 67.6 ton/ha. Iniciando con densidades de 530 a 580 árboles/ha, y conservando esa población a lo largo de 9 años, el rendimiento estimado promedio anual del 4 al 9 año, llega entre 32 y 48 ton ha.

### Literatura citada

- Boswell, S. B., E. M. Nauer, and D.R. Atkin. 1982. Performance of navel oranges at six different spacings. *Citrograph* 67(9): 207-212.
- Cary, P. R. 1981. Citrus tree density and pruning practices for the 21st century. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 165-168.
- Garza, L. J. G., V. M. Medina U., M. M. Robles G., J. Orozco R., S. Becerra R. 2005. Cultivares de naranja temprana y tardía para el trópico seco de Colima. Folleto Técnico # 1. SAGARPA-INIFAP-Campo Experimental Tecomán. 63 p.
- Hutton, R. J. and B. R. Cullis. 1981. Tree spacing on productivity of high density dwarf orange trees. 1981. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 186-190.
- Intrigliolo, F., G. Reforgiato R. and A. Giuffrida. 1992. Effect of planting density and rootstock on performance of Valencia Orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 705-708.
- Medina, U. V. M; S. Becerra R. y E. Ordaz O. 2001. Crecimiento y rendimiento de limón mexicano con altas densidades de plantación en el trópico. *Chapingo Serie Horticultura*. (1): 43-50.
- Medina, U. V. M.; G. Zapian E., M. M. Robles G., O. Pérez Z., M. Orozco S., T. Williams et al. 2007. Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. *Revista Mexicana de Fitogenética*. 30 (2):133-143.





- Medina, U. V. M., M. Robles G., S. Becerra R., J. Orozco R., M. Orozco S., J. G. Garza L. et al. 2001. El cultivo del limón mexicano. Libro Técnico # 1. SAGARPA-INIFAP-Campo Experimental Tecomán 188 p.
- Morimoto, J. and Y. Orozawa. 2000. High density planting systems for satsuma mandarin in Wakayama prefecture, Japan. Proc. Int. Soc. Citriculture: 460-461-
- Rabe, E. 2004. Citrus tree spacing and tree shape: concepts, effect on early production profile and fruit quality aspects: an overview. Proc. Int. Soc. Citriculture. 297-301.
- Robles, G. M., J. Velázquez M., M. A. Manzanilla R., M. Orozco S., V. M. Medina U., J. I. López A., et al. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de colima, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 19(1), 15-31.
- Stover, E., W. S. Castle and P. Spyke. 2008. The Citrus Grove of the Future and Its Implications for Huanglongbing Management. Proc. Sta. State Hort. Soc. 121:155-159.
- Stuchi, S. E., and E. A. Girardi. 2010. Use of Horticultural Practices in Citriculture to Survive Huanglongbing. Brazilian Agricultural Research Corporation. Embrapa Cassava and Fruits. Ministry of Agriculture, Livestock and Food supply. Documents 189. First Edition. 69 pages.
- Stuchi, E. S. and C. Donadio L. 2003. Performance of Tahiti Lime on *Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa* Flying Dragon in Four Densities. Fruits Paris 58 (1): 13-7.
- Wheaton, T. A., W. S. Castle, J. D. Whitney, D. P. H. Tucker and R. P. Muraro. 1990. A high density plantings. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 103: 55-59.
- Wheaton, T. A, W. S. Castle, J. D. Whitney and D. P. H. Tucker. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstocks in high-density planting. HortScience 26 (7): 837-840.



## DESARROLLO VEGETATIVO DEL TORONJO ´RIO RED´ INJERTADO EN DRAGÓN VOLADOR EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACION

Vania Amellali Pérez Jarillo<sup>399</sup>, Sergio Alberto Curti-Díaz<sup>400</sup>, Carlos Hernández-Guerra<sup>401</sup>,  
Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>400</sup>

### Resumen

El experimento se estableció en marzo de 2016 en el Rancho "El Trapiche", del ejido Paso Largo, Martínez de la Torre, Ver., en un suelo franco arcilloso, de reacción ácida y donde el clima es cálido húmedo con temperatura media anual de 24°C, precipitación de 1,500 mm anuales y a 20 m de altitud. Se estudió al toronjo 'Río Red' injertado en dragón Volador (*Poncirus trifoliata*) en tres densidades de plantación: 833 árboles/ha, 1,000 árboles/ha y 1,250 árboles/ha; las distancias entre hileras fueron de 6, 5 y 4 m entre hileras, respectivamente, con 2 m de separación entre árboles dentro de hileras, para todos los tratamientos. Los resultados se analizaron acorde a un diseño de bloques al azar, con 33 repeticiones y usando un árbol como unidad experimental; la separación de medias se hizo con la prueba de Tukey, al 0.05% de probabilidad de error. El objetivo principal fue caracterizar el crecimiento vegetativo de los árboles durante sus primeros dos años de desarrollo, de agosto de 2016 a marzo de 2018. Los resultados de mayor relevancia fueron: 1. El diámetro de los troncos del patrón y toronjo 'Río Red' no muestran diferencias por efecto de las densidades de plantación estudiadas; así como tampoco existen diferencia en la relación diámetro toronjo 'Río Red' entre diámetro patrón; sin embargo, es muy notorio el mayor desarrollo del patrón con relación al tronco del toronjo 'Río Red', 2. No existen diferencias en las dimensiones de la copa (diámetro promedio, altura y volumen de copa), por efecto de las diferentes densidades de plantación y 3. No hubo efecto de las diferentes densidades de plantación estudiadas en el índice de

<sup>399</sup> Tesista en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP.

<sup>400</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-CE Ixtacuaco).

<sup>401</sup> INIFAP hasta Julio de 2018.



conformación de la copa, pero si es muy clara la tendencia a obtener valores menores, conforme aumenta la edad del árbol.

**Palabras clave:** dimensiones del árbol, competencia, *Citrus paradisi*, *Poncirus trifoliata*

## Introducción

Veracruz contaba con 1,233 ha plantadas con toronjo en 1985 y con 7,219 ha, en 2009; mientras que el rendimiento por hectárea fue de 19.47 y 35.49 toneladas, respectivamente (SAGARPA, 2019); de lo que se deduce una mayor aportación al volumen de producción, por incremento en la superficie plantada que, por el incremento del rendimiento por unidad de área, misma que fue de 23,757 toneladas y 256,063 toneladas, para los años citados, en el mismo orden. Esta situación es muy común en todas las especies frutales y, son muchos los factores que limitan la productividad; entre estos, el deficiente manejo tecnológico de las huertas. En este estudio se evaluó un componente tecnológico que es la densidad de población de árboles, que se retomó a partir de la llegada del Huanglongbing al país, como estrategia para disminuir su posible impacto adverso en el rendimiento y, por ende, en la economía del productor. Aparentemente, la implementación de este componente es muy fácil, si sólo se tratara de aumentar el número de árboles a plantar por hectárea. Sin embargo, el éxito o el fracaso de elevar la cantidad de árboles por hectárea tiene mucho que ver con dos aspectos fundamentales, que están encaminados a evitar el sombreado de las copas entre árboles de hileras vecinas; ello en función de que la intercepción de la luz por las hojas del árbol, está positivamente asociado con el incremento de su productividad (Wheaton *et al.*, 1978; Kuo *et al.*, 2006). El primer factor se refiere al tamaño de la copa del árbol, pues según Donadio *et al.*, 1995, citados por Ledo *et al.* (2008), señalan que, para aumentar la densidad de plantación y la producción de la huerta, las copas deben ser pequeñas, con alta eficiencia productiva con relación al volumen de la misma; idea que es



compartida por Phillips (1978), Whitney y Wheaton (1984), Castle *et al.* (1986), Wheaton *et al.* (1995) y Stover *et al.* (2008). El segundo factor, se refiere al arreglo topológico de los árboles, el cual debe lograr que las copas se mantengan interceptando la luz solar, por el mayor tiempo posible. Existe entonces, la necesidad de conocer cómo se desarrollan los árboles cuando están a una mayor presión de competencia por nutrimentos y agua en el suelo y durante el proceso de intercambio gaseoso y por luz, en el aire. Por ello, el presente estudio tuvo el objetivo de conocer el comportamiento agronómico durante los primeros dos años de desarrollo del toronjo Río Red injertado en dragón Volador, manejando densidades de población mayores a las convencionales.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del experimento y período de estudio.**

El experimento se estableció en marzo de 2016 en el Rancho “El Trapiche”, del ejido Paso Largo, de Martínez de la Torre, Ver., donde el suelo es de textura franco arcillosa, de reacción ácida y su clima es cálido húmedo, con temperatura media anual de 24°C, precipitación de 1,500 mm anuales y a 20 m de altitud. Se plantó el toronjo ‘Río Red’ (*Citrus paradisi*) injertado en dragón Volador (*Poncirus trifoliata*), en tres densidades que corresponden a los tratamientos: 1) 833 árboles / ha, 2) 1,000 árboles / ha y 3) 1,250 árboles / ha; las distancias de plantación fueron de 6, 5 y 4 m entre hileras, respectivamente y de 2 m dentro de hileras, para todos los tratamientos. Las mediciones se realizaron de enero de 2017 a julio de 2018. El manejo agronómico fue responsabilidad del productor cooperante, pero uniforme para toda la parcela experimental, atendiendo a las recomendaciones del INIFAP.

### **Diseño experimental y análisis estadístico.**

Los experimentos en campo para evaluar distancias de plantación de árboles frutales, son muy grandes, pues requiere hacer lotes de árboles de al menos tres hileras por cinco árboles (15 árboles por repetición), donde los tres árboles del





interior son la parcela útil. Esto implica experimentos de al menos 450 árboles y con la gran dificultad para colocar las parcelas, que tienen diferentes distancias de plantación, en forma aleatoria. Por ello, se optó por establecer tres hileras de 35 árboles y tomar como árboles útiles los de la hilera central, sin incluir los dos árboles al extremo; los árboles se ordenaron por su altura de copa, y con base a esta variable, se obtuvieron 33 repeticiones por tratamiento.

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (Anónimo, 2015) versión 9.3 y para la separación de medias se usó la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad de error, considerando un diseño de bloques al azar (33 repeticiones), tres tratamientos (distancia entre hileras) y usando un árbol como unidad experimental.

### **Variables de respuesta**

*Dimensiones del tronco y de la copa.* 1) *Diámetro del tronco del portainjerto y del toronjo.* Se dividió la circunferencia de cada uno de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto (m), entre el valor de Pi (3.1416) y se expresó en cm, 2) *Relación diámetro del tronco del toronjo/diámetro del tronco del portainjerto.* Para conocer la relación del desarrollo de ambos troncos, se dividió el diámetro del primero entre la del segundo, 3) *Dimensiones de la copa.* Estas variables, así como las dimensiones del tronco se registraron en diciembre de 2008 y fueron: a) *Altura inferior y total de copa.* Se registró la altura total del árbol y la altura (m) donde iniciaban las primeras ramas (altura inferior), partiendo en ambos casos desde el suelo, b) *Diámetro.* Se obtuvo promediando el diámetro del árbol (m) registrado en dos direcciones (Este-Oeste y Norte-Sur), medidos a 1 m de altura y siguiendo la forma normal de la copa; es decir, sin considerar las ramas largas que sobresalieron de la misma, c) *Índice de conformación de la copa (ICC).* Se determinó dividiendo la altura total del árbol entre su diámetro (Ledo *et al.*, 2008), d) *Volumen de copa total (VCT).* Se usó la fórmula propuesta por Mendel (1956, citada por Stenzel *et al.*, 2005):  $V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$ , donde V representa el volumen (m<sup>3</sup>),  $\pi$  es el valor de Pi (3.1416), R es el radio de la copa (m) y H es la altura del árbol (m). Para este estudio H correspondió a la altura real de la copa; es decir, aquella donde el árbol tenía follaje,



para lo cual se restó a la altura total del árbol, la altura inferior de la copa. Se expresó en metros cúbicos de VCT.

## Resultados y discusión

### Diámetro del tronco del patrón

La primera medición de esta variable, realizada el agosto de 2016, fue la única que mostró diferencias estadísticas, pues indican que el diámetro de los árboles plantados con la densidad de 1,000 árboles por hectárea (AH) superó al diámetro de los árboles establecidos con la densidad de población (DP) mayor (1,250 AH) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Diámetro del tronco del dragón Volador, patrón del toronjo ´Río Red´, establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Diámetro del tronco del patrón (cm) <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	1.46	ab	1.80	a	3.49	a	4.76	a
1,000	1.48	a	1.86	a	3.23	a	4.62	a
1,250	1.35	b	1.85	a	3.51	a	4.85	a
MEDIA	1.418		1.831		3.450		4.769	
DMS	0.112		0.242		0.362		0.371	
CV (%)	10.199		17.030		13.530		10.036	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación. Fecha de plantación: Marzo 2016.

Esta diferencia difícilmente pudo deberse a la competencia entre árboles, pues apenas tenían seis meses de plantados y su copa era muy pequeña; pero si es posible que se haya debido a una deficiente selección de la planta, y que, al momento de plantarlos, se haya favorecido por azar, al tratamiento de DP intermedia, con una mayor cantidad de plantas de mayor grosor de tallo. Sin embargo, el desarrollo del tronco se uniformó para los tres tratamientos, en las siguientes tres mediciones, a los 12, 18 y 24 meses de plantados.



### Diámetro del tronco del toronjo 'Río Red'

Esta variable mostró una respuesta muy similar que la del grosor tronco del patrón, en el sentido de que el tallo del toronjo 'Río Red' de los árboles de la DP más alta (1,250 AH), también fue estadísticamente menor, pero en este caso, en comparación con la DP de 833 AH (Cuadro 2) y, estadísticamente igual en las siguientes tres mediciones. Cabe notar que los valores promedio, fueron menores numéricamente a aquellos de los registrados para los troncos del patrón (Cuadro 1) en las cuatro fechas de evaluación; lo que denota un mayor vigor del *Poncirus trifoliata* en comparación con el toronjo Río Red, como lo han señalado Curti *et al.*, (2012) y Leal *et al.*, (2012), entre otros.

**Cuadro 2. Diámetro del tronco del toronjo 'Río Red'/dragón Volador, establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Diámetro de tronco de toronjo Río Red (cm) <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	1.27	a	1.30	a	2.48	a	3.73	a
1,000	1.23	ab	1.34	a	2.37	a	3.59	a
1,250	1.14	b	1.37	a	2.58	a	3.52	a
MEDIA	1.211		1.340		2.498		3.616	
DMS	0.098		0.176		0.222		0.348	
CV (%)	10.407		16.939		11.462		12.395	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo 2016.

### Relación tronco toronjo 'Río Red' / tronco patrón

El cociente del diámetro del tronco del toronjo Río Red entre el del patrón, no difirió entre las tres DP, en ninguna de las cuatro fechas de evaluación (Cuadro 3).

Sin embargo, debe comentarse que en todas las fechas el cociente es menor que la unidad, lo cual es muy sabido, dado que *Poncirus trifoliata* siempre muestra un diámetro mayor que el tronco del cultivar injertado (Curti *et al.*, 2012; Leal *et al.*, 2012).



**Cuadro 3. Relación diámetro de tronco del toronjo 'Río Red' / Diámetro del tronco del patrón, establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Diámetro del tronco del toronjo Río Red / Diámetro del tronco del patrón <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	0.87	a	0.73	a	0.71	a	0.79	a
1,000	0.84	a	0.73	a	0.73	a	0.78	a
1,250	0.85	a	0.74	a	0.74	a	0.73	a
MEDIA	0.856		0.736		0.729		0.761	
DMS	0.045		0.064		0.061		0.067	
CV (%)	6.823		11.226		10.705		11.382	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo 2016.

### Diámetro promedio de copa

Esta variable fue igual para todas las DP a los seis y 12 meses de edad de los árboles (Cuadro 4); sin embargo, a los 18 meses (agosto, 2017) los árboles plantados con la menor DP tuvieron un mayor diámetro de copa, lo cual es congruente con su mayor diámetro medido de este a oeste (no mostrado) y a la fundamentación que se hace sobre esa misma variable, con base al mayor espacio físico que se tiene en esa menor DP.

**Cuadro 4. Diámetro promedio de la copa del toronjo 'Río Red' establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Diámetro promedio de copa (m) <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	0.27	a	0.39	a	1.23	a	1.62	ab
1,000	0.29	a	0.38	a	0.98	b	1.59	b
1,250	0.32	a	0.38	a	1.06	b	1.73	a
MEDIA	0.295		0.384		1.113		1.657	
DMS	0.069		0.068		0.100		0.120	
CV (%)	30.114		22.888		11.632		9.347	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo 2016.

Sin embargo, a los 24 meses (marzo 2018), la mayor y menor DP son iguales estadísticamente, lo cual no es un resultado lógico y, por lo tanto, difícil de explicar.





Es muy probable que esa heterogeneidad en el comportamiento en el desarrollo de la copa, vaya disminuyendo conforme la edad de árbol sea mayor.

### Altura total de copa

La altura del árbol tiene un comportamiento similar al diámetro promedio de copa (Cuadro 5), pues sólo existe diferencia estadística a los 18 meses, cuando los valores de la DP menor superan a los de la DP intermedia, pero son iguales a la DP mayor (1,250 AH). Es notorio que, tanto en esta variable como en el diámetro promedio de copa, los árboles establecidos a la DP intermedia tiene los valores más bajos a los 18 meses de edad, lo que sugiere que esta diferencia pudo deberse a diferente criterio de los podadores, con relación a la severidad de esta práctica. Estas diferencias, si hubiera sido por efecto de la poda, serán cada vez menores conforme la copa del árbol vaya siendo mayor.

**Cuadro 5. Altura de la copa del toronjo ‘Río Red’ establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Altura de la copa (m) <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	0.65	a	0.68	a	1.24	a	1.66	a
1,000	0.65	a	0.69	a	1.05	b	1.65	a
1,250	0.64	a	0.68	a	1.14	ab	1.62	a
MEDIA	0.647		0.685		1.166		1.643	
DMS	0.072		0.096		0.115		0.115	
CV (%)	14.277		17.984		12.712		9.042	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo 2016.

### Índice de conformación de Copa

Este índice es útil para caracterizar la arquitectura del árbol; el diámetro ecuatorial de la copa en los árboles cítricos, generalmente es mayor que su altura, por lo cual su índice resulta menor que la unidad. En este estudio, donde las plantas son muy nuevas y con muy poco desarrollo, la altura de la planta es mayor que su diámetro, por lo que los índices son mayores que la unidad (Cuadro 6). Sin embargo, hay dos aspectos que comentar: el primero es que los índices promedio son cada vez



menores, conforme el árbol se va desarrollando y, después de los 18 meses tienen valores alrededor de la unidad. El segundo es que, en la última fecha de evaluación, los árboles correspondientes a la DP mayor, son estadísticamente menores a los de las otras DP, lo que se explica por su mayor diámetro de copa (Cuadro 6). Sin embargo, estos resultados son aún incipientes y habrá que seguir evaluando hasta que el árbol tenga una copa bien desarrollada.

**Cuadro 6. Índice de conformación de la copa del toronjo 'Río Red' establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Índice de conformación de copa <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	2.56	a	1.81	a	1.02	a	1.04	a
1,000	2.47	a	1.86	a	1.09	a	1.05	a
1,250	2.22	a	1.92	a	1.10	a	0.94	b
MEDIA	2.404		1.863		1.065		1.001	
DMS	0.687		0.340		0.113		0.078	
CV (%)	36.880		23.529		13.628		10.064	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo 2016.

### Volumen de copa

El volumen de copa sólo difirió estadísticamente entre las DP en la tercera evaluación (agosto, 2017), al igual que la variable altura de la copa, dado que la altura es un factor que interviene en el cálculo del volumen. El volumen de los árboles establecidos a la DP de 833 AH superó al de aquellos correspondientes a las otras dos DP (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Volumen de la copa del toronjo 'Río Red' establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016-2018.**

Árboles/Ha	Volumen de copa (m <sup>3</sup> ) <sup>z</sup>							
	Agosto 2016		Marzo 2017		Agosto 2017		marzo 2018	
833	0.01	a	0.02	a	0.55	a	1.56	a
1,000	0.01	a	0.01	a	0.24	b	1.53	a
1,250	0.02	a	0.02	a	0.33	b	1.65	a
MEDIA	0.013		0.019		0.402		1.589	
DMS	0.008		0.014		0.118		0.350	
CV (%)	81.148		93.672		37.913		28.404	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

Fecha de plantación: Marzo, 2016.



## Conclusiones

En estos dos primeros años de desarrollo se concluye lo siguiente: 1. El diámetro de los troncos del patrón y toronjo 'Río Red' no muestran diferencias por efecto de las densidades de plantación estudiadas; así como tampoco existen diferencia en la relación diámetro toronjo 'Río Red' entre diámetro patrón; sin embargo, si es muy notoria el mayor desarrollo del patrón con relación al tronco del toronjo 'Río Red'. 2. No existen diferencias en las dimensiones de la copa (diámetro promedio, altura y volumen de copa), por efecto de las diferentes densidades de plantación. 3. No hay efecto de las diferentes densidades de plantación estudiadas en el índice de conformación de la copa, pero si es muy clara la tendencia a obtener valores menores, mientras mayor edad tiene el árbol

## Literatura citada

- Anónimo. 2015. Statistical Analysis System Versión 9.3 para Windows (español). SAS Institute Inc. NC. Estados Unidos.
- Curti, D. S. A., C. Hernández G. y R. X. Loredó S. 2012. Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo, Serie Horticultura, 18 (3): 291-305.
- Castle, W. S., C. O. Youtsey and D. J. Hutchison. 1986. Rangpur lime x Troyer citrange, a hybrid citrus rootstock for closely spaced trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 99:33-35.
- Kuo, T. L., J. P. Syvertsen and J. Dunlop. 2006. Defoliation after harvest with a trunk shaker does not affect canopy light interception in orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119:187-189.
- Leal, B. R., S. A. Curti D. y C. Hernández G. 2012. Comportamiento agronómico de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en 16 patrones, en un suelo franco arenoso. In: Memoria del Congreso Mexicano de Investigación en Cítricos 2012. P. 32-38. Boca del Río, Ver. México.



- Ledo, A. Da S.; T. K. Oliveira de, R. Ritzinger and F. F. Azevedo. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. *Revista Ciencia Agronómica* 39(2):263-268.
- Phillips, R. L. 1978. Tree size control: Hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:43-46.
- SAGARPA. 2019. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. URL: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Fecha de consulta: septiembre 2, 2019).
- Stenzel, N. M. C., C. S. V. Neves J., B. D. S Scholz M. y J. C. Gomes. 2005. Comportamento da laranjeira 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Frutic.* 27(3): 408-411.
- Stover, E., W. S. Castle and P. Spyke. 2008. The citrus grove of the future and its implications for Huanglongbing management. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 121:155-159.
- Wheaton, T. A., J. D. Whitney, W. S. Castle, R. P. Muraro, H. W. Browning and D. P. H. Tucker. 1995. *Citrus* scion and rootstock, topping height, and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality, and economic return. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (5): 861-870.
- Whitney, J. D. and T. A. Wheaton. 1984. Tree spacing affects citrus fruit distribution and yield. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97:44-47.
- Wheaton, T. A., W. S. Castle., D. P. H. Tucker and J. D. Whitney. 1978. Higher density plantings for Florida citrus. *Concepts. Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91: 27-33.



# Plagas y enfermedades





## BIOECOLOGÍA DE TRIPS (THISANOPTERA: THIRIPIDAE) Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN LIMÓN MEXICANO EN MICHOACÁN

Mario A. Miranda Salcedo<sup>402</sup>, Esperanza Loera Alvarado<sup>403</sup> y Edgardo Cortez Mondaca<sup>404</sup>

### Resumen

Los trips (Thisanoptera: Thripidae) es una nueva plaga que ataca los cítricos en el Valle de Apatzingán, Michoacán. El objetivo de este estudio fue determinar la fluctuación poblacional de trips y sus enemigos naturales en huertas de limón mexicano. Los trips estuvieron presentes a lo largo del estudio; sin embargo, sus poblaciones se incrementan a partir de noviembre a mayo y decrecen de junio a octubre. Las especies más importantes registradas fueron: *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895, *F. insularis* (Franklin) 1908, *Scirtotrips perseae* Nakahara 1997 y *Leptotrips* sp. La huerta con mayor aplicación de insecticidas presentó un 90% de frutos de limón dañados. Los principales enemigos naturales encontrados fueron *Chrysoperla rufilabris* Burmeister 1839, *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Stetorus* sp., *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville 1842, *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866), *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) y diferentes especies de arañas.

**Palabras clave:** *Frankliniella occidentalis*, trips, cítricos, enemigos naturales

### Introducción

Las comunidades naturales están integradas por especies que coexisten e interactúan. A partir de este hecho, una especie puede causar un efecto positivo o

<sup>402</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de Apatzingán. [miranda.marioalberto@inifap.gob.mx](mailto:miranda.marioalberto@inifap.gob.mx)

<sup>403</sup> CIDAM.

<sup>404</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Fuerte.



negativo en la sobrevivencia, crecimiento o fecundidad de otra (Begon y Mortimer, 1986; Bonsall y Hassell, 1997). En el caso de la competencia, cada especie tiene un efecto adverso sobre la otra (Lotka, 1925; Holt y Lawton, 1994), que puede expresarse por medio de agresiones directas o por explotación de recursos compartidos (Lawton y Hassell, 1984). En estudios sobre interacciones entre una presa y un depredador, las relaciones competitivas adquieren particular relevancia dentro del contexto del control biológico de plagas (Murdoch y Briggs, 1996; Hawkins, 2000). La contribución de la teoría ecológica ha sido importante al estudiar la historia de vida de enemigos naturales, su adaptación a diferentes condiciones ambientales, sus atributos e interacciones (Murdoch *et al.*, 1985). En los programas de control biológico se usan tres estrategias: el control biológico clásico, el control biológico por aumento y el control biológico por conservación (De Bach y Rosen, 1991). En México, se han registrado varias especies de insectos benéficos, los más importantes son: los depredadores *Chilocorus hesfericus* y *Ceraeochrysa* sp., y el parasitoide *Encarcia citrina* (Urías, 2004). México es el primer productor de limón mexicano en el mundo, con una superficie de 120 mil hectáreas. Michoacán es el estado que presenta la mayor superficie 65,000 has, una producción de 721,809 toneladas (SIAP, 2019). El uso excesivo de insecticidas, ha ocasionado que resurjan plagas secundarias como los trips, que afectan la producción y calidad del fruto. El complejo de trips (Thysanoptera: Thripidae) ha cambiado su status de plaga secundaria a primaria, esta plaga además de los cítricos afecta diferentes cultivos (Hoddle, 1999; Johansen, 2001; Johansen y Guzmán, 1998). Ante la gravedad del problema y la amenaza que representa su dispersión a otros estados citrícolas del país, se planteó identificar el gremio de enemigos naturales que atacan al trips en limón mexicano, estos organismos pueden representar una estrategia biorracional en el manejo de la plaga.



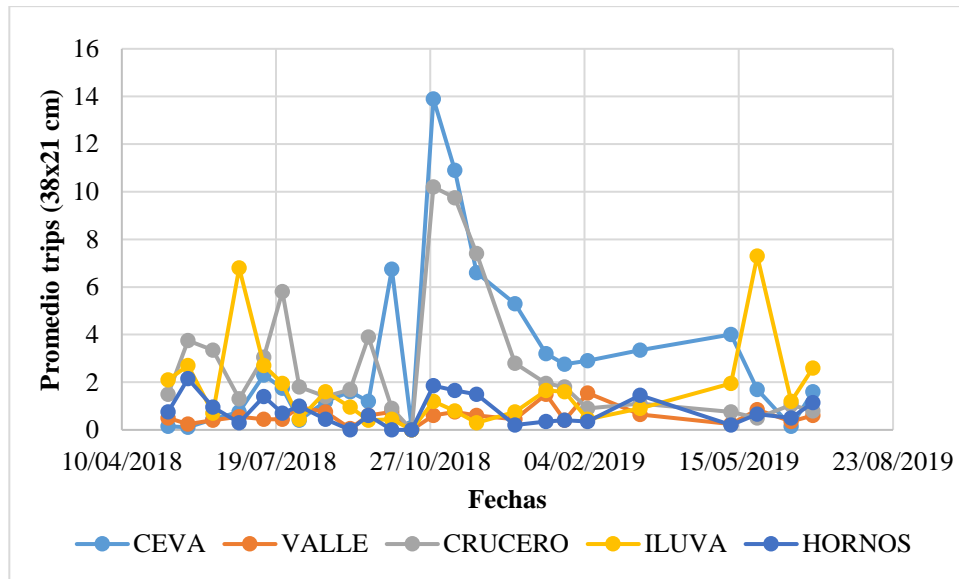
## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Valle de Apatzingán, Michoacán, se seleccionaron cinco huertas (parcelas) de limón con diferente intensidad de manejo. Los muestreos fueron de mayo del 2018 a julio de 2019. En cada muestreo se revisaron 20 árboles al azar. El muestreo consistió en golpeteo de una rama, los trips y sus enemigos naturales se capturan en una tabla de color azul de 21 x 38 cm de donde se cuantifica su número. Las muestras se colectaron y guardaron en recipientes con alcohol al 70 % para corroborar su identificación por parte del CIDAM.

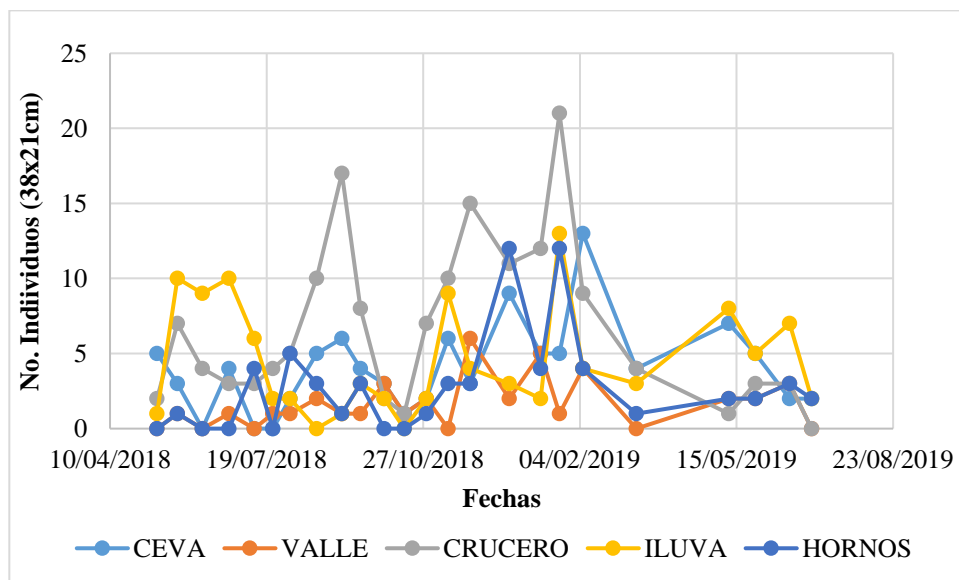
## Resultados y discusión

El complejo de especies de trips está presente en limón mexicano durante todo el periodo de muestreo (mayo 2018 a julio de 2019). Sin embargo, el mayor pico poblacional se presentó en noviembre y diciembre (14 trips por área de muestreo) y en mayo (7 trips por área) (Figura 1). Las principales especies de trips presentes en limón mexicano fueron *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895, *F. insularis* (Franklin, 1908), *Scirtotrips perseae* (Nakahara, 1997) y *Leptotrips* sp. La más abundante fue *F. occidentalis*, esta especie es polífaga y afecta alrededor de 50 hospederos (Johansen, 2001). Se han identificado diez especies de enemigos naturales que pueden depredar al trips en Michoacán: *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, 1839, *Cereochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae); *Stetorus* sp., *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville, 1842), *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) (Coleoptera: Coccinelidae), *Zelus renardii* (Kolenati, 1857); *Leptotrips* sp. (Thysanoptera: Tripidae) y diferentes especies de arañas. Los más importantes son *Chrysoperla rufilabris* y *Cereochrysa cincta* y se encuentran en los cinco sitios de muestreo (Figura 2). Los máximos picos poblacionales se observaron en julio y en febrero, en la huerta de El Crucero, con 17 y 21 individuos respectivamente. Este hecho tiene relación con la respuesta funcional y numérica de los depredadores, de ser abundantes en sitios con alta presencia de presas.





**Figura 1. Fluctuación poblacional de especies de trips asociados al limón mexicano por huerta en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a julio 2019).**

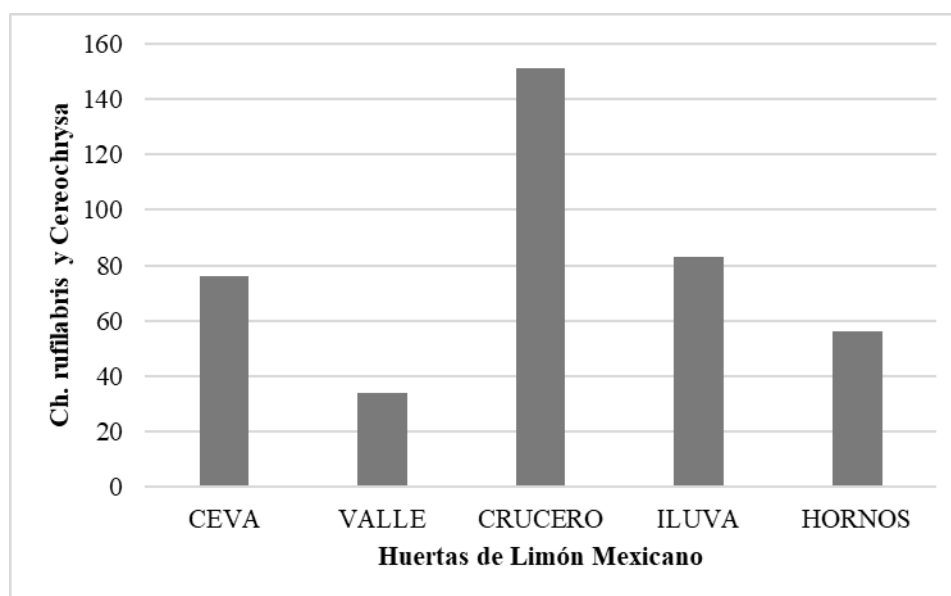


**Figura 2. Fluctuación poblacional de *Chrysoperla rufilabris* y *Cerochrysa valida* en limón mexicano por huerta en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a julio 2019).**

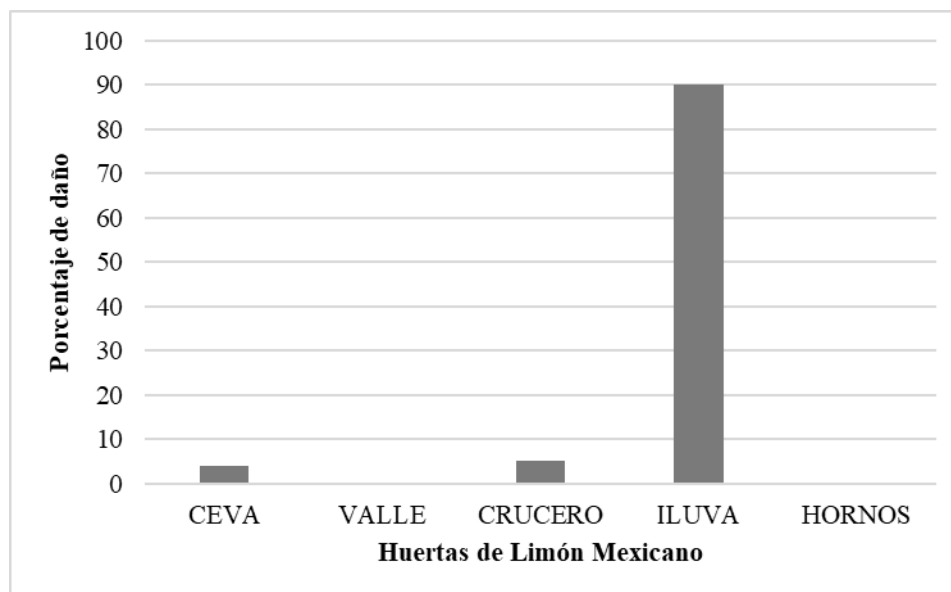
La huerta que presentó mayor abundancia fue la de El Crucero (151 individuos) y la menor la de El Valle (34 individuos). La huerta ILUVA presenta 83 individuos (Figura 3). Sin embargo, debido a que es en la que más se aplicaron insecticidas, su impacto en el control de trips fue poco significativo, debido al alto porcentaje de frutos



dañados (90%) (Figura 4). El género *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) es exclusivamente americano y neotropical, con un rango geográfico de sus especies desde el sur de Canadá hasta el extremo sur de Chile (Brooks y Barnard, 1990). Actualmente, existen alrededor de 40 especies descritas de *Ceraeochrysa*; de estas, 16 se encuentran presentes en México (Tauber y De León, 2001). Las especies de *Ceraeochrysa* ocurren en hábitats diversos, por ejemplo: bosques de clima húmedo y seco, pastizales, huertos frutícolas y en cultivos anuales y perennes (Brooks y Barnard, 1990). Las larvas de *Ceraeochrysa* depredan artrópodos de cuerpo blando, de una gran cantidad de plagas económicamente importantes. Los adultos se alimentan de polen y mielecilla (Brooks y Barnard, 1990). Además, se han establecido bases para la producción comercial de *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana* y *C. smithi* (López-Arroyo *et al.*, 1999). Los resultados observados permiten plantear estrategias biorracionales en el manejo de trips asociados al limón mexicano en el Valle de Apatzingán. Las cuales deben favorecer el uso de malezas entre las hileras de árboles que sirvan de refugio al amplio espectro de enemigos naturales que presenta esta plaga.



**Figura 3. Especímenes de *Chrysoperla rufilabris* y *Cereochrysa valida* registrados en huertas de limón mexicano en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a febrero de 2019).**



**Figura 4. Porcentaje de frutos dañados por trips de Limón Mexicano en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a febrero 2019).**

## Conclusiones

1. Las principales especies de trips asociadas al limón mexicano en el Valle de Apatzingán fueron *Frankliniella occidentalis*, *F. insularis*, *Scirtotrips persae* y *Leptotrips* sp.
2. La densidad poblacional es baja durante el temporal junio-octubre e incrementan sus picos poblacionales a partir de noviembre.
3. Los principales enemigos naturales encontrados son: *Chrysoperla rufilabris*, *Cereochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae); *Cycloneda sanguínea*, *Hippodamia convergens*, *Olla v-nigrum*, *Stetorus* sp., *Cycloneda sanguínea* (Coleoptera: Coccinelidae); *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduvidae); *Leptotrips* sp. (Thysanoptera: Tripidae) y diferentes especies de arañas.
4. Las huertas que presentan un manejo agroecológico y pocas aplicaciones presentan menos densidad de la plaga y menor daño en frutos.



## Agradecimientos

La investigación fue financiada con recursos de fondos fiscales del INIFAP en el año 2018 al proyecto “Manejo biorracional de trips en Limón Mexicano en Michoacán”.

## Literatura citada

- Begon, M. and M. Mortimer. 1986. Population Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
- Brooks, S. J., and P. Barnard C. 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.) 59: 117-286.
- Bonsall, M. B. and M. P. Hassell. 1997. Apparent competition structures ecological assemblages. Nature 388: 371-373.
- De Bach, P. D. and D. Rosen. 1991. Biological control by natural enemies. Agroecosystem. Proc. Calif. Acad. Scienc. 52(19): 245-395.
- Hawkins, B. A. 2000. Species coexistence in parasitoid communities: does competition matter? pp. 198-213. En: Parasitoid population biology. M. E. Hochberg & A.R. Ives (eds.). Princeton University Press. N.J. USA.
- Hoddle, M. S. 1999. The biology and management of the avocado thrips, *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera:Thripidae). [www.biocontrol.ucr.edu/avocadothrips.html](http://www.biocontrol.ucr.edu/avocadothrips.html).
- Holt, R. D. and J. H. Lawton. 1994. The ecological consequences of shared natural enemies. Annu. Rev. Ecol. Syst. 25: 495-520.
- Johansen, R. M. 2001. Trips de importancia en la fruticultura en México. In: Memoria del XIV Curso Internacional de Actualización Frutícola “Aspectos fitosanitarios en la Fruticultura”. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., Tonalico, México. p. 23-32.
- Johansen, R. M., A. Guzmán G. 1998. The genus *Scirrtotothrips* Shull, 1909 (Thisanoptera: Tripidae, Sericotripini) in Mexico. Fol. Entomol. Mex. 104: 23-108.
- Lawton, J. H. and M. P. Hassell. 1984. Interspecific competition in insects. In: Ecological Entomology. C. B. Huffaker & R. L. Rabb (eds.). Jonh Wiley and Sons. N.Y., USA.





- López-Arroyo, J. I., C. Tauber A. and M. Tauber J. 1999. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: Ceraeochrysa). *Environ. Entomol.* 28(6): 1183-1188.
- Lotka, A. J. 1925. *Elements of physical biology*. Williams & Wilkins. Maryland, USA.
- Murdoch, W. W. and C. Briggs J. 1996. Theory for biological control: recent developments. *Ecology* 77: 2001-2013.
- Murdoch, W. W., Chesson J. and P. Chesson L. 1985. Biological control in theory and practice. *Am. Nat.* 125: 344-366.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. <http://www.siap.gob.mx>. Consulta 15 de junio 2019.
- Tauber, C. A., and T. De León. 2001. Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Larvae of *Ceraeochrysa* from Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 197-209.
- Urías, L. M. A. 2004. Estudios biológicos y control de la escama blanca del mango en la Costa de Chila, Nayarit. (Informe Parcial de Investigación). Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit. 14 p.



## MANEJO BIORRACIONAL DEL PSILIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS *Diaphorina citri* KUWAYAMA 1908 (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EN MICHOACÁN

Mario A. Miranda-Salcedo<sup>405</sup>

### Resumen

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) es el vector del Huanglongbing (HLB), considerada la enfermedad más importante de los cítricos en el mundo. El HLB en Michoacán, México, se detectó en diciembre del 2010 y actualmente afecta a todos los municipios citrícolas de Michoacán. El vector se presenta durante todo el año con altas poblaciones en abril, julio y diciembre. Los principales enemigos naturales encontrados son *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922), *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839), *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville, 1842), *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) y *Zelus renardii* (Kolenati, 1857). El programa piloto para el manejo del HLB-*D citri* en Michoacán ha mostrado resultados favorables en la reducción de poblaciones de *D. citri* en 65,000 hectáreas de cítricos.

**Palabras clave:** *Diaphorina citri*, Huanglongbing, cítricos, control, enemigos naturales

### Introducción

México es uno de los principales países productores de cítricos en el mundo, ocupa el quinto lugar en la producción con una superficie establecida de 600 mil hectáreas (SENASICA, 2019). El estado de Michoacán ocupa el segundo lugar nacional en cítricos con una superficie de 65,000 hectáreas (SIAP, 2019). El psílido asiático de los

---

<sup>405</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de Apatzingán. \* miranda.marialberto@inifap.gob.mx



cítricos *Diaphorina citri* (Hemíptera: Liviidae) está distribuido en todo México. Es el vector del Huanglongbing (HLB) la enfermedad más importante de los cítricos en el mundo (Roistacher, 1991; Halbert y Manjunath, 2004). La enfermedad está presente en todos los estados cítricos del país. En Michoacán se detectó en diciembre de 2010, actualmente está distribuida en todos los municipios con altos picos poblacionales del vector (SENASICA, 2019). Los estudios de la bioecología y control químico del psílido iniciaron en 2008. El objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento poblacional de la plaga durante diez años de muestreos, el monitoreo de sus enemigos naturales y evaluación de productos biorracionales.

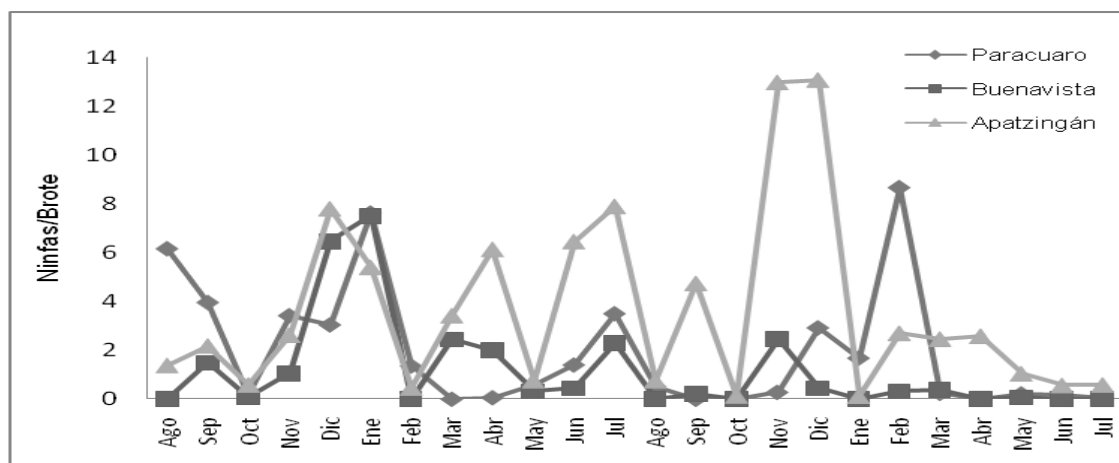
## **Materiales y métodos**

Los estudios sobre la bioecología y control del psílido asiático de los cítricos iniciaron en agosto del 2008 y continúan a la fecha, período en el cual se han monitoreado huertas de limón mexicano, limón persa, toronja y naranja. Estas huertas se ubicaron en los municipios de Buenavista, Apatzingán y Parácuaro, Michoacán. Esos municipios concentran el 70% de la superficie de cítricos en el estado. Los muestreos se realizaron cada quince días, para lo cual se seleccionaron 20 árboles (10 de la periferia y 10 en posición diagonal). En cada árbol se revisó un brote joven por árbol, el brote se ubicó a una altura de 1.5 m. De cada brote se cuantificó el número de adultos, ninfas y enemigos naturales. Además, se realizó un bioensayo bajo condiciones de invernadero para determinar la efectividad de diversos insecticidas de diferentes grupos toxicológicos. Se evaluaron los siguientes productos y dosis: 1) Confidor 1 ml/l de agua, 2) Agrimek 1 ml/l de agua, 3) Biocrack 3 ml/l de agua, 4) Lorsban 1 ml/l de agua, 5) Ultralux 2 ml/l de agua y, 6) Testigo sin aplicación de insecticidas.



## Resultados y discusión

*Diaphorina citri* está presente todo el año debido a las condiciones ambientales y a las prácticas de manejo promovidas por los productores que promueven la emisión de nuevos brotes vegetativos, lo que asegura disponibilidad de alimento y sitios de oviposición del insecto (Miranda y López, 2009; Miranda y López, 2010). En limón mexicano, se presentan al año cuatro picos poblacionales (septiembre, diciembre, abril y julio). En el primer año de muestreo, el mayor número de ninfas por brote se presentó durante diciembre y julio (8 ninfas/brote), además de otros máximos poblacionales durante septiembre y abril (6 ninfas/brote). La mayor densidad poblacional se presentó en Apatzingán, de noviembre a diciembre del 2009 (13 ninfas/brote). Aun y cuando esta huerta está altamente tecnificada, el uso de agroquímico no incidió para reducir la densidad de la plaga (Figura 1). Esta densidad poblacional propició la presencia del HLB en el 2010 en Michoacán y su posterior diseminación (Miranda, 2014).



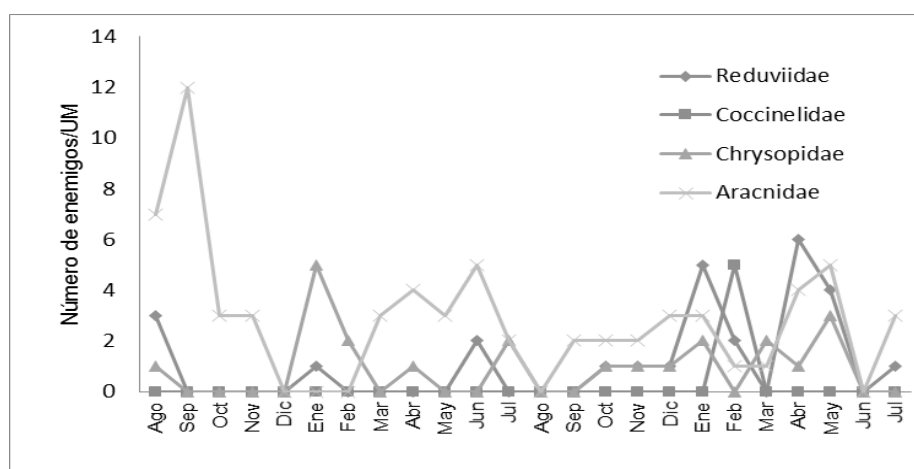
**Figura 1. Fluctuación poblacional de ninfas de *D. citri* en limón mexicano en el Valle de Apatzingán (Ago 2008-Jul 2010).**

Se detectaron diferentes enemigos naturales de *D. citri* como el parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), los depredadores *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae), *Cycloneda sanguinea* (L.), *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, *Olla v-nigrum* (Mulsant)





(Coleoptera: Coccinellidae), *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduviidae) y diferentes especies de arañas no identificadas que están presentes durante todo el año (Figura 2). Los enemigos naturales ejercen un control de la plaga y contribuyen a una disminución de aplicaciones químicas. Sin embargo, en un escenario con presencia de HLB, bajas densidades del vector pueden ser un factor de diseminación de la enfermedad como ha ocurrido en Colima.



**Figura 2. Fluctuación poblacional de enemigos naturales de *Diaphorina citri* en cítricos del Valle de Apatzingán (Ago 2008-Jul 2010).**

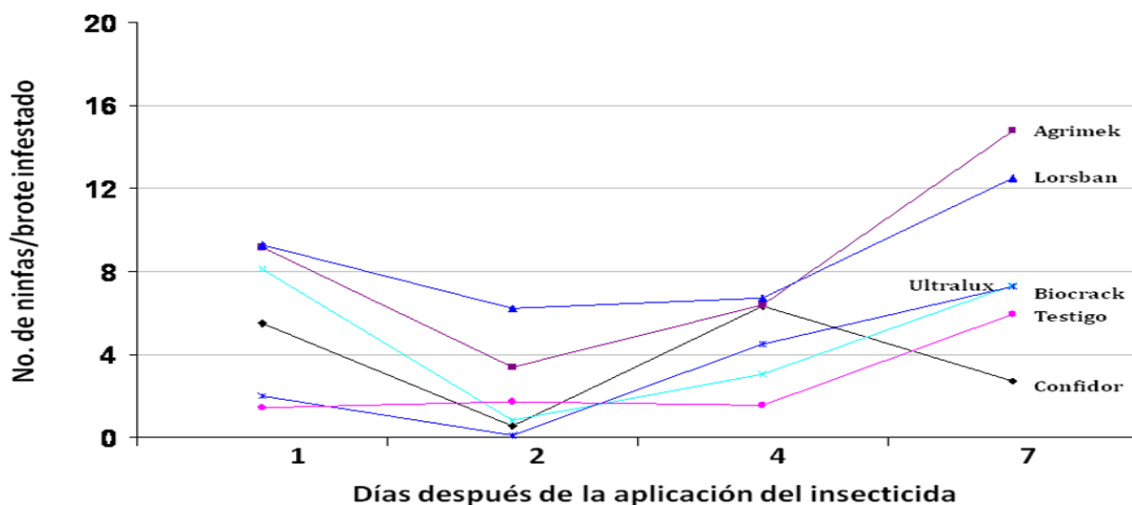
Los resultados muestran que el insecticida más promisorio en el control de *D. citri* bajo condiciones de invernadero es el Confidor (Imidacloprid) a la dosis de 1 ml/l de agua. Sin embargo, fue imposible eliminar la presencia de la plaga de los árboles, ya que después de siete días de realizar la aspersion del insecticida se encontró la presencia de ninfas en las ramas (Figura 3) (Miranda y López, 2009; Miranda y López, 2010). En contraste, productos insecticidas como el clorpirifos, pueden reducir notablemente a la plaga; sin embargo, el insecto presenta una resurgencia después de doce días y es un producto de amplio espectro que puede afectar a la fauna benéfica. Estos productos generalmente son más económicos que el imidacloprid y por esta razón presentan una gran aceptación entre los citricultores, pero sus efectos en los organismos benéficos están asociados con una mayor resurgencia de plagas como: mosca prieta, escama de nieve y trips. Por lo tanto, es importante considerar que después de una semana de la aplicación de productos de amplio



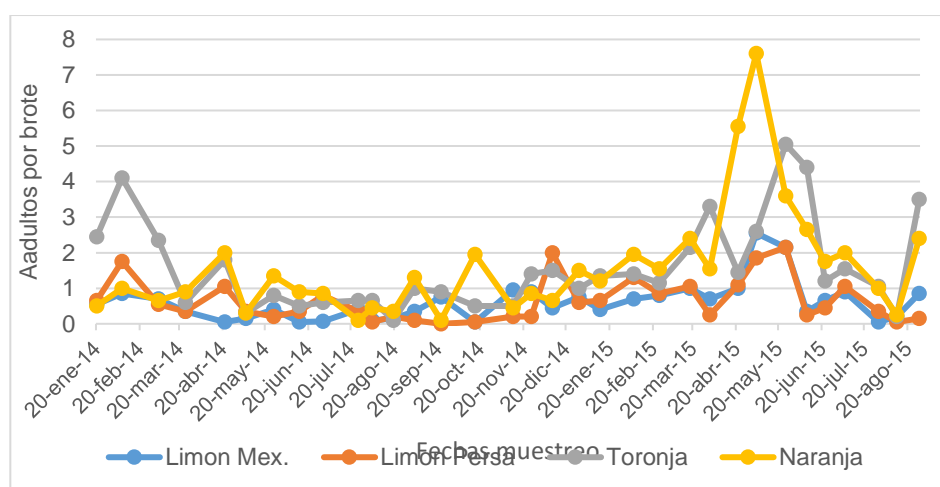
espectro la plaga resurge. Las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán, favorecen la presencia durante todo el año de *D. citri*, lo cual dificulta su manejo si solamente se sustenta en la aplicación de productos químicos y desaprovecha la presencia e impacto de los enemigos naturales (parasitoides, entomopatógenos y depredadores).

Diferentes investigaciones del INIFAP han evaluado alrededor de cuarenta productos de diferentes grupos toxicológicos, que pueden causar alta mortalidad en la plaga, muchos de estos insecticidas son de bajo impacto ambiental y en la actualidad se tiene contemplado su uso en programas piloto para el manejo de la plaga y el HLB en el país (Cortés *et al.* 2010).

La campaña que se realiza actualmente en Michoacán, apoya al productor con una o dos aplicaciones al año para el control de *D. citri*. Sin embargo, estas aplicaciones se desfasan con los máximos picos poblacionales que presenta la plaga. Debido a que el producto se entrega extemporáneamente y no cubre toda la superficie citrícola del estado. Esto aunado a lluvias extemporáneas como las ocurridas en marzo del 2015, aumentó la densidad del vector durante los meses de abril-mayo, con un máximo de 7.6 adultos/brote en naranja (Figura 4). Por lo tanto, el enfoque en que se controla al psílido en el Valle de Apatzingán, debe cambiar a convivir o coexistir con la misma. Además, se deberán usar productos biorracionales como sales potásicas, jabones o insecticidas de origen botánico (Nim o Biocrack) que causan menos resistencia en comparación con los insecticidas organofosforados, piretroides o nicotinoides. También se debe promover el uso de coberteras como pastos que proporcionen refugio a los numerosos enemigos naturales que regulan sus poblaciones y reducir la resurgencia de plagas secundarias como trips, escamas y barrenadores



**Figura 3. Efecto de insecticidas asperjados al follaje en la presencia de ninfas de *Diaphorina citri* en árboles de limón mexicano mantenidos en invernadero.**



**Figura 4. Adultos/brote de *Diaphorina citri* en cítricos del Valle de Apatzingán (Ene 2014-Ago 2015).**

## Conclusiones

1. En el Valle de Apatzingán el psílido *D. citri* se presenta durante todo el año. Los máximos picos poblacionales ocurren en diciembre, abril y julio.
2. Los principales enemigos naturales de *D. citri* son el parasitoide *Tamarixia radiata*, los depredadores *Chrysoperla rufilabris*, *Cycloneda sanguinea*,



*Hippodamia convergens*, *Olla v-nigrum*, *Zelus renardii*, y diferentes especies de arañas.

3. Existen diferentes productos biorracionales de bajo impacto que reducen las poblaciones de la plaga en campo.

## Agradecimientos

La investigación fue financiada con presupuesto del proyecto “Validación y transferencia de tecnología para recuperar la productividad de plantaciones de limón mexicano en ambientes de alta incidencia de HLB en Colima, Michoacán, Oaxaca y Guerrero”.

## Literatura citada

- Cortés, M. E., López-Arroyo J. I., L. Hernández M., A. Castillo F. y J. Loera G. 2010. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces en México: Selección de insecticidas y épocas de aplicación. Folleto Técnico No 35. INIFAP-México. 22 p.
- Halbert, S. E. and K. Manjunath L. 2004. Asian citrus psyllid (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87 (3): 401-402.
- Miranda, S. M. A. 2014. Efectividad del Isoclast en el manejo integrado de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en Michoacán. Memorias XXXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Mérida, Yucatán, México. 177-182.
- Miranda, S. M. A. y López A. J. I. 2009. Ecología del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Michoacán. Memorias XXXII Congreso Nacional de Control Biológico. Villahermosa Tabasco. 55-59.





- MIRANDA, S. M. A. Y LÓPEZ A. J. I. 2010. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *DIAPHORINA CITRI* KUWAYAMA (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) Y EFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS PARA SU CONTROL EN MICHOACÁN. ENTOMOLOGÍA MEXICANA 9:577-582.
- Roistacher, C. N. 1991. Techniques for biological detection of specific citrus graft  
Wooler A., D. Padgham, and A. Arafat 1974. Outbreaks and new records. Saudi Arabia. *Diaphorina citri* on citrus. FAO Plant Protection Bulletin 22: 93-94.
- SENASICA, 2019. Estrategia 2017, para la detección y control del HLB y el psilido asiático de los cítricos en México. [www.senasica.gob.mx/default.asp?](http://www.senasica.gob.mx/default.asp?) 15 febrero 2019.
- SIAP, 2019. Producción anual estatal, distrital y municipal. SAGARPA. México. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) 15 de junio 2019.



## CAÍDA DE NARANJA ORGÁNICA Y SU PROBLEMÁTICA EN LA ZONA NORTE DE VERACRUZ

Manuel Ángel Gómez Cruz<sup>406\*</sup>, Laura Gómez Tovar<sup>407</sup>, Karen Yossileth Ramírez Cruz<sup>408</sup> y  
Osciel Rodríguez Nieto<sup>409</sup>

### Resumen

Los cítricos forman parte de los frutales más importantes en el mundo, la superficie cosechada es de 5 millones de hectáreas, que producen 90.5 millones de toneladas. La naranja mexicana ocupa el 5° lugar en la producción mundial de esta fruta, con 4.5 millones de toneladas. Veracruz es el líder en volumen de producción de naranja en México, ya que produce una de cada dos naranjas (2,368 mil toneladas). En los últimos años, la región norte del estado de Veracruz ha sido afectada por la caída o abscisión de fruta madura en un promedio del 20% anual, causando una merma importante en las ganancias de los citricultores. Lo anterior, se debe a diversas enfermedades como Antracnosis (*Colletotrichum spp*), *Botryodiplodia citricola*, *Fusarium spp.*, virus de la tristeza (VTC), Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*, CLAs), viroide de la Exocortis (CEVd) y en viroide *Hop stunt* (HSVd); entre otros factores, como el cambio climático, deficiencias en la nutrición y mal manejo de las huertas. El problema de la caída de fruta afecta tanto a productores convencionales como orgánicos. A la fecha no se tienen propuestas técnicas concretas de parte de las instituciones para resolver esta compleja problemática. El objetivo de la presente investigación fue cuantificar las pérdidas por caída de naranja madura en una huerta con manejo orgánico en el municipio de Papantla, Ver. Se encontró una pérdida del 16.4 % del total de la cosecha de 2019.

<sup>406</sup> Universidad Autónoma Chapingo-CIIDRI, magomezcruz@live.com

<sup>407</sup> Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Agroecología-CIIDRI, gomezlaura@yahoo.com

<sup>408</sup> Universidad Autónoma Chapingo-CIIDRI, yossi13kr@gmail.com

<sup>409</sup> Universidad Autónoma Chapingo-CIIDRI, oscielrn@hotmail.com



**Palabras clave:** Abscisión, enfermedades, naranja agroecológica, baja producción, pérdida económica

## Introducción

La naranja mexicana ocupa el 5° lugar en producción mundial, con una cosecha de 4,533,428 toneladas (SAGARPA, 2017). Veracruz es el líder en volumen de producción de naranja en México, ya que una de cada dos naranjas proviene de dicha entidad con un monto de 2,368,501 toneladas, que, a pesar de tener bajos rendimientos por hectárea, se compensan con su gran superficie dedicada a su cultivo (SAGARPA, 2017).

Las plantaciones de naranjo se desarrollan principalmente en condiciones de temperatura y humedad relativa alta que prevalecen en la región, que favorecen el desarrollo de muchas enfermedades. Los daños ocasionados por éstas, pueden ser: disminución del rendimiento, reducción de la calidad de la fruta e inclusive muerte del árbol (Curti-Díaz, 1989).

El Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo realizó un diagnóstico que presenta la problemática de la producción de la naranja en el norte de Veracruz, la cual se caracteriza en 6 aspectos (Gómez *et. al.*, 2019):

- a) Baja productividad, con tendencia a mantenerse estancada con rendimientos que oscilan entre 10 y 14 t/ha en función del clima y manejo.
- b) Producción sostenida bajo un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, basado en un incremento continuo en los costos de los insumos químicos, que además son nocivos para la salud de trabajadores, productores y consumidores.
- c) Uso de planta no certificada y el empleo generalizado de naranjo Agrio como portainjerto, aunado a la reciente aparición en la región, de las dos enfermedades más peligrosas para la citricultura: Huanglongbing (HLB) y virus de la Tristeza (VTC).



- d) Caída de fruta, presencia de hongos que debilitan el amarre del fruto maduro, ocasionando pérdidas del 20% del rendimiento.
- e) Bajos precios, obtenidos por los productores, por sistemas de comercialización con una fuerte participación de intermediarios y de las industrias del jugo de naranja.
- f) Falta de asesoría con técnicos formados con orientación agroecológica, acorde con las capacidades económicas y sociales de los productores.
- g)

### **Antecedentes**

El problema de la caída de la fruta es muy viejo en la región, más acentuado en suelos de vega de río, que corresponden a zonas bajas y húmedas. Sin embargo, anteriormente era fácil controlarla con mezcla sulfocálcica, aplicándola en el mes de noviembre o finales de diciembre; desafortunadamente en los últimos 3 años, esta práctica no ha sido suficiente, ni aun haciéndolo de manera preventiva desde el mes de julio, siendo más afectados los árboles viejos. Durante la cosecha de 2019, se agudizó la caída de fruta, tanto en suelos de vega como en los cerros, en árboles viejos y en plantaciones nuevas, en árboles mal atendidos e, inclusive, en huertas bien atendidas.

En un estudio preliminar, se analizó la fruta caída y se detectó la presencia de cuatro hongos: 1) Antracnosis (*Colletotrichum spp*), 2) *Botryodiplodia citrícola*, 3) *Fusarium spp*, y 4) *Lasiodiplodia sp*, dichos hongos están asociados al debilitamiento del pedúnculo que mantiene la fruta en los árboles, esto ha ocasionado que los productores de la zona norte del Estado de Veracruz, enfrenten pérdidas económicas importantes, por la caída de frutos de naranja madura, sumado a otros factores, aún no estudiados en su totalidad. Este problema afecta tanto a huertas con manejo convencional como orgánico.

Cabe resaltar que la agricultura orgánica mantiene y mejora la salud de los suelos, de los ecosistemas y de las personas. Se basa en los procesos ecológicos y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos (plaguicidas, aguas negras, organismos modificados genéticamente y otros). La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer al





medio ambiente y promueve relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (IFOAM, 2018).

En el presente trabajo se registró la caída de frutos y se evaluó el rendimiento de una huerta de naranjo 'Valencia' tardía de alto rendimiento y con manejo orgánico. La huerta está ubicada en el Municipio de Papantla, Veracruz.

## **Materiales y métodos**

La investigación se llevó a cabo en la localidad de San Pablo, Mpio. de Papantla, Veracruz, México, ubicada en las coordenadas 20° 27' latitud N y 97° 11' longitud W y a 45 msnm; en una huerta que tiene suelos tipo aluvión y un contenido de materia orgánica de media a alta. La huerta cuenta con una superficie de 16 ha y su rendimiento promedio en 2019 fue de 38.87 ton. ha<sup>-1</sup>; de ella se seleccionó una parcela que se ha manejado orgánicamente durante 11 años, mediante 30 prácticas agroecológicas, como son: abonado orgánico, uso de caldos minerales (caldo sulfocálcico, caldo ceniza, agua de vidrio, etc.) y de leguminosas como coberteras, uso de harinas de roca, diferentes tipos de microorganismos, agrohomeopatía, podas, el manejo de arvenses de forma manual y mecánica (manual, desbrozadora y tractor), barreras de amortiguamiento, diversificación de arvenses, entre otras.

El estudio se realizó de noviembre de 2018 a marzo de 2019, período que corresponde a la etapa final de la madurez de la naranja. Para ello, la huerta de 16 ha se dividió en 7 lotes y de cada lote se tomaron alrededor de 25 árboles. Se determinaron las variables siguientes:

- a) Frutos retenidos. Al momento de la cosecha se contaron los frutos por cada árbol.
- b) Frutos caídos. Durante el período de noviembre de 2018 y hasta la cosecha, que se realizó en marzo de 2019, se registró quincenalmente el número de frutos caídos por árbol (dentro del área sombreada por la copa).



- c) Porcentaje de fruta caída. Después de la cosecha, se dividió el número acumulado de frutos caídos por árbol entre el número de frutos cosechados por árbol y se multiplicó por 100.
- d) Precio de venta. Este difirió según su destino y la calidad de la fruta. La fruta se vendió en una juguera de Martínez de la Torre, Veracruz y a la Empresa “Campo Vivo” de la Ciudad de México. Se vendió como fruta orgánica en ambos casos; mientras que la fruta caída y levantada se comercializó en la subasta local como fruta convencional, pues no hay mercado para la producción orgánica caída.

## Resultados y discusión

La caída o abscisión de frutos de naranja madura, se presenta como uno de los principales problemas de la citricultura en la región Norte del Estado de Veracruz tanto para productores convencionales como para productores orgánicos. Para 2019, en la huerta orgánica evaluada, la caída de fruta madura fue del 16.4%, como se muestra en el Cuadro 1, siendo un porcentaje significativo, pues afecta en ese porcentaje a los ingresos de los productores. Entre otros aspectos, este es uno de los problemas que impactan en los bajos rendimientos de naranja en el estado de Veracruz, que de acuerdo al SIAP, 2018, fue de 14.4 ton. ha<sup>-1</sup>.

### Cuadro 1. Porcentaje de Aprovechamiento de Naranja Orgánica en San Pablo, Papantla

Producción de naranja orgánica	Porcentaje
Naranja en árbol	83.6 %
Naranja caída	16.4 %

Fuente: Elaboración propia 2019.

De acuerdo al canal de comercialización, se pudieron obtener diferentes precios durante la temporada de la cosecha 2019, los primeros cortes se realizaron para mercado orgánico en fresco, significándose el mejor pagado en la temporada pero apenas con el 8.04% de la cosecha total, durante el mes de febrero y principios de marzo, se levantó la mayor cantidad de naranja madura para la subasta local,



registrándose el menor ingreso de la temporada (1,000.00 pesos por tonelada), y finalmente en la segunda quincena de marzo, se realizó el corte de toda la huerta, destinado a la industria juguera para mercado orgánico, con un precio de venta en el árbol de \$3,500.00 pesos por tonelada de fruta.

El manejo orgánico realizado en la parcela es un mecanismo que mejora los rendimientos del cultivo, aunado a que brinda mejores oportunidades de mercado, sin embargo, la caída de frutos es generalizada, con lo cual hace falta realizar investigación en diversas altitudes, tipos de suelo, y medir el impacto de enfermedades como Antracnosis (*Colletotrichum spp*), *Botryodiplodia citrícola*, *Fusarium spp*, *Citrus tristeza virus* (VTC), *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs), *Citrus exocortis viroid* (CEVd) y *Hop stunt viroid* (HSVd); entre otros factores, como el cambio climático, deficiencias en la nutrición, causando pérdidas importantes hasta el momento, esto aunado al mal manejo que se pueda tener en las huertas (Gómez y Gómez, 2017; Ovando, 2018).

**Cuadro 2. Porcentaje de producción, destino y precio, según su categoría de venta, de la naranja producida con manejo orgánico en el municipio de Papantla, Veracruz.**

Destino de la fruta	Volumen de producción (%)	Categoría de venta	Precio (Pesos/ton)
Juguera (Martínez de la Torre, Ver.)	75.56	Orgánica	3,500 <sup>z</sup>
Campo Vivo (CDMX)	8.04	Orgánica	6,400 <sup>y</sup>
Subasta local	11.57	Convencional (Caída y levantada)	1,000 <sup>x</sup>
Pérdida	4.83	Desecho (caída)	0
Total	100.00		

<sup>z</sup> Puesta en la planta de la juguera (Martínez de la Torre, Ver)

<sup>y</sup> Puesta en camión refrigerado de la empresa Campo Vivo (CDMX)

<sup>x</sup> En subasta local (Gutiérrez Zamora, Ver)

Fuente: Elaboración propia, 2019

A manera de pruebas incipientes se ha notado que para disminuir la caída de frutos se ha tenido respuestas positivas con aplicaciones de caldo o mezcla sulfocálcica, de la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo *Trichoderma spp*. También se ha observado que una mejor nutrición de los árboles, reduce la caída de los frutos.



Otros tratamientos que pueden ser probados son agua de vidrio, microorganismos eficientes, microorganismos de montaña, y *Gliocladium spp.*

## Conclusiones

- La caída de naranja madura representa pérdidas económicas importantes para los productores convencionales y orgánicos de la Zona Norte del estado de Veracruz. En la huerta orgánica evaluada el porcentaje de naranja caída fue del 16.4%.
- Se requiere realizar muestreos de plagas y enfermedades para determinar los agentes causales de la caída de naranja o abscisión de frutos.
- Se requiere generar investigación sobre distintos tratamientos orgánicos, aprobados por las normas orgánicas, para resolver el problema de la caída de naranja en la región Norte del Estado de Veracruz.
- El manejo orgánico u agroecológico es una alternativa para los productores de cítricos, debido a que genera mejores oportunidades de mercados y precios.
- Las pérdidas por la caída de fruta en la naranja orgánica se disminuyen en términos económicos dada la posibilidad de venta de la fruta en otros nichos de mercado.

## Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) y a productores orgánicos de Papantla, Veracruz.





## Literatura citada

- Curti-Díaz. S. A. 1989. Reguladores del crecimiento y prácticas de manejo para modificar la floración del naranjo “Valencia” (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) en condiciones tropicales. Texcoco, Edo. de Méx.: Colegio de Postgraduados.
- FiBL & IFOAM. 2016. The World of Organic Agriculture. Statistics & Emerging Trends. Germany.
- Gómez, C. M. Á. Gómez, T. L., Schwentesius, R. R., 2019. Guía Agroecológica para la Producción de Naranja Orgánica. Una Innovación Ambiental. Editorial Académica Española. Mauritius.
- Gómez, T. L. y Gómez, C. M. Á., 2017. Agricultura Orgánica: Bases Técnicas. Chapingo, Edo. de Méx.: UACH. IFOAM. 2018. La agricultura orgánica. Disponible en: [www.ifoam.org](http://www.ifoam.org).
- Ovando, B. E., 2018. Huanglongbing, Xiloporosis y Exocortis en Huertos Citrícolas de la Zona Norte de Veracruz. Montecillos, Edo. de Méx. Colegio de Posgraduados.
- Reyes, O. A. 2017. Producción de Naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Variedad Valencia Tardía en San Pablo, Papantla de Olarte; Veracruz. Chapingo Edo. de Méx.: UACH.
- SAGARPA. 2017. Atlas Agroalimentario 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Primera Edición ed. Ciudad de México:
- SAGARPA. 2018. Atlas Agroalimentario 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Primera Edición ed. Ciudad de México
- Vicencio, N. M. 2014. Eco-intensificación de la Producción de Naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), Estudio de Caso: en Papantla, Veracruz. Chapingo, Edo. de Méx. UACH.



## LEYES Y ORGANISMOS QUE REGULAN EL USO DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO

Mónica Monserrat Rosas Díaz<sup>410\*</sup>, Alejandra Ramírez Martínez<sup>410</sup>, Juan A. Villanueva Jiménez<sup>410</sup>, Francisco Osorio Acosta<sup>410</sup> y Gerardo Valerio Alfaro<sup>411</sup>

### Resumen

Las políticas públicas permiten a los gobiernos tomar decisiones en el marco del interés público, en temas relevantes como el uso de plaguicidas, los cuales se requieren para el control de plagas agrícolas, pecuarias, forestales y urbanas; sin embargo, su uso debe ser regulado debido a que pueden ser tóxicos al hombre, animales domésticos y organismos biológicos. En México existen varias leyes relacionadas con la regulación de plaguicidas y diversas instituciones encargadas de intervenir en esas regulaciones. Esta situación provoca confusión en los usuarios de plaguicidas respecto a los organismos que los regulan. El objetivo de este trabajo fue revisar las leyes y organismos que regulan el uso de plaguicidas en México y analizar la situación actual de la regulación, con respecto a cuatro de las ocho legislaciones que la FAO propone para la regulación del control de plaguicidas a nivel internacional. En México existen reglamentaciones y convenios a nivel nacional e internacional para el uso adecuado de plaguicidas, así como para proteger a las poblaciones y los ecosistemas de sus efectos; sin embargo, por su gran número, se requiere mejorar la coordinación entre instituciones y actores de los sectores salud, agrícola, político, académico y de la población en general. Se recomienda diseñar e implementar una regulación de plaguicidas, como lo han hecho otros países, donde se distingan las atribuciones de la autoridad ambiental, de salud y de agricultura.

---

<sup>410</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*rosas.monica@colpos.mx.

<sup>411</sup> Instituto Tecnológico de Veracruz.



**Palabras clave:** Seguridad alimentaria, productos químicos, política pública, COFEPRIS

## Introducción

Las políticas públicas permiten tomar decisiones a los gobiernos sobre temas de interés público, en áreas o temas específicos (Salazar-Vargas, 2002). Dentro de los temas de interés público que los gobiernos buscan regular, se encuentran los productos que pueden entrañar riesgos, ya sea a la población general, grupos específicos o a los ecosistemas (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007; Gregor *et al.*, 2008). Uno de estos productos son los plaguicidas, que son usados para controlar plagas agrícolas, con la finalidad de aumentar la producción y mejorar la calidad de los cultivos. Se conocen varios efectos nocivos provocados por los plaguicidas sobre la salud, los cuales pueden ser de diversa índole, tales como lesiones agudas y persistentes en el sistema nervioso, daño a los pulmones y órganos reproductores, disfunción del sistema inmunológico y endocrino, defectos de nacimiento e inclusive cáncer (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007).

En México, el uso de plaguicidas es frecuente y la cantidad real aplicada en los cultivos, así como el grado de exposición de la población general y los trabajadores que los aplican es poco conocido (Ortíz *et al.*, 2013). Las dependencias encargadas de la regulación de plaguicidas en México realizan alrededor de 120 estudios para el registro oficial de un plaguicida (SENASICA, 2018a,b). El objetivo de este trabajo fue revisar las leyes y organismos que regulan el uso de plaguicidas en México y analizar la situación actual de la regulación, con respecto a cuatro de las ocho legislaciones que FAO propone para la regulación del control de plaguicidas a nivel internacional.



## Materiales y métodos

La búsqueda de los organismos nacionales que regulan a los plaguicidas, así como las políticas públicas relacionadas con este tema se realizó en el buscador Google Academics, tanto en inglés (regulaciones internacionales) como en español (regulación nacional). Se comparó la información recabada con la directriz de la FAO (2018) referente a la regulación de plaguicidas.

## Resultados y discusión

### Regulaciones a nivel internacional

**Directrices de la FAO.** Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la legislación en relación al uso de plaguicidas debe permitir a la sociedad obtener los beneficios de su uso con los mínimos efectos nocivos para las poblaciones humanas y el ambiente (FAO, 2018). La FAO recomienda que el control de los plaguicidas dependa de una autoridad responsable, aunque las acciones se deban ejercer colectivamente, de manera coordinada con otras autoridades; recomienda que la autoridad nacional designada tenga los poderes necesarios para desempeñar sus funciones cabalmente. Particularmente, la directriz en relación a la legislación para el control de plaguicidas establece que es necesario que cada país regule todo lo relacionado con el manejo y uso de plaguicidas y que sea eficaz para enfrentar los problemas causados por las plagas presentes. Así mismo, establece que la legislación debe adecuarse a las características de cada país (cultivos, plagas, nivel cultural, clima, ambiente, entre otros), así como adecuarse a su situación económica y social, tanto presente como futura. Las legislaciones relativas al control de plaguicidas comprenden: 1) Registro y control de plaguicidas, 2) Criterios ecológicos para el registro, 3) Datos de eficacia para el registro, 4) Registro de agentes biológicos para el control de plagas, 5) Envasado y almacenamiento, 6) Etiquetado correcto, 7) Distribución de plaguicidas





al menudeo, 8) Almacenamiento en el punto de venta, 9) Eliminación de envases y sobrantes, 10) Vigilancia después del registro y, 11) Buenas prácticas en la aplicación de plaguicidas desde la tierra y desde el aire.

**Regulación de los Estados Unidos.** La Agencia de Protección Ambiental (EPA) es la encargada de proteger la salud humana y al ambiente. Tiene la responsabilidad de hacer cumplir las normas y leyes de la unión americana en materia ambiental, tanto a nivel estatal como local. La regulación de plaguicidas se realiza en el marco de la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA), la cual rige y controla la venta y uso de éstos en los Estados Unidos (EPA, 2018).

**Regulación de la Unión Europea (UE).** Tiene una reglamentación general (CE No. 1907/2006), denominada Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias y Mezclas Químicas (REACH), la cual regula los productos químicos e incluye a los plaguicidas. Tiene como objetivo principal mejorar la protección para la salud humana y el ambiente frente al riesgo que puede conllevar la fabricación, comercialización y uso de las sustancias y mezclas químicas; se encuentra a cargo de la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA), quien además de administrar las bases de datos de REACH, gestiona los procesos de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas en la UE (REACH, 2007).

**Convenio de Estocolmo.** Es un tratado Internacional promovido en 2001 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), tiene el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes. Inicialmente, el Convenio definió 9 plaguicidas y 3 grupos de contaminantes orgánicos persistentes prioritarios; actualmente hay 22 compuestos sujetos al convenio (UNEP, 2011). México fue el primer país de América Latina en firmar este Convenio en 2001 y en 2003 ratificó su compromiso. Derivado de ello, México cuenta con un inventario de plaguicidas caducos a nivel nacional, el cual se obtuvo mediante encuestas a instituciones



públicas y privadas; se reportó un listado que incluye al DDT, malatión, lindano, paratión metílico y otros más. El Convenio menciona que es necesario determinar la presencia y persistencia en diferentes matrices ambientales o en sitios altamente contaminados mediante monitoreos (COP, 2018).

**Convenio de Basilea.** Trata sobre el medio ambiente y el desarrollo. Busca minimizar la generación, movimiento y desecho de residuos peligrosos, y asegura su adecuado manejo ambiental. También impulsa la cooperación internacional y crea instrumentos de seguimiento y coordinación (COP, 2018).

**Convenio de Róterdam.** Pretende garantizar la protección de la población y el medio ambiente de todos los países, de los posibles peligros relacionados con el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos. Entró en vigor el 24 de febrero de 2004. México evaluó en 2007 las acciones para la aplicación del Convenio, entre las que se acordaron la actualización del Catálogo de Plaguicidas usados, restringidos y prohibidos (CICOPLAFEST, 2004). Acordó fomentar el desarrollo de investigación para evaluar los peligros y riesgos para la salud y el medio ambiente de las sustancias peligrosas y favorecer el intercambio de información de las diferentes sustancias (COP, 2018). Los convenios de Estocolmo, de Basilea y de Róterdam pretenden que el manejo de plaguicidas implique el menor riesgo posible a la salud humana y al ambiente.

## Regulación Nacional

**Plan Nacional de Desarrollo (PND).** La regulación de plaguicidas se inserta en el eje general de Desarrollo Económico y en el eje transversal de Desarrollo Sostenible, éste se refiere a la autosuficiencia alimentaria y rescate del campo. El gobierno federal se ha planteado cubrir este objetivo a través de la creación del organismo Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX). Este programa tiene como funciones, coordinar la adquisición de productos agroalimentarios a precios de garantía; vender y distribuir fertilizantes o cualquier otro producto que contribuya a



elevar la productividad del campo y apoyar las tareas de investigación científica y desarrollo tecnológico que se encuentren vinculadas con su objeto (PND, 2019). El Plan Nacional de Desarrollo no se menciona de manera específica el término plaguicida dentro de sus regulaciones.

**Leyes federales y reglamentos nacionales que regulan a los plaguicidas.** Existen dos leyes federales y varias generales encargadas de la regulación de los plaguicidas en México. Las principales son:

**Ley Federal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).**

Promulgada en 1988 y modificada por última vez en 2011, agrupa a los plaguicidas junto con los fertilizantes y las sustancias tóxicas, otorga a la federación la regulación en el uso y manejo de estas sustancias (Art. 120). La SEMARNAT otorga las autorizaciones para la fabricación, importación y para todo tipo de actividades relacionadas con los plaguicidas (Art. 135). Establece los criterios para autorizar la importación de productos (Art.144). La LGEEPA establece que las actividades particulares relacionadas con el manejo de plaguicidas se sujetarán a las Normas Oficiales Mexicanas (Art. 143) (FNP, 2018).

**Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV).** Entró en vigor en 1994 y la última modificación fue en julio 2007. Sus objetivos principales son promover la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción de vegetales (Art. 1). Señala que es competencia de la Federación a través de SADER regular los criterios para los estudios de campo para llevar a cabo el establecimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas a través de estudios de campo (Art. 7 y 42). Asimismo, la SADER coadyuvará con la Secretaría de Salud (SSA) y la de Bienestar para vigilar el cumplimiento de la normatividad aplicable a los plaguicidas (Art. 10). La SADER está obligada a llevar a cabo un Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas y a difundir la información generada (Art. 42 bis) (FNP, 2018).



**Ley General para la Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).** Publicada en 2003 y modificada por última vez en 2007, regula el manejo de los residuos y los define como materiales o productos que son desechados. Así mismo, pueden ser considerados como residuos los propios envases que han contenido plaguicidas y en condiciones particulares, los mismos plaguicidas. El Art. 31 establece que los envases, como residuos de plaguicidas, deberán estar sujetos a un plan de manejo; mientras que el Art. 67 señala que se prohíbe incinerar plaguicidas organoclorados, debido a la posible generación de contaminantes tales como dioxinas y furanos (FNP, 2018).

**Ley General de Salud (LGS).** Junto con sus reglamentos, regulan el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona. Para esta ley los plaguicidas se encuentran regulados con los mismos criterios que las sustancias peligrosas. La LGS señala que la SSA autoriza los nuevos productos que puedan resultar tóxicos, entre estos a los plaguicidas, así como coordinar con otras dependencias las condiciones de fabricación, formulación, envasado y etiquetado (Art. 279 y 281). Debido a sus características tóxicas, todo plaguicida requerirá de registro sanitario ante la SSA (Art. 376). La SSA emitirá de Normas Oficiales referentes a la aplicación y protección contra los plaguicidas y las autorizaciones para su importación (Art. 298). Su Artículo 17 señala todas las atribuciones y obligaciones referentes a la regulación y control de los plaguicidas, asignándole atribuciones a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (FNP, 2018).

**Organismos reguladores de los plaguicidas.** Diversas dependencias están involucradas con la reglamentación relacionada con la producción, distribución y utilización de plaguicidas. Los aspectos sanitarios son regulados por la SSA; el impacto al medio ambiente por la SEMARNAT; la eficacia biológica de los productos para uso agrícola por la SADER; el transporte de estas sustancias es regulado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT). La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) emite los criterios de higiene y seguridad industrial. Las dependencias intervienen en el proceso de registro de un plaguicida desde cuatro





áreas principales (SENASICA, 2018b): 1) Agricultura: Evalúa la eficacia, que el producto controle la plaga para la cual fue diseñado, 2) Ambiente: Evalúa el impacto que el producto pueda tener en el agua superficial y subterránea, en la fauna y en el aire. 3) Salud: Evalúa el riesgo que el producto pueda tener en el usuario o aplicador y en el consumidor de alimentos, requisito fundamental para otorgar el permiso de venta o registro del producto. Con ello, se procura que cuando el producto es usado según las instrucciones de la etiqueta, no representa riesgos tanto a la salud como al ambiente.

### **Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).**

Es un órgano descentralizado de la SADER creado en cumplimiento de la LFSV y la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). Regula, administra y fomenta las actividades de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria, reduciendo los riesgos inherentes en materia agrícola, pecuaria, acuícola y pesquera en beneficio de los productores, los consumidores y las empresas. Ha creado la regulación sanitaria en materia de sanidad e inocuidad agroalimentaria en la que establece que se combatirán plagas y enfermedades para conservar y mejorar las condiciones sanitarias de las regiones agrícolas, acuícolas y pecuarias del país, mediante programas de prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades pretendiendo lograr una inocuidad agroalimentaria, que certifique y reconozca a nivel nacional los sistemas de reducción de riesgos por contaminación en los alimentos. Para verificar el cumplimiento de la regulación de plaguicidas, anualmente se implementa un programa de monitoreo de residuos de plaguicidas en campos agrícolas (SENASICA, 2018a).

### **Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (CNRPyC).**

Forma parte de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP) de la SADER. Coadyuva en la vigilancia para el cumplimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas (Montelongo, 1995).



**Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).** Es una dependencia desconcentrada de la Secretaría de Salud, ejerce sus atribuciones en materia de regulación, control y fomento sanitarios (Ortíz *et al.*, 2013). Autoriza el registro y expedición de certificados de libre venta para la exportación de plaguicidas y nutrientes vegetales, otorga permisos de importación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias tóxicas o peligrosas, previo análisis, evaluación y dictamen de la información técnica, toxicológica y de seguridad correspondiente. Clasifica a los plaguicidas como químicos, bioquímicos, microbiológicos, botánicos y misceláneos; ha publicado el Catálogo de Plaguicidas.

**Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas.** La SADER, a través del SENASICA; la SSA, mediante la COFEPRIS y la SEMARNAT integraron en 2019, un grupo institucional para el fortalecimiento de la regulación y vigilancia de plaguicidas, sustancias tóxicas y nutrientes vegetales. Esto en respuesta a la recomendación 82/2018 emitida por la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) por mala gestión de los plaguicidas en México, en particular por los clasificados como altamente peligrosos (CNDH, 2018). En esta recomendación se menciona que no hay normatividad en materia de plaguicidas; el objetivo de esta comisión será el restringir el uso de sustancias tóxicas y modernizar el marco regulatorio y la gestión de plaguicidas. Considerando la regulación existente, resulta sorprendente que la CNDH considere en su petición que no existe normatividad en materia de plaguicidas. Esto demuestra que usuarios de los plaguicidas (muy probablemente agricultores) y otros miembros del gobierno federal (tal como la CNDH) desconocen la existencia de la regulación existente. El gobierno federal en 1987 había creado la CICOPLAFEST, otra Comisión intersecretarial facultada para regular la exploración, elaboración, fabricación, formulación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, aplicación, almacenamiento, comercialización, tenencia, uso y disposición final de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. Atendiendo la necesidad de un marco regulatorio para los plaguicidas, la SSA, la SAGARPA, la SEMARNAT y la Secretaría de Economía (SE) publicaron en el 2004, el “Catálogo de

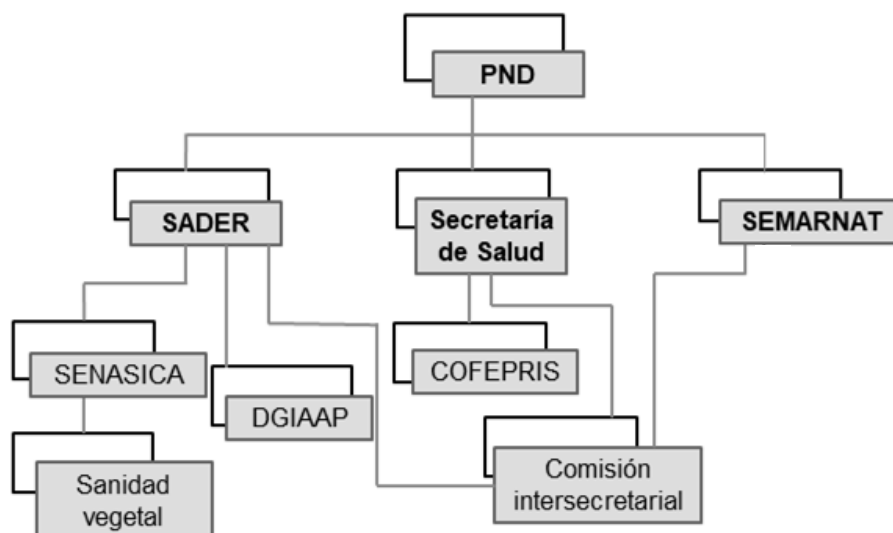


Plaguicidas” (CICOPLAFEST, 2004). En este documento se incluyó información sobre los usos, mezclas y coadyuvantes de las sustancias registradas; además de clasificarlos desde “ligeramente persistentes” (menos de cuatro semanas), hasta “permanentes” (más de 20 años). La lista de compuestos altamente persistentes o permanentes incluye doce compuestos. También contenía una clasificación de plaguicidas de acuerdo a su nivel de toxicidad en cinco categorías, desde ligeramente tóxicos hasta extremadamente tóxicos. En 2016 se acordó eliminar la fracción arancelaria para el cloruro de bencilo. Esta Comisión sigue vigente, por lo que puede existir duplicidad de funciones (COFEPRIS, 2019).

**Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CONAPRA).** Es una unidad administrativa de la SSA encargada de dirigir la política nacional en materia de prevención de lesiones ocasionadas por accidentes con sustancias químicas, entre ellos plaguicidas; implementa estrategias y acciones para disminuir accidentes que ocasionan lesiones en la población (Montelongo, 1995).

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).** Es un organismo desconcentrado de la SEMARNAT, entre sus funciones genera, integra y difunde conocimiento e información a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la formulación de política ambiental y la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable. Como parte del INECC se encuentra el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), que ha realizado estudios relacionados con la evaluación de sustancias tóxicas persistentes, así como en el análisis de plaguicidas en diversas matrices ambientales (Montelongo, 1995).

**Análisis de la situación actual de la regulación de plaguicidas en México.** En la Figura 1 se esquematiza cómo las instituciones gubernamentales están implicadas en la regulación de plaguicidas en México.



**Figura 1. Instituciones gubernamentales implicadas en la regulación de plaguicidas en México.**

En el Cuadro 1 se muestran sugerencias a considerar en la regulación mexicana de plaguicidas. El escenario es que en México existen varias leyes relacionadas con la regulación de plaguicidas y más de un organismo encargado de intervenir en estas, contraviniendo las recomendaciones de FAO. El gobierno federal delega y reparte la regulación de los plaguicidas a SADER, SS y SEMARNAT. Estas delegan, a su vez, parte de sus responsabilidades a comités y organismos auxiliares que están a cargo del gobierno estatal. La falta de visibilidad de la regulación específica de los plaguicidas en el PND se explica porque los plaguicidas se colocan en la LGEEPA, junto con los fertilizantes y otras sustancias tóxicas; aunque comprensible, esta situación puede provocar que el gobierno no planifique acciones específicas referentes a la regulación de plaguicidas. Esta falta de planificación es evidente, a pesar de que existen ya leyes relacionadas con la regulación de plaguicidas y más de un organismo encargado de intervenir en dichas regulaciones, en 2019 se creó la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, aun cuando ya existía una comisión intersecretarial encargada.





### Cuadro 1. Recomendaciones a las regulaciones existentes sobre plaguicidas en México.

Apartado de Regulación	Secretarías Involucradas	Dependencias	Ley/Regulación	Recomendación
Registro y control de plaguicidas	Secretaría de Salud	COFEPRIS y CICOPLAFEST	Ley Federal de Sanidad Vegetal, Ley General de Salud y LGEEPA	Plaguicidas presentan vigencia indeterminada. Que se revise el fundamento jurídico por el cual se toma esta decisión; se propone que <u>haya un plazo para revisión de registros</u> Fortalecer el marco jurídico ambiental referente al manejo de plaguicidas y los riesgos que representa su uso a la población, al ecosistema y a las especies consideradas como no plaga
Comercialización	SADER y Secretaría de Salud	COFEPRIS	Ley General de Salud	Vigilar que los productos que se vendan, cuenten con registro; sancionar a quienes no cumplan con este registro
Envasado, etiquetado y almacenamiento	SEMARNAT	-	LGEEPA	Establecer condiciones de envasado que minimicen las fuentes de exposición accidental, como tapas de seguridad a prueba de niños, uso de colores no atractivos para niños, etc.
Vigilancia después del registro	SADER y Secretaría de Salud	SENASICA y COFEPRIS	Ley Federal de Sanidad Vegetal, Ley General de Salud y LGEEPA	Respetar los límites máximos de residuos en los productos agrícolas; establecer un registro obligatorio de uso de plaguicidas, donde el aplicador esté obligado a declarar el nombre del plaguicida utilizado, las cantidades utilizadas y el cultivo aplicado. Establecer controles sobre productos agrícolas cultivados en nuestro país, que hayan sido rechazados para exportación por otros países por sobrepasar los límites máximos de residuos

La situación expuesta puede provocar confusión en los sectores de usuarios respecto al organismo que regula el uso de plaguicidas en el país. Otros países han atendido recomendaciones de FAO, como la existencia de una ley en la que se unifique lo ambiental, de salud y de agricultura, como Estados Unidos, Canadá y Francia. Es necesario que la regulación de plaguicidas se unifique para evitar confusiones y lograr mayor eficiencia en su regulación por el sector público.



## Conclusiones

1. En México existen reglamentos y convenios nacionales para el uso adecuado de plaguicidas y para proteger a la población y los ecosistemas de sus efectos.
2. Se requiere mejor la coordinación entre los actores involucrados, ya que la inadecuada comunicación entre los organismos regulatorios ya dio lugar a una recomendación de la CNDH a las instituciones reguladoras de plaguicidas.
3. Las disposiciones existentes en la materia se deben conjuntar en un ordenamiento, ya sea en una ley o reglamento, que incluya las atribuciones de la autoridad ambiental, de salud y la de agricultura.

## Literatura citada

- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 2004. Catálogo de Plaguicidas. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PP03/catalogo.pdf> [consultado el 10 de julio de 2019].
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios). 2019. Formaliza Gobierno Federal integración de Grupo Intersecretarial para Regulación sobre Plaguicidas. <https://www.gob.mx/cofepris/prensa/formaliza-gobierno-federal-integracion-de-grupo-intersecretarial-para-regulacion-sobre-plaguicidas-199377> [consultado el 10 de julio de 2019].
- COP (Contaminantes Orgánicos Persistentes). 2018. Propuestas para consolidar la legislación nacional de plaguicidas COP. [https://www.paho.org/mex/index.php?option=com\\_docman&view=download&slug=1357-06-propuestas-para-consolidar-la-legislacion-nacional-de-plaguicidas-cop&Itemid=493](https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1357-06-propuestas-para-consolidar-la-legislacion-nacional-de-plaguicidas-cop&Itemid=493). [consultado el 05 de julio de 2019].



- CNDH (Comisión Nacional de los Derechos Humanos). 2018. Recomendación No. 82/2018 sobre la violación a los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, por el incumplimiento a la obligación general de debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, en agravio de la población en general [https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-01/Rec\\_2018\\_082\\_anexo.pdf](https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-01/Rec_2018_082_anexo.pdf) [consultado el 22 de julio de 2019].
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). 2018. Límites de residuos de pesticidas en los Estados Unidos. <https://www.epa.gov/pesticides> [consultado el 04 de julio de 2019].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. Directrices técnicas para la implementación del Código Internacional de Conducta para el Manejo de Plaguicidas. <http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/pests/code/list-guide-new/es/>. [consultado el 04 de julio de 2019].
- FNPP (Foro Nacional de Plaguicidas). 2018. Áreas de oportunidad para fortalecer el marco jurídico de los plaguicidas en México. [https://www.paho.org/mex/index.php?option=com\\_docman&view=download&slug=1357-05-areas-de-oportunidad-para-fortalecer-el-marco-juridico-de-los-plaguicidas-en-mexico&Itemid=493](https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1357-05-areas-de-oportunidad-para-fortalecer-el-marco-juridico-de-los-plaguicidas-en-mexico&Itemid=493). [consultado el 06 de junio de 2019].
- Gregor, J., E. Dominique, E. Ogusuku y M. Furlong. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 25: 74-100.
- Martínez-Valenzuela, C. y S. Gómez-Arroyo. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional Contaminación Ambiental* 23: 185-200.
- Montelongo, I. 1995. La regulación jurídica de los plaguicidas en México. *Alegatos* 31: 509-516.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2018a. Manual de inducción al SENASICA. <http://capacitacion.senasica.gob.mx/recursos/actividades/manual.pdf> [consultado el 10 de julio del 2019].



- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2018b. Retos y oportunidades para fortalecer la regulación agrícola de plaguicidas. [https://www.paho.org/mex/index.php?option=com\\_docman&view=download&slug=1357-11-retos-y-oportunidades-para-fortalecer-la-regulacion-agricola-de-plaguicidas&Itemid=493](https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1357-11-retos-y-oportunidades-para-fortalecer-la-regulacion-agricola-de-plaguicidas&Itemid=493) [consultado el 11 de julio del 2019].
- Ortíz, I., Ávila-Chávez M A. y L. Torres G. 2013. Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 4: 26-46.
- PND (Plan Nacional de Desarrollo). 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. <https://lopezobrador.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2019-2024.pdf> [consultado el 14 de junio de 2019].
- REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias y mezclas Químicas). 2007. Seminario sobre la aplicación del registro, evaluación y autorización de Sustancias químicas de la unión europea (UE). ([https://www.paho.org/mex/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1357:el-uso-sostenible-de-los-plaguicidas-es-fundamental-para-alcanzar-desarrollo-en-las-zonas-agricolas-del-pais&Itemid=499](https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_content&view=article&id=1357:el-uso-sostenible-de-los-plaguicidas-es-fundamental-para-alcanzar-desarrollo-en-las-zonas-agricolas-del-pais&Itemid=499)). [consultado el 25 de julio de 2019].
- Salazar-Vargas, C. 2002. La definición de Política Pública. *DOSSIER* 4: 47-52.
- UNEP (United National Environment Program). 2011. Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx> [consultado el 24 de junio de 2019].





## EFFECTIVIDAD DE LOS INSECTICIDAS APLICADOS CONTRA *Diaphorina citri* EN LA CAMPAÑA CONTRA EL HLB

Francisco Osorio Acosta<sup>412\*</sup>, Juan A. Villanueva Jiménez<sup>412</sup>, Laura Delia Ortega Arenas<sup>413</sup>,  
Ulises Díaz Zorrilla<sup>414</sup>, Víctor García Méndez<sup>413</sup>, Jaqueline Luna Olivares<sup>412</sup> y Sherell Zamora  
Juárez<sup>415</sup>

### Resumen

Para el control de insectos es importante revisar la efectividad de los insecticidas aplicados en campo, principalmente es crucial en la Campaña contra el HLB, donde se realizan aplicaciones en áreas amplias contra *Diaphorina citri*. El objetivo del presente trabajo fue valorar la efectividad de las aplicaciones de insecticidas o entomopatógenos en las áreas regionales de control (ARCO) de las entidades donde se lleva a cabo la campaña contra el HLB. Se seleccionaron de cuatro a ocho huertas por ARCO y en cada una cuatro plantas, durante las aplicaciones regionales con los productos recomendados por los grupos técnicos de cada estado. En cada planta seleccionada se eligió y marcó un brote con ninfas de *D. citri*, estos brotes se cubrieron después de la aplicación y 24 h después (48 h con abamectina) se contabilizó el número de ninfas muertas por insecticida aplicado. En los nueve estados donde se aplicó imidacloprid el control fue superior al 80%, considerado como bueno. En tres de los seis estados donde se aplicó abamectina, su efectividad fue menor al 80% y solo en Nayarit la efectividad fue de 100%. Las sales potásicas Ultralux® se aplicaron en Michoacán, Quintana Roo y Yucatán, con efectividad menor al 50%. En Campeche, el detergente Foca® presentó control superior al 80%; en Hidalgo la efectividad de *Metarhizium anisopliae* fue de 35.6%. En Querétaro se

<sup>412</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*fosorioa@colpos.mx).

<sup>413</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

<sup>414</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco.

<sup>415</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.



aplicó clorpirifos y en San Luis Potosí cipermetrina, ambos con efectividad de 90%. Abamectina, Ultralux® y *M. anisopliae* presentaron baja efectividad.

**Palabras clave:** Psílido asiático, control químico, huanglongbing, susceptibilidad a insecticidas

## Introducción

El huanglongbing (HLB) es actualmente la enfermedad de mayor importancia económica en los cítricos y otros géneros de la familia Rutaceae; una vez que la bacteria causante (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) está presente en la planta, no se puede controlar (Bové, 2006); por lo que el manejo se ha centrado en el control del vector, el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri*. La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) ha establecido áreas regionales de control (ARCO), en las cuales se realizan las estrategias de manejo, principalmente a base de la aplicación de insecticidas contra el vector (Robles *et al.*, 2016); esto se realiza con el apoyo de los comités estatales y las juntas locales de sanidad vegetal de cada región productora. Para el control del PAC, el gobierno ha proporcionado recursos para realizar el control químico, tanto las juntas locales como los productores de cítricos trabajan en conjunto para llevar a cabo las aplicaciones en el tiempo destinado para ello, con base en las recomendaciones de los grupos técnicos asociados a la campaña. Como parte de estos apoyos, la DGSV mantiene un monitoreo de la efectividad de las aplicaciones, de la susceptibilidad de *D. citri* a las moléculas usadas para detectar posibles brotes de resistencia, la evaluación de otras moléculas y una capacitación constante a los técnicos involucrados (Pérez-Zárate *et al.*, 2016). En este trabajo se planteó el objetivo de valorar la efectividad de las aplicaciones de insecticidas y entomopatógenos durante 2018 en las áreas regionales de control de los estados donde se lleva a cabo la campaña contra el HLB.



## Materiales y métodos

Las evaluaciones de la efectividad biológica de las aplicaciones de insecticidas en cada estado se realizaron en las fechas indicadas por los coordinadores de la campaña de HLB y su vector, en cuatro a ocho huertas citrícolas, ubicadas dentro del ARCO. Los productos y dosis evaluados en cada aplicación fueron recomendados por el grupo técnico de HLB de cada estado. Las huertas donde se realizó la evaluación se ubicaron con el apoyo del personal de los comités estatales de sanidad vegetal. En cada aplicación realizada por los productores, se solicitó información al productor o encargado de la parcela, respecto a los insecticidas utilizados. Antes de la aplicación, en cada parcela se seleccionaron dos plantas de orilla y dos del centro; en cada una se eligió un brote tierno de 5 a 10 cm de longitud, infestados con ninfas de *D. citri* y se contabilizaron utilizando una lupa de 10X y un contador manual. Los brotes se marcaron con un alambre cubierto con plástico de color rojo, para facilitar su identificación en la planta y también las plantas se marcaron con cinta de plástico de color rojo. Después de la aplicación de los insecticidas, se cubrieron los brotes marcados con una funda de tela Agribón® (35 x 26 cm), para evitar la mortalidad por factores externos. A las 24 h de la aplicación de los insecticidas (48 h en caso de abamectina), los brotes cubiertos se cortaron con tijera y se registró la sobrevivencia de ninfas, para determinar por diferencia la mortalidad. Se consideró ninfa viva aquella que presentó movilidad, con secreciones cerosas y sin síntomas de deshidratación. El porcentaje de efectividad por estado representa el promedio de las huertas evaluadas. Se consideró como una efectividad aceptable en campo cuando la mortalidad fue igual o superior al 80%.

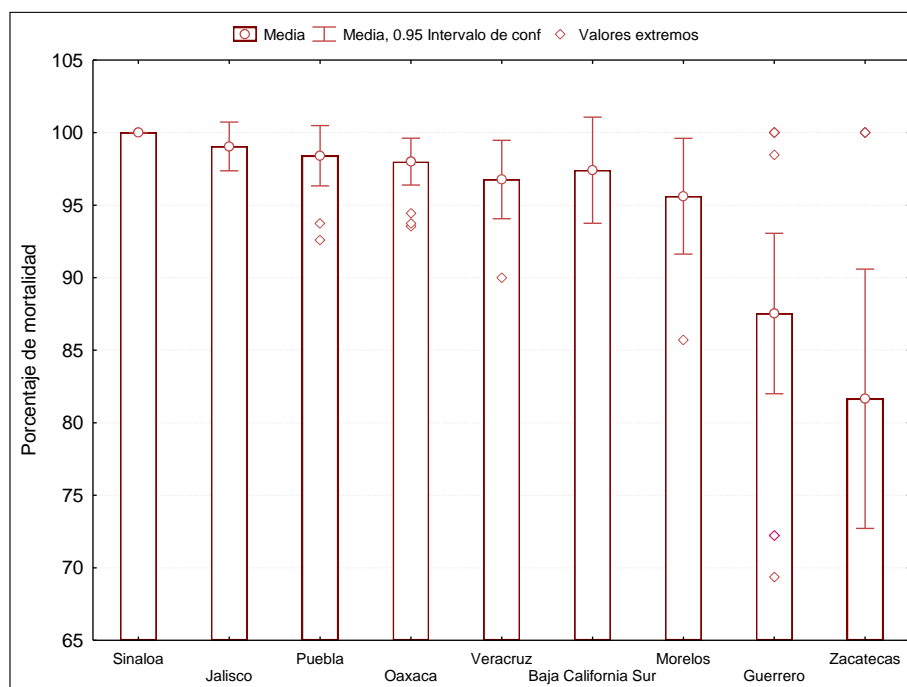
## Resultados y discusión

De los 24 estados donde se realizó la evaluación, en siete se presentaron mortalidades por debajo de 60%. Dado que las recomendaciones fueron emitidas por cada comité estatal, el producto evaluado por estado fue diferente, lo cual es



una recomendación que técnicamente se avala. Para tomar esta decisión, se debe utilizar información de efectividad y susceptibilidad a insecticidas. En los estados donde se aplicó el mismo producto se pudo hacer comparaciones basadas en el porcentaje de efectividad.

De los 24 estados evaluados, nueve aplicaron imidacloprid a la dosis de 300 mL/ha, excepto en Oaxaca, donde se recomendaron 250 mL/ha y en Morelos, donde se sugirió aplicar la concentración de 1 mL/L de agua. En los estados de Guerrero y Zacatecas el porcentaje de efectividad fue menor que en los demás estados que aplicaron imidacloprid (Figura 1), ésta fue del 80%, la cual se considera efectividad buena.



**Figura 1. Porcentaje de mortalidad provocada por imidacloprid en el control de *D. citri*, en los estados donde se utilizó en las aplicaciones en ARCO de 2018.**

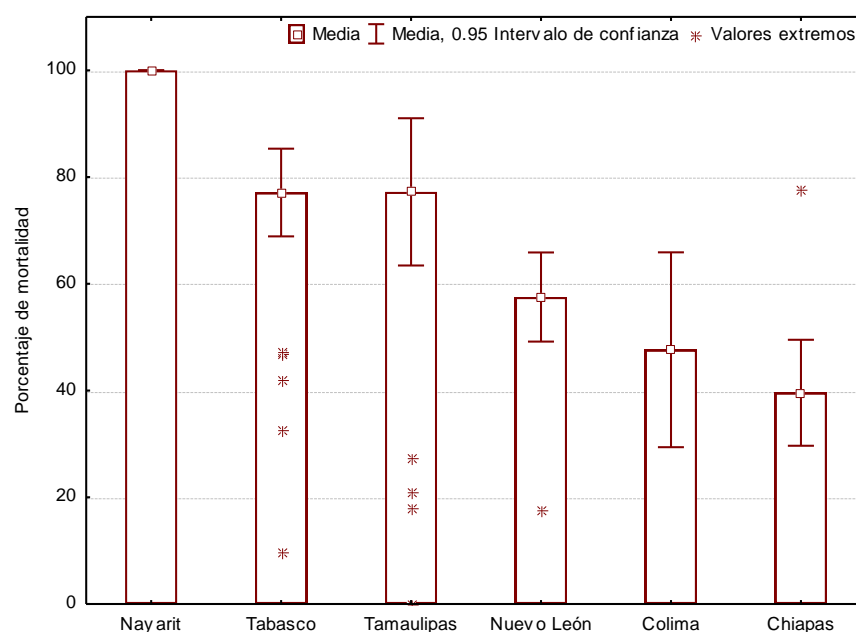
En el bioensayo tópico de laboratorio sobre ninfas, para estos dos estados, los insectos fueron 100% susceptibles, por lo que la mortalidad obtenida en el presente estudio pudo deberse a deficiencias en la aplicación o a la variabilidad en las colonias de las diferentes zonas. De acuerdo con lo anterior, se considera que imidacloprid sigue siendo efectivo. Sin embargo, está considerado como un producto de riesgo para organismos benéficos como las abejas, por lo que es





necesario considerar el uso de otras moléculas. La efectividad del imidacloprid se ha evaluado en otros países y ha resultado efectivo, aún siete días después de su aplicación (Ahmed *et al.*, 2004).

La abamectina se mezcló con aceite parafínico 0.5 L/ha; el porcentaje de abamectina presente en los productos comerciales fue de 1.8% y se recomendaron 500 mL/ha, en Tamaulipas se utilizó la concentración al 3.6% a dosis de 250 mL/ha. La efectividad sobre ninfas de *D. citri* fue excelente en Nayarit, efectividad que ya se ha observado en otros estudios en el estado (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013), por lo que no existe inconveniente en que se siga usando (Figura 2).



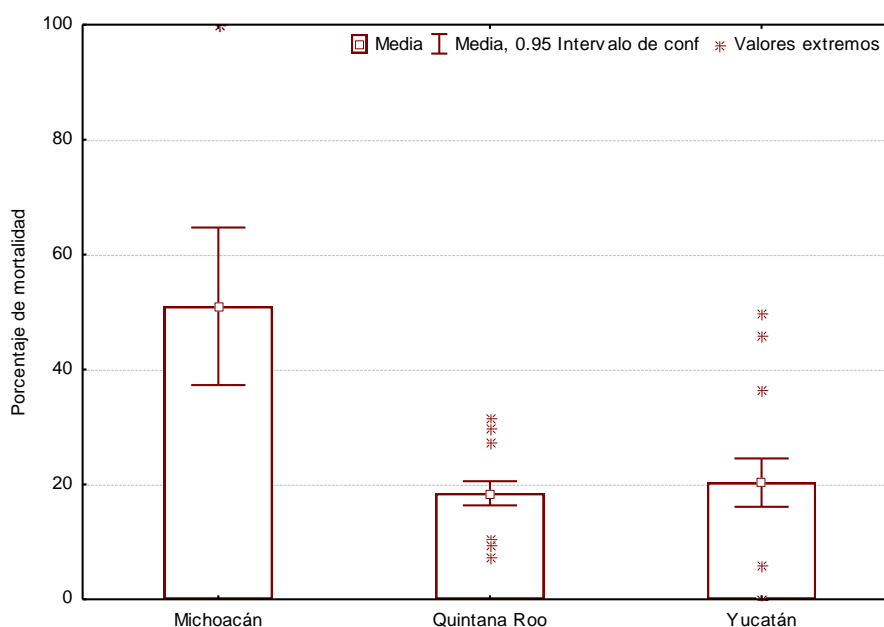
**Figura 2. Porcentaje de efectividad de abamectina en el control de *D. citri*, en los estados donde se utilizó en las aplicaciones ARCO de 2018.**

En Tabasco, la efectividad fue del 80%, considerado el límite para una aplicación aceptable, aunque la evidencia obtenida en bioensayos, indican que las poblaciones de *D. citri* en ese estado han perdido susceptibilidad a este plaguicida, por lo cual debe dejar de usarse. En Tamaulipas la efectividad fue ligeramente menor a 80% y en bioensayos de laboratorio se encontró evidencia de pérdida de susceptibilidad. En Chiapas, Colima y Nuevo León la efectividad promedio no alcanzó el 60%, lo cual resulta relevante, ya que en los bioensayos se presentaron reducciones significativas



en la susceptibilidad de Chiapas y Colima; por tanto, se debe dejar de usar este producto en estos estados, ya que pudiera incrementarse aún más la resistencia de *D. citri*. En Tabasco, Tamaulipas y Nuevo León se presentaron los valores más bajos de mortalidad, igual que sucedió en bioensayos de laboratorio, por lo que se descarta que la aplicación haya sido defectuosa. En general, se recomienda que la abamectina, un acaricida-insecticida, solo se utilice durante las épocas de alta presencia de ácaros, aunque en esas aplicaciones también va a afectar a las poblaciones de *D. citri*.

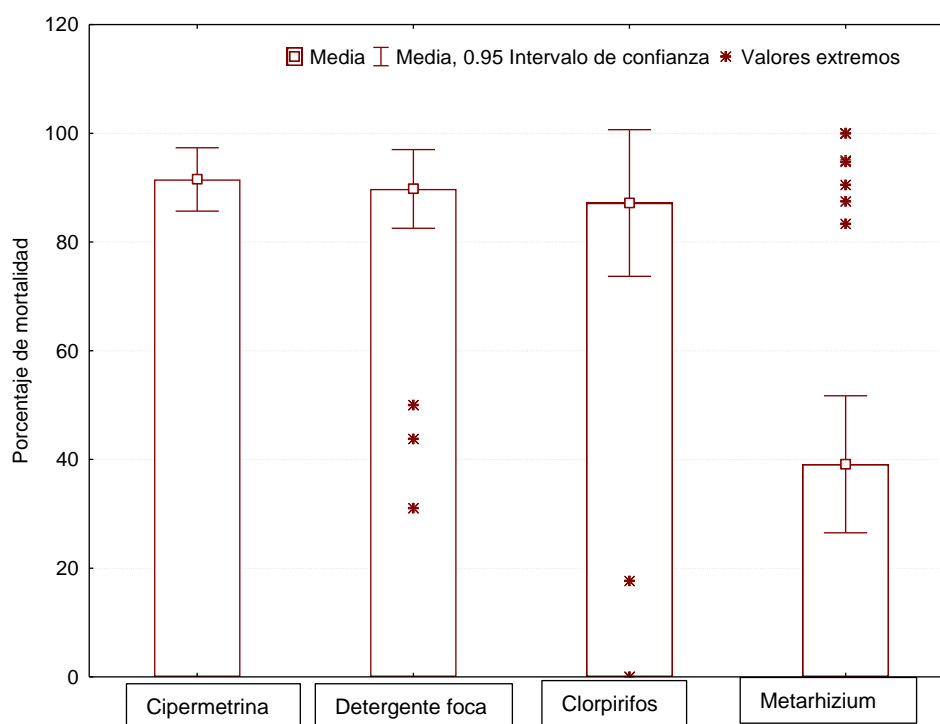
Tres estados realizaron aplicación de sales potásicas (Figura 3) con la dosis recomendada de 3 L/ha, a excepción de Quintana Roo, quien sugirió aplicar 2 L en 200 L de agua. El producto aplicado fue Ultralux®. Este producto comercial mostró menos de 50% de efectividad en Michoacán y en los estados de la Península apenas alcanzó el 20% de mortalidad de ninfas. De acuerdo a lo anterior, no se recomienda para el control del psílido asiático de los cítricos.



**Figura 3. Porcentaje de efectividad de sales potásicas (Ultralux®) en el control de *D. citri*, en los estados donde se utilizó en las aplicaciones ARCO de 2018.**



En cuatro estados se aplicaron diferentes ingredientes activos (Figura 4). En Campeche se utilizó jabón biodegradable (Foca®) a 1 kg/ha y mostró una efectividad mayor al 90%. Aunque este producto alternativo es efectivo, es necesario ser cuidadoso en su uso debido a que puede causar fitotoxicidad sobre brotes y follaje tierno cuando se aplica con condiciones de temperaturas altas, además, no cuenta con registro para su uso como insecticida.



**Figura 4. Porcentaje de efectividad de diferentes ingredientes activos en el control de *D. citri*, en las aplicaciones ARCO de 2018 en diferentes estados.**

En Hidalgo, la aplicación se realizó con el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, con una efectividad de apenas 35.6%. Se observaron inconsistencias en la aplicación, por lo que se deberá evaluar en futuras aplicaciones de entomopatógeno. Es necesario determinar si el reducido control fue por la cepa, el insecticida comercial o la forma de aplicación. La efectividad de otro entomopatógeno fue limitada en el pasado, debido al manejo pre-aplicación; además, las empresas solo garantizan el porcentaje de germinación y no el porcentaje de parasitismo, lo que podría reducir su efectividad. Para aplicar



*Metarhizium anisopliae* se requiere considerar la germinación y la patogenicidad de la cepa, las condiciones ambientales en su aplicación y sus condiciones de almacenamiento.

En Querétaro se aplicó clorpirifos a 500 mL/ha + 2 L de aceite parafínico, con una efectividad mayor a 90%. Esto coincide con los resultados de los bioensayos, donde las poblaciones de *D. citri* fueron 100% susceptibles al clorpirifos.

En San Luis Potosí se aplicó cipermetrina a 500 mL en 200 L de agua, con una efectividad superior a 90%. Esto coincide con los resultados de bioensayos, donde *D. citri* fue 100% susceptible a cipermetrina. Por lo tanto, el clorpirifos y la cipermetrina se pueden seguir usando.

## Conclusiones

El imidacloprid, la cipermetrina y el clorpirifos presentaron buena efectividad para controlar el psílido asiático de los cítricos ya que la mortalidad fue igual o superior al 80% en los estados donde se aplicaron. La abamectina y las sales potásicas (Ultralux®) presentan efectividad reducida en la mayoría de los estados donde se utilizaron.

## Agradecimientos

La presente investigación se realizó con recursos del Proyecto: "Determinación de la susceptibilidad de *Diaphorina citri* a aplicados en los estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas" financiado por SENASICA-DGSV, a través del CESAVECHIAPAS. Se agradece al personal de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal de cada uno de los estados donde se realizó el proyecto.





## Literatura citada

- Ahmed, S., Ahmad, N. and Khan, R. R. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina Citri*. Int. J. Agri. Biol., 6(6):970-973.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. Journal of Plant Pathology 88(1): 7-37.
- Macías-Rodríguez, L. C., Santillán-Ortega C., Robles-Bermúdez A., Isiordia-Aquino N. y Ortiz-Catón M. 2013. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa en “La Fortuna”, Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 2(3): 154-161.
- Pérez-Zárate, L. A., Osorio-Acosta F., Villanueva-Jiménez J. A., Ortega-Arenas L. D. y Chiquito-Contreras R. G. 2016. Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en Áreas Regionales de Control. Southwest. Entomol. 4(4): 1037-1049.
- Robles, G. P. L., F. J. Arriaga T. y P. Vázquez C. 2016. Manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal.  
<http://www.infit.org.mx/ArcosV2/Doc/ManualOperativoHLB7Nov16.pdf>  
[consultado el 2 de noviembre de 2017].



## SUSCEPTIBILIDAD DE *Diaphorina citri* A INSECTICIDAS EN LOS 24 ESTADOS QUE OPERARON LA CAMPAÑA CONTRA HLB EN 2018

Juan A. Villanueva Jiménez<sup>416\*</sup>, Francisco Osorio Acosta<sup>416</sup>, Laura Delia Ortega Arenas<sup>417</sup>, Ulises Díaz Zorrilla<sup>418</sup>, Víctor García Méndez<sup>417</sup>, Jaqueline Luna Olivares<sup>416</sup>, Gonzalo Luna Olivares<sup>416</sup> y Sherell Zamora Juárez<sup>419</sup>

### Resumen

Un programa de monitoreo de la resistencia o susceptibilidad, en este caso de *Diaphorina citri* a insecticidas, es necesario en esfuerzos nacionales, como la Campaña contra el HLB, por la alta presión de selección que se realiza en áreas extensas. El objetivo fue evaluar la susceptibilidad de cinco insecticidas utilizados por los productores y por la campaña, para el control de poblaciones de *D. citri* procedentes de 24 estados citrícolas de México.

**Palabras clave:** Psílido asiático de los cítricos, resistencia a insecticidas, huanglongbing, abamectina, imidacloprid

### Introducción

El manejo del huanglongbing (HLB) se ha centrado en el control del vector, el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Las áreas regionales de control (ARCO, hoy AMEFI o áreas de manejo fitosanitarias) establecidas por la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) son áreas extensas en donde se aplica una sola molécula durante 15 días, contra el vector (Robles *et al.*, 2016), con el apoyo de los comités estatales de sanidad vegetal de cada región. Las aplicaciones pueden ejercer una

<sup>416</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \* javj@colpos.mx

<sup>417</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

<sup>418</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco.

<sup>419</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.



presión de selección adicional al vector, hacia la selección de poblaciones resistentes al plaguicida. En todas las áreas citrícolas, la mayoría de productores hacen varias aplicaciones adicionales de diferentes moléculas, lo que puede exacerbar el problema de resistencia a insecticidas y eventualmente conducir a un nulo control. La DGSV mantiene un monitoreo de la susceptibilidad de *D. citri* a las moléculas usadas para detectar posibles brotes de resistencia, de la efectividad de las aplicaciones, la evaluación de otras moléculas y una capacitación constante a los técnicos involucrados (Pérez-Zárte et al., 2016).

Con las acciones referidas se espera que la toma de decisiones de técnicos y productores mejore hacia el uso de las moléculas que puedan ser más efectivos a la plaga. Adicionalmente, se deberá cuidar otros temas, como organismos benéficos, restricciones para la exportación, mercados especializados como el orgánico, entre otros. En este trabajo el objetivo fue evaluar la susceptibilidad de cinco insecticidas utilizados por los productores y por la campaña, para el control de poblaciones de *D. citri* procedentes de 24 estados citrícolas.

## Materiales y métodos

Trece de 24 estados citrícolas cultivan lima Persa, siete cultivan naranjo Valencia y cuatro algún otro tipo de limón. Se utilizaron cinco insecticidas grado técnico de diferentes grupos toxicológicos, recomendados como alternativa en el manejo de poblaciones de *D. citri* en México que se generó a partir de una colonia susceptible mantenida en Montecillo, Texcoco, Estado de México (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Dosis diagnósticas de insecticidas para adultos de *D. citri*.**

Insecticida	Grupo toxicológico	Dosis Discriminante (ng/insecto)	Concentración (%)
dimetoato	Organofosforado	7.50	0.0090
clorpirifos	Organofosforado	5.68	0.0085
imidacloprid	Neonicotenoide	0.99	0.0015
abamectina	Avermectina	12.00	0.018
cipermetrina	Piretroide	0.90	0.0013

ng= Nanogramos de ingrediente activo contenido en 0.2  $\mu$ L de solución, volumen aplicado a cada insecto.



Para evaluar la susceptibilidad de insecticidas con adultos de *D. citri*, colectados en las ARCO de los estados visitados, se utilizó una dosis discriminante (DD) de cada producto. Las DD se obtuvieron con base en las  $DL_{95}$  (Dosis capaz de matar el 95% de una población) de una colonia susceptible, mantenida por más de 9 años en laboratorio, multiplicada por tres ( $DL_{95} \times 3$ ), para asegurar una mortalidad mayor al 95%. Los bioensayos tópicos se realizaron con base en la metodología propuesta por García-Méndez *et al.* (2016).

La colecta de insectos adultos se realizó en áreas citrícolas comerciales y de traspatio, que están dentro de las ARCO de cada estado evaluado. Se utilizaron puntas de micropipeta a las que se les cortó la “punta” y se selló la base con tela organza. La base fue acoplada a una manguera de hule para facilitar el aspirado bucal. Durante el proceso de colecta, el escape de los insectos colectados se prevenía al tapar la “punta” con un dedo de la mano. Después de colectar 20 individuos, la “punta” se selló con Parafilm. Los insectos se trasladaron al lugar donde se realizaron los bioensayos en cada estado.

Para los bioensayos de susceptibilidad, se prepararon cajas Petri de 4 cm de diámetro, con una base de 1 cm de agar-agar al 2%; encima de ella se colocó un disco de hoja limpia, sin restos de insecticida, de la variedad del cítrico más cultivada en cada región, con el envés expuesto para la alimentación de los insectos. Los bioensayos se realizaron mediante aplicación tópica de los cinco insecticidas grado analítico, diluidos en acetona grado técnico, a la concentración indicada en el Cuadro 1. Los 20 adultos por punta de *D. citri* colectados en las ARCO de cada estado se anestesiaron con  $CO_2$  (2 min) y se colocaron en la caja Petri modificada. Inmediatamente, con una jeringa de cromatografía Hamilton® de 10  $\mu$ L, acoplada a un microaplicador para bioensayos tópicos, se aplicaron 0.2  $\mu$ L de la solución insecticida (DD) en el pronoto de cada insecto. Se tapó la caja Petri con la tapa perforada y cubierta con organza. En cada estado se realizaron de cuatro a ocho repeticiones por insecticida (dependiendo de la cantidad de adultos presentes en el ARCO); se acompañó de un testigo por repetición, donde los insectos se trataron con acetona grado analítico. El porcentaje de mortalidad de *D. citri* por cada insecticida se registró a las 24 h. Se consideró como como muerto, al insecto con





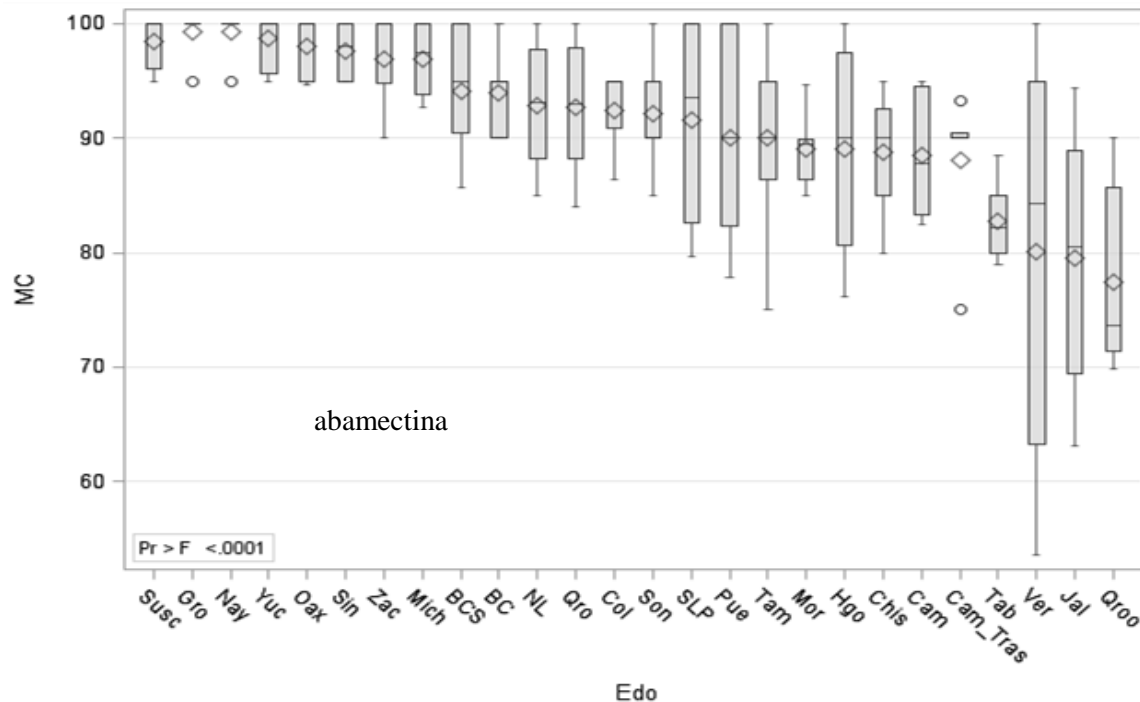
ausencia de movilidad al presionar su abdomen con una aguja de disección. La mortalidad se corrigió para la mortalidad en el testigo, el cual nunca fue mayor al 12% (Abbott, 1925). Se comparó la mortalidad corregida obtenida en la colonia susceptible, contra la obtenida en cada estado, por cada insecticida. Por ser un porcentaje, se utilizó el análisis de suma de rangos de Wilcoxon, con el procedimiento NPAR1WAY de SAS (2019).

## Resultados y discusión

**Abamectina.** En la Figura 1 se muestran los estados que presentan diferencia estadística en la susceptibilidad con relación a la colonia susceptible. Los estados donde las poblaciones de *D. citri* ya presentan evidencias de reducida mortalidad con abamectina son Quintana Roo, Jalisco, Veracruz, Tabasco, Campeche (campo y traspatio), Chiapas, Morelos, Tamaulipas, Sonora, Colima y Baja California.

En siete de once estados se obtuvieron las muestras e insectos preferentemente de lima Persa. Los estados de Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León y Baja California Sur, aunque no son diferentes estadísticamente de la colonia susceptible, presentaron una media de mortalidad por debajo del 95%, por lo que deberá tenerse especial cuidado, ya que se detectaron parcelas tanto con baja como con buena susceptibilidad, básicamente monitoreando la evolución de la susceptibilidad en las siguientes aplicaciones. En cinco de los seis estados se obtuvieron las muestras de insectos de naranja Valencia.

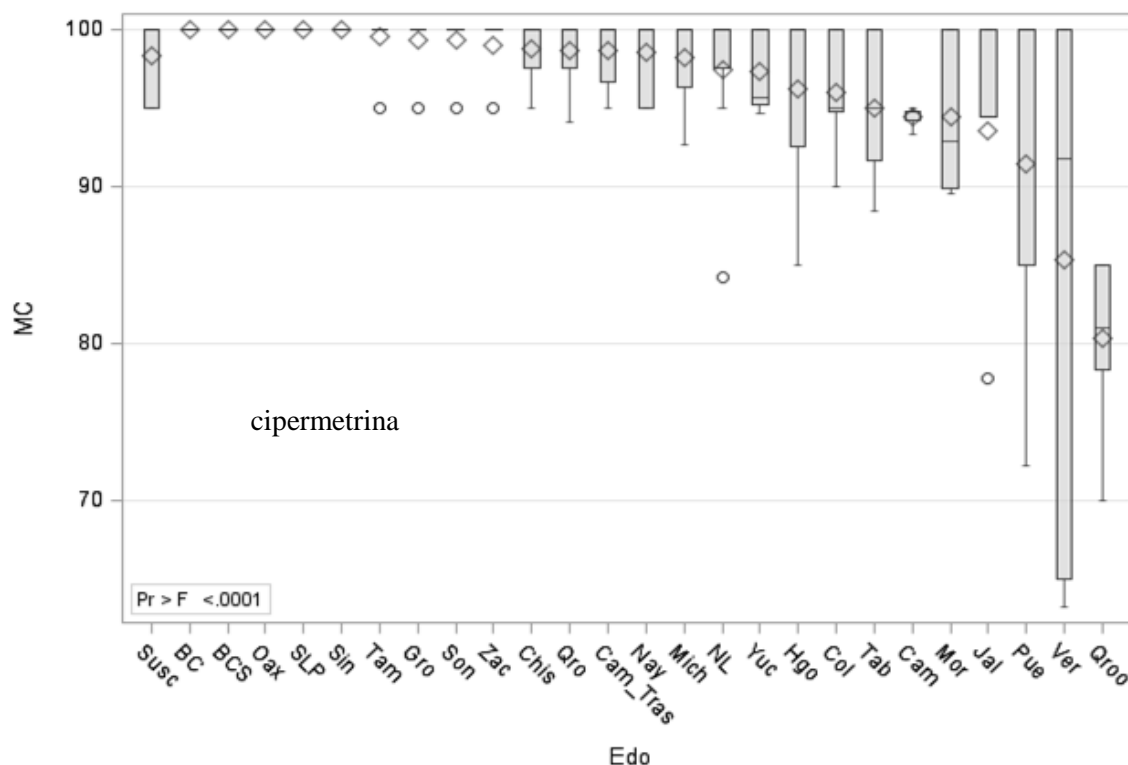
Los estados que aún tienen susceptibilidad similar a la del testigo y que podrían utilizar abamectina sin problema son Guerrero, Nayarit, Yucatán, Oaxaca, Sinaloa, Zacatecas y Michoacán.



**Figura 1. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* a abamectina por estado.**

**Cipermetrina.** En la Figura 2 se observa que Quintana Roo y Campeche-campo, ambos para lima Persa, presentan diferencia estadística en el control con cipermetrina, en relación a la colonia susceptible. Además, en los estados de Veracruz, Puebla, Jalisco, Morelos, Tabasco, Colima e Hidalgo, la variabilidad es tal que, a pesar de no haber diferencias significativas, en algunas huertas la susceptibilidad a la cipermetrina es reducida, por lo que se deberá mantener la alerta de uso. Estas colonias de insectos se colectaron preferentemente de lima Persa (5 de 7).

En los estados de Baja California, Baja California Sur, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Guerrero, Sonora, Zacatecas, Chiapas, Querétaro, Campeche-traspasio, Nayarit, Michoacán, Nuevo León y Yucatán, los insectos aún son susceptibles a cipermetrina, por lo que puede seguirse usando para abatir a *D. citri*.



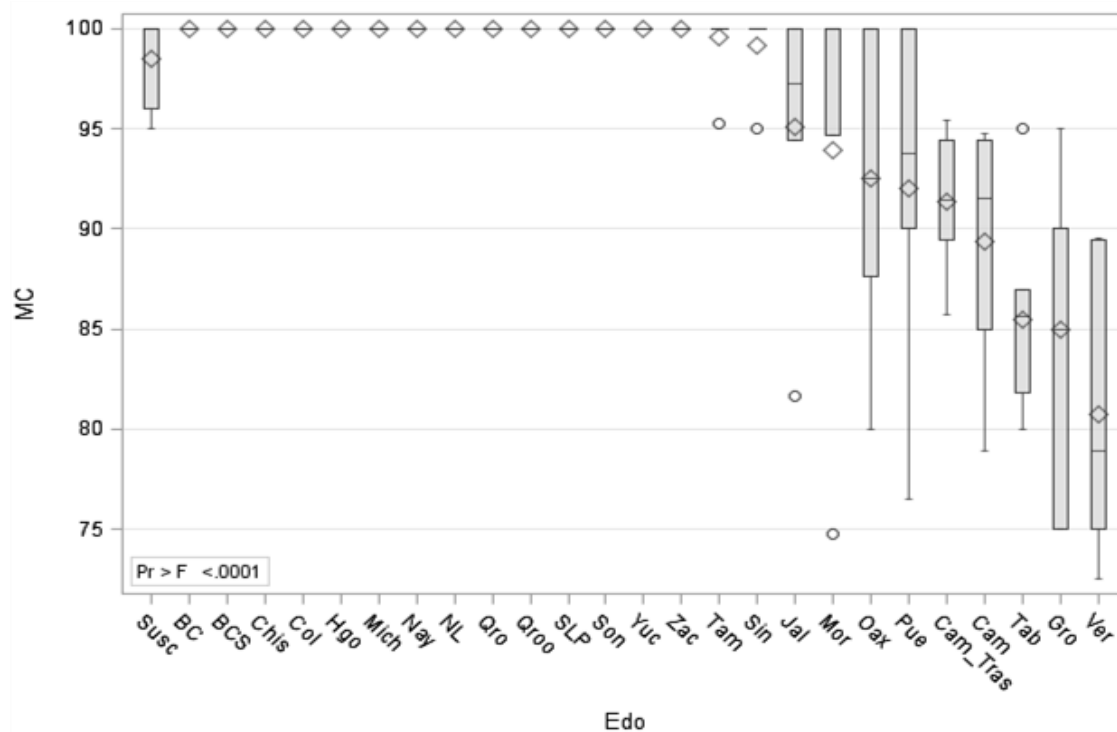
**Figura 2. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* a cipermetrina por estado.**

**Clorpirifos.** Las poblaciones de *D. citri* en los estados que presentan una mortalidad corregida a clorpirifos significativamente menor a la de la colonia susceptible son Veracruz, Guerrero, Tabasco y Campeche (campo y traspatio). En tres de los cuatro estados se colectaron los insectos en lima Persa. Los estados de Puebla, Oaxaca, Morelos y Jalisco, a pesar de no ser diferentes a la colonia susceptible, presentan gran variabilidad en cuanto a mortalidad, por lo que se debe tener precaución en el uso de este producto en esos estados (Figura 3). En estos cuatro estados, la colecta de insectos se hizo en huertas de lima Persa.

Los demás estados (Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Colima, Hidalgo, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Yucatán, Zacatecas, Tamaulipas y Sinaloa) tienen una mortalidad igual o casi igual al 100%, que no se diferencian del valor de la colonia susceptible. Esto permite contar con un producto para ser usado con confianza para el manejo de *D. citri*. Sin embargo, dimetoato es un producto restringido para la exportación de lima Persa,



por lo que debe tenerse cuidado en no usarse durante fructificación (o prohibirse) en los estados cuyo mercado sea el exterior (Díaz-Zorrilla *et al.*, 2018).



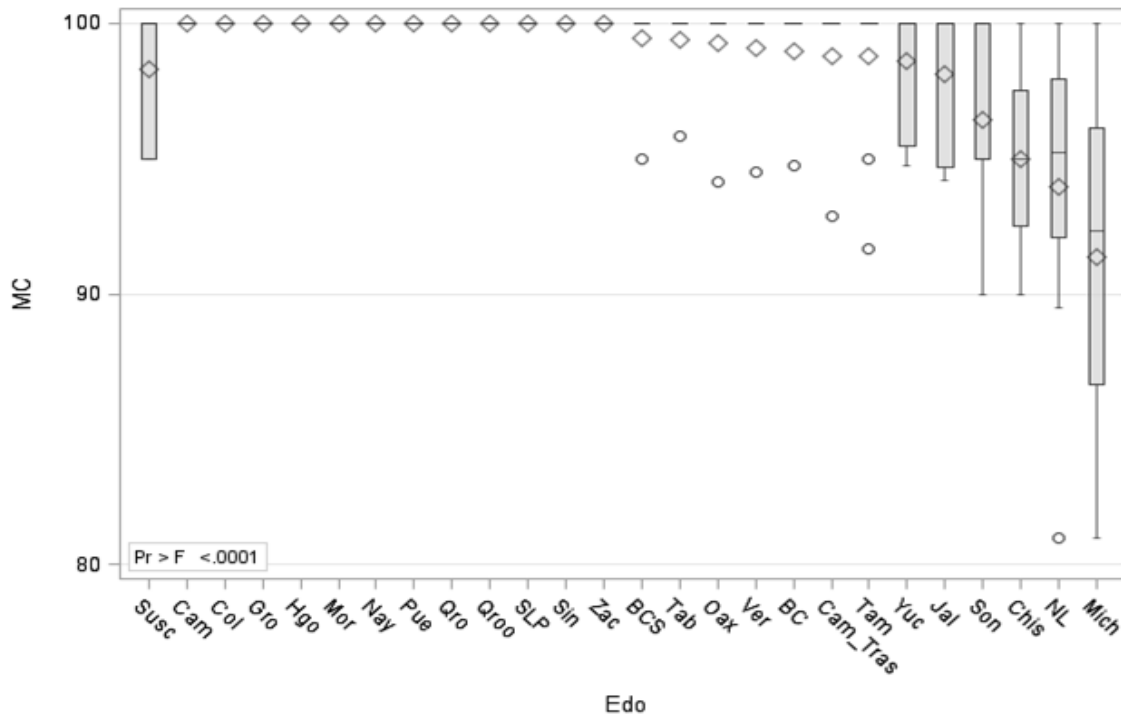
**Figura 3. Susceptibilidad de *D. citri* a clorpirifos por estado.**

**Dimetoato.** Ninguno de los estados presentó diferencia estadística con relación a la colonia susceptible; sin embargo, el estado de Michoacán tuvo el valor más bajo de mortalidad de *D. citri* al dimetoato y presentó la más alta variabilidad, seguido de los estados de Nuevo León, Chiapas y Sonora, por lo que se deberá de monitorear el desarrollo de la resistencia en poblaciones de *D. citri* en esos estados (Figura 4). En dos estados, los insectos se colectaron en huertas de naranja y una de lima Persa. En los demás estados (Campeche campo y traspatio, Colima, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Baja California Sur, Tabasco, Oaxaca, Veracruz, Baja California y Tamaulipas), se puede seguir utilizando el dimetoato contra *D. citri*, siempre con precaución, ya que ha habido reportes de resistencia a esta molécula. Este producto





se dejó de aplicar en lima Persa tres años antes de la evaluación (Díaz-Zorrilla, U.; com. pers. 2019); quizás por eso ya no hay evidencias de fallas de susceptibilidad.



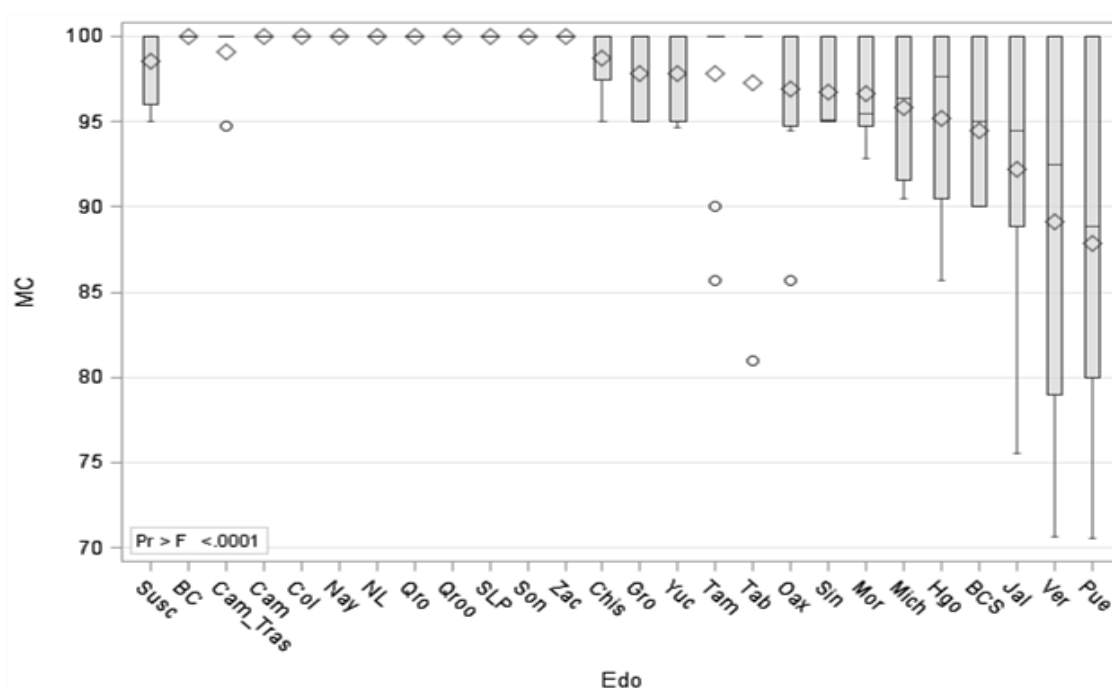
**Figura 4. Susceptibilidad de *D. citri* a dimetoato por estado.**

**Imidacloprid.** Al igual que con el dimetoato, en el imidacloprid ninguna población de *D. citri* de los diferentes estados fue significativamente diferente a la mortalidad obtenida en la colonia susceptible, lo cual indica que todas las poblaciones no pueden diferenciarse estadísticamente de las susceptibles (en especial Baja California, Campeche traspatio y campo, Colima, Nayarit, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Zacatecas, Chiapas, Guerrero, Yucatán, Tamaulipas, Tabasco, Oaxaca, Sinaloa, Morelos y Michoacán (Figura 5). En 10 de los 19 estados, se colectaron insectos de lima Persa, en cinco de naranjo y en cuatro de limón.

Sin embargo, debido a que es de interés diferenciar las poblaciones por variabilidad, tanto en los estados de Puebla como Veracruz, Jalisco, Baja California Sur e Hidalgo, las poblaciones de insectos presentaron en algunas repeticiones mortalidades de



70 a 90%, aunque en otras repeticiones la mortalidad fue del 100%; esto puede indicar que en los estados mencionados existe variabilidad regional por aspectos locales, que se presentaron colonias de otras regiones o bien que no habían sufrido presión de selección a este producto en ciertas zonas, por lo que es necesario tener precaución en el uso de este producto. Ya ha iniciado la prohibición del imidacloprid para fines de exportación en lima Persa, por su efecto en abejas y residuos en miel (Díaz-Zorrilla *et al.*, 2018).



**Figura 5. Susceptibilidad de *D. citri* a imidacloprid por estado.**

## Conclusiones

1. Veracruz es el estado que mostró mayores problemas en la mortalidad de *D. citri*, presentando únicamente buena mortalidad el dimetoato. Los estados que presentan problemas en dos productos son Campeche (abamectina y clorpirifos), Quintana Roo (abamectina y cipermetrina) y Tabasco (abamectina y clorpirifos).



- Las poblaciones de *D. citri* en los estados de Nayarit, Sinaloa, Yucatán y Zacatecas no presentaron ningún problema de mortalidad a los cinco productos probados.
2. El insecto tampoco presentó problemas en la mortalidad en los estados de Baja California Sur, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro y San Luis Potosí, pero la mortalidad para algunos productos es del 95% o cercana a este valor.
  3. El producto que mayores problemas presentó para lograr altos porcentajes de mortalidad de *D. citri* en 12 de los 24 estados fue la abamectina.

### Agradecimientos

La presente investigación se realizó con recursos del Proyecto: “Determinación de la susceptibilidad de *Diaphorina citri* a aplicados en los estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas”, financiado por SENASICA-DGSV a través del CESAVECHIAPAS.

### Literatura Citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Díaz-Zorrilla, U., Luna-Olivares J., Castellanos-Vicente A., Hernández-Estudillo E., Montoya-Zavaleta D., Manzanilla-Cobos M. *et al.* 2017. Buen uso de plaguicidas autorizados para el limón Persa. COPELP. Manual Técnico Núm. 1. Veracruz, México. 57 p.
- García-Méndez, V. H., Ortega-Arenas L. D., Villanueva-Jiménez J. A. y Sánchez-Arroyo H. 2016. Susceptibilidad *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50: 335-365.



- Pérez-Zárate, L. A., Osorio-Acosta F., Villanueva-Jiménez J. A., Ortega-Arenas L. D. y R. G. Chiquito-Contreras. 2016. Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en Áreas Regionales de Control. Southwest. Entomol. 4: 1037-1049.
- Robles, G. P. L., F. J. Arriaga T. y P. Vázquez C. 2016. Manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal.  
<http://www.infit.org.mx/ArcosV2/Doc/ManualOperativoHLB7Nov16.pdf>  
[consultado el 2 de noviembre de 2017].
- SAS. 2019. SAS/STAT Procedures A-Z. ©SAS Institute Inc.  
<https://support.sas.com/rnd/app/stat/procedures/Procedures.html>  
[consultado el 20 de junio de 2019]





## PRESENCIA DE *Citrus tristeza virus* TIPO VT EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

Contreras Maya Rosalba<sup>420</sup>, Ovando Barroso Emanuel<sup>421</sup> y Villegas Monter Angel<sup>422\*</sup>

### Resumen

Los frutos cítricos son muy importantes en la economía mexicana por su alto valor en el mercado internacional. En las plantaciones de Veracruz, México, principal estado productor, se han observado síntomas de defoliación, amarillamiento, muerte de ramas terminales que conducen al deterioro gradual y bajo rendimiento de los cultivares. En el 2017 en la comunidad de la Concepción, Tihuatlán, Veracruz, surge una preocupación debido a que se empezó a observar muerte repentina de árboles de naranja (*Citrus sinensis*) en muy poco tiempo (<3 meses). El objetivo del presente estudio fue determinar la presencia, distribución y aislados de *Citrus tristeza virus* (CTV) en ocho municipios productores de cítricos. Se realizó RT-PCR y se detectó CTV en 83 de 124 muestras analizadas. Se realizó PCR para aislados reportados como T30 y VT. En todos los municipios se encontró aislados tipo T30, con valores de 14.3 en Tihuatlán y hasta 100% en Cuitláhuac. Con relación al aislado tipo VT el porcentaje varió de 6.67 en Álamo a 42.86% en Tihuatlán, VT se encontró en siete de los municipios muestreados. Los resultados alarman debido a que la enfermedad avanza muy rápidamente en Veracruz y otros estados citrícolas de México, aun cuando la enfermedad se encuentra regulada con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-03-FITO-2000 y NOM-079-FITO-2002. Este problema es crítico si se considera que en los huertos cítricos de México predomina el uso de naranjo agrio (*C. aurantium*) como portainjerto, que los hacen aún más vulnerables.

<sup>420</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de Apatzingán. [miranda.marioalberto@inifap.gob.mx](mailto:miranda.marioalberto@inifap.gob.mx).

<sup>421</sup> CIDAM.

<sup>422</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Fuerte.



**Palabras clave:** *Citrus tristeza virus*, incidencia, aislados, *citrus sinensis*

## Introducción

Los cítricos son de los frutales más importantes a nivel mundial. La mayoría de las especies son injertadas y no se tienen los cuidados necesarios, por lo que la propagación de plantas ha sido simultánea a la multiplicación de enfermedades que se ha visto favorecida por insectos vectores (Powell y Lin, 2005). Actualmente, la citricultura en el mundo presenta diversos problemas fitosanitarios como: tristeza de los cítricos (CTV), psorosis (CPsV), leprosis (CiLV), clorosis variegada (CVC), exocortis (CEVd), cachexia (CVd-II), huanglongbing-HLB (CLas), cancro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*), además de otras alteraciones de origen desconocido hasta la fecha como blight y wood pocket.

En México, se presenta una situación similar, en campo, es común encontrar árboles con daños mecánicos en tronco, ramas de primer y segundo orden, que permiten suponer la presencia de psorosis, exocortis y cachexia en las plantaciones de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*C. reticulata*), pomelo (*C. paradisi*), lima acida mexicana (*C. aurantifolia*) y lima persa (*C. latifolia*), y que han sido comprobados y documentados por Rocha-Peña *et al.*, (1995); Iracheta *et al.*, (2004); Almeyda-León *et al.* (2002, 2003, 2007), lo que permite vislumbrar un panorama con muchas carencias. Actualmente CTV está siendo un gran problema, a pesar de contar con la Norma Oficial Mexicana NOM-031-FITO-1995, “por la que se establece la campaña contra el virus tristeza de los cítricos y la NOM-079-FITO-2002 que establece los requisitos fitosanitarios para la producción y movilización de material propagativo libre de virus tristeza y otros patógenos asociados a cítricos”.

El *Citrus tristeza virus* (CTV) está presente en México desde 1983, cuando se detectaron las primeras plantas positivas en Tamaulipas (1983), posteriormente en Veracruz en Ixtacuaco en un campo agrícola experimental (1986), Martínez de la Torre, Álamo y Tuxpan, Ver., (1993), y en los estados de: Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Morelos, Michoacán (2000), Colima y Nuevo León (2005) (Rocha-Peña *et*



*al.*, 1992; Loeza-Kuk *et al.*, 2008; Rivas *et al.*, 2017), en Tamaulipas, Baja California, Nuevo León y Veracruz se han detectado aislados severos (Herrera-Isidró *et al.*, 2009). La Dirección General de Sanidad Vegetal dejó de muestrear y eliminar plantas infectadas en el 2007 (SENASICA, 2014). Sin embargo, la dispersión de la enfermedad aun continua (Rivas-Valencia *et al.*, 2010). En 2010 entra en vigor el “Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) y su vector” debido que en el 2009 se detectó, para esas fechas ya contábamos con la presencia del HLB en el país y desde entonces ha sido el de mayor importancia sin tomar en cuenta los antes mencionados.

La tristeza de los cítricos ha sido una de las enfermedades más devastadoras en las zonas productoras de cítricos del mundo, de manera particular en América en los años 1930 y 1940 afectó prácticamente toda la citricultura de Argentina, Brasil y Uruguay, en 1950 en Colombia y Perú, quienes tenían como portainjerto naranjo agrio (*C. aurantium*), como resultado 20,000,000 árboles fueron destruidos (Segura, 1952; Müller y Rezende, 2004), en 1980, ocurrió otro desastre similar en Venezuela y Jamaica (Mendt, 1992; Roistacher, 1999), en Florida USA se detectó CTV en 1952 (Grant, 1952; Cohen y Knorr, 1953; Lee *et al.*, 1997; Lee y Keremane 2013).

En México CTV no ha causado epidemia como en los países anteriormente mencionados aun cuando desde 2003 existen reportes en *C. sinensis* de aislados severos en los estados de Baja California, Nuevo León, Tamaulipas e incluso Veracruz (Mendoza *et al.*, 2003, Loeza *et al.*, 2005, Herrera-Isidró *et al.*, 2009), y que desde el 2000 tenemos la presencia del vector en Quintana Roo y su posterior distribución en Veracruz en el 2007 (López- Arroyo *et al.*, 2008), actualmente se encuentra en todos los estados productores de cítricos, otros autores como Rivas-Valencia (2017), mencionan que la enfermedad aun continua dispersándose y que la mayoría de los aislados encontrados en los estados citrícolas han sido de tipo moderado.

El norte de Veracruz, desde 2017 se ha observado síntomas de defoliación, amarillamiento, muerte de ramas e incluso muerte de árboles, que conducen al deterioro y bajo rendimiento del cultivo; generalmente las plantaciones tienen vida productiva menor a seis años. Existe desconocimiento de lo que ocasionan el



declinamiento, la mayoría de los productores atribuyen la muerte prematura de los árboles a *Phytophthora* spp., debido a que observan “goma” en el tronco de plantas afectadas.

Por ello, se planteó evaluar la presencia y distribución de aislados de CTV en varios municipios productores de cítricos en Veracruz, para actualizar el estatus fitosanitario de dicha enfermedad y darle la importancia que actualmente está recobrando como amenaza para la citricultura mexicana que podría ser devastadora como ha sucedido en otros países, adicionándole que en la citricultura mexicana predomina el portainjerto naranjo agrio que lo hace aún más vulnerable a CTV.

## **Materiales y métodos**

El estudio fue realizado en huertos comerciales ubicados en el Centro-Norte de Veracruz, en los municipios de: Álamo, Castillo de Teayo, Cazonas, Cuitláhuac, Martínez de la Torre, Papantla, Tihuatlán, y Tuxpan, Veracruz, que van desde las coordenadas geográficas latitud norte 20° 55´, latitud Oeste 97° 41', hasta 18° 49' latitud norte y entre 96° 43' longitud oeste, principales zonas productoras de cítricos en México. El muestreo fue dirigido a arboles con síntomas de decaimiento, brotes amarillos y muerte de ramas, obteniéndose 124 muestras (15 muestras en Álamo, 18 en Castillo de Teayo, 22 en Cazonas, 6 en Cuitláhuac, 13 en Martínez de la Torre, 10 en Papantla, 18 en Miahuatlán y 22 en Tuxpan). Por cada árbol se colectaron cuatro brotes vegetativos en crecimiento activo (un brote por orientación cardinal), las cuales se etiquetaron y trasladaron a laboratorio.

La extracción de RNA se realizó con TRIzol® Reagent (Rizza *et al.*, 2009) siguiendo recomendaciones del fabricante. La concentración y pureza de ácido nucleico se verificó con NanoDrop™ 2000 Spectrophotometer. Como primer paso las 124 muestras se analizaron con los iniciadores CPK-F y CPK-R (cuadro 1), que amplifica la CP1 en el extremo 3´ (273 pb) (Rivas *et al.*, 2008). Posteriormente las muestras que





resultaron positivas se analizaron para aislado débil tipo T30 (Florida USA) y severo tipo VT (Israel) (Hilf *et al.*, 2005, Roy *et al.*, 2010, Benítez-Galeano *et al.*, 2015).

**Cuadro 1. Iniciadores específicos utilizados en la reacción en cadena de la polimerasa por transcripción inversa (RT-PCR) para amplificar al virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y aislados.**

Patógeno / aislado	Secuencia de iniciadores específicos 5´-3´	Tamaño del producto (pb)	Referencia
CTV	AAC GCC CTT CGA GTC TGG GGT AGG A TCA ACG TGT GTT GAA TTT CCC AAG C	273	Rivas <i>et al.</i> , 2008
T30	TGT TGC GAA ACT AGT TGA CCC TAC TG TAG TGG GCA GAG TGC CAA AAG AGA T	206	Roy <i>et al.</i> , 2010
VT	TTT GAA AAT GGT GAT GAT TTC GCC GTC A GAC ACC GGA ACT GCY TGA ACA GAA T	302	Roy <i>et al.</i> , 2010

En la reacción de transcripción inversa (RT) a cada tubo de Eppendorff se le adicionaron 0.5 µL cada primer F y R en 4 µL de agua + 2 µL de RNA molde de cada muestra y se incubó a 72°C por 5 min en un termociclador Techne® TC-512. Posteriormente, los tubos se colocaron en hielo por 10 min. A cada muestra se adicionaron 4 µL de la mezcla que contenía 2 µL Buffer 5X de M-MLV (PROMEGA) + 1 µL de DTT 0.1M (PROMEGA) + 0.5 µL de dNTP ´s Mix (PROMEGA) + 0.25 µL de M-MLV Reverse Transcriptase (PROMEGA), colocando los tubos en un termociclador a 42°C por 60 min seguidos de 72°C por 10 min.

La PCR se realizó agregando a cada tubo 9 µL de la mezcla que contenía 2 µL Green buffer GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA) + 0.4 µL de MgCl<sub>2</sub> + 0.2 µL de dNTP ´s + 0.6 µL de cada primer F y R + 0.1 µL de GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA) + 2 µL de cDNA + 5.1 µL de agua. Las condiciones de la primer PCR propuestos por Rivas *et al.* (2008), fueron: un ciclo de 1 min 94 °C, 35 ciclos de 1 min a 94 °C, 1 min a 55 °C y 1 min a 72 °C con una extensión final de 10 min a 72 °C. Las condiciones de PCR para los cinco grupos de aislados fueron: un ciclo de 3 min 94 °C, 30 ciclos de 30 s a 94 °C, 30 s a 56 °C, 45 s a 72 °C y una extensión final de 10 min a 72 °C (Roy *et al.*, 2010). Los productos fueron visualizados en un gel de agarosa al 1% con bromuro de etidio. El gel se observó y captó en un transiluminador QUANTUM ST5® (Vilver Lourmat). Las muestras que resultaron positivas se enviaron a Macrogen Corp. (Corea del Sur).



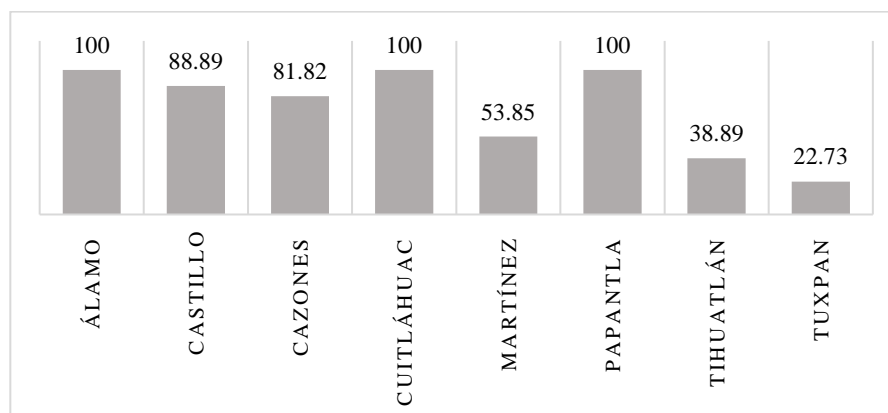
Cada muestra fue secuenciada en ambas direcciones. Las secuencias fueron ensambladas con el programa DNA BASER. Se realizó la comparación de las secuencias mediante el Basic Local Alignment Search Tool (BLAST®), con las del Centro Nacional de Información de Biotecnología (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>), algunas de las secuencias de nucleótidos de los aislamientos obtenidos en este estudio fueron depositadas en la base de datos del GenBank.

## Resultados y discusión

En cinco de los ocho municipios estudiados, el porcentaje de muestras positivas a CTV fue superior a 81% (Figura 1), en Álamo, Papantla todas las muestras resultaron positivas, mientras que en Tuxpan se obtuvo el menor porcentaje (22.73%), esto podría deberse a que, en Álamo, Castillo de Teayo, Cazones y Papantla, la especie predominante es naranja, cultivar que presenta dos brotaciones vegetativas en comparación con mandarina (en Tuxpan) durante el año. En Cuitláhuac predomina lima persa, ambas especies (naranja y lima persa), presentan brotes tiernos o inmaduros, los cuales son atracción y alimento para los principales vectores (pulgonos) del CTV que forman parte de los diseminadores de la enfermedad (Herron *et al.*, 2006), en cambio en Tuxpan la mayor superficie esta cultivada con mandarina que presenta una brotación por ciclo (SIAP, 2017), en consecuencia, tiene menos posibilidades de ser infestada. El CTV es transmitido de forma semipersistente por *Aphis gossypii* y *Toxoptera citricida*, entre otros áfidos (Yokomi *et al.*, 1994). Sorprende el caso de Martínez de la Torre, donde predomina lima persa, era de esperarse un comportamiento similar a Cuitláhuac, se desconoce las causas de lo observado. El hecho de que en Tuxpan y Tihuatlán hubo porcentajes bajos de plantas positivas, no los exime de ser zonas de riesgo debido a que en cualquier momento podrían presentar una epidemia por la cercanía que tienen con los municipios de Papantla, Castillo de Teayo y Cazones en donde se obtuvieron valores altos de incidencia del virus.



Martínez de la Torre y Cuitláhuac son las principales zonas productoras de lima persa, tomando en cuenta la superficie cultivada y número de empacadoras, en donde la incidencia de CTV fue de 53% de las muestras analizadas.



**Figurara 1. Porcentaje de muestras positivas a *Citrus tristeza virus* (CTV).**

Es importante señalar que en 1986 se detectó CTV en Tlapacoyan, Ver., municipio ubicado en los límites de Martínez de la Torre, por lo que era de esperarse que el porcentaje fuera mayor, debido al tiempo transcurrido (32 años) y que no se han tenido los cuidados necesarios para evitar la diseminación (proliferación de viveros no certificados). Tomando en cuenta lo sucedido en Brasil y Argentina en las décadas de 1930 y 1940 la rápida propagación del virus de la tristeza de los cítricos causó la muerte de millones de árboles injertados en naranjo agrio (*Citrus aurantium*). La muerte fue atribuida a la presencia de CTV y al vector (*Toxoptera citricida*) pulgón café de los cítricos (Knorr y Du Charme 1951).

En el caso de Martínez de la Torre, Veracruz, se detectó CVT y posteriormente se comprobó que eran aislados débiles (Mendoza *et al.*, 2003; Loeza *et al.*, 2005), pero no estaba presente el principal vector, hasta 2007 cuando fue reportado por primera vez, probablemente por ese motivo no se ha dispersado tanto la enfermedad, aun cuando no hay control fitosanitario (viveros no certificados) en la producción de planta. Otro aspecto a considerar es que la mayoría de las plantas se comercializan en otros municipios del estado y otros estados del país. Cabe indicar que el áfido desde Brasil se movió a otros países de América del Sur (Knorr *et al.*, 1960), donde se



produjeron grandes pérdidas de árboles como en Venezuela (Mendt *et al.*, 1984), Colombia y Perú (Lee *et al.*, 1992). Mientras que, en 1993 en la región mediterránea, Estados Unidos y México no se había encontrado al vector.

Lo observado en Veracruz, México, coincide con lo señalado para España donde la enfermedad tardó 54 años en ser epidemia debido a que no estaba presente el vector; mientras que, Brasil, requirió de cinco a 10 años, la enfermedad se presentó acompañada del vector (Bar-Joseph, 1978). En Quintana Roo, con la llegada de *T. citricida* en el 2000 (Michaud y Álvarez, 2000), se pronosticó un incremento de aislados y síntomas severos de CTV como en otros países (Halbert *et al.*, 2004; Matos *et al.*, 2013), sin embargo, se desconoce las causas por las cuales en México la dispersión del vector no se correlacionó con el de la enfermedad, lo anterior, puede deberse a que no se hicieron los estudios necesarios para su detección, el comportamiento que se ha observado actualmente en Veracruz es similar a los reportados en Brasil y Argentina donde la dispersión de CTV fue rápida, cabe indicar que en México, las primeras detecciones del CTV se realizaron en Tamaulipas (1983) y Veracruz (1986), a pesar de la erradicación de los focos iniciales, la dispersión de la enfermedad ha continuado (Góngora-Canul *et al.*, 2005; Rivas-Valencia *et al.*, 2010; Ruiz-García *et al.*, 2009; Silva-Vara *et al.*, 2001). Actualmente, *T. citricida* se encuentra en todos los estados citrícolas (SENASICA, 2014), con riesgo de provocar epidemias severas de tristeza de los cítricos puesto que se han detectado infecciones severas en Nuevo León, Colima, Baja California, Veracruz y Tamaulipas (Herrera-Isidrón *et al.*, 2009; Loeza-Kuk *et al.*, 2005; Mendoza *et al.*, 2003; Silva-Vara *et al.*, 2001). Es posible que la enfermedad se encuentre en todos los municipios del estado de Veracruz, pero es necesario verificarlo en otros estados productores de cítricos en México para determinar si existe una situación similar, por lo que se deben de realizar más estudios al respecto.

De las 124 muestras analizadas, 83 resultaron positivas a CTV por lo que se prosiguió a realizar la RT-PCR para aislados tipo T30 y VT. Los aislados de CTV están compuestos por una colección de secuencias homólogas que varían entre sí hasta 4%. Existen aislados con variantes de secuencia o haplotipos dentro de la población de CTV (Ayllón *et al.*, 2006; Rubio *et al.*, 2001). Cada aislamiento puede inducir





diferentes síntomas (Herrera *et al.*, 2009; Weng *et al.*, 2007), o incluso ser asintomático (Rivas *et al.*, 2010). Supuestos que afirman nuestros resultados debido a que en algunas plantaciones no se observaron síntomas, sin embargo, resultaron positivas a CTV.

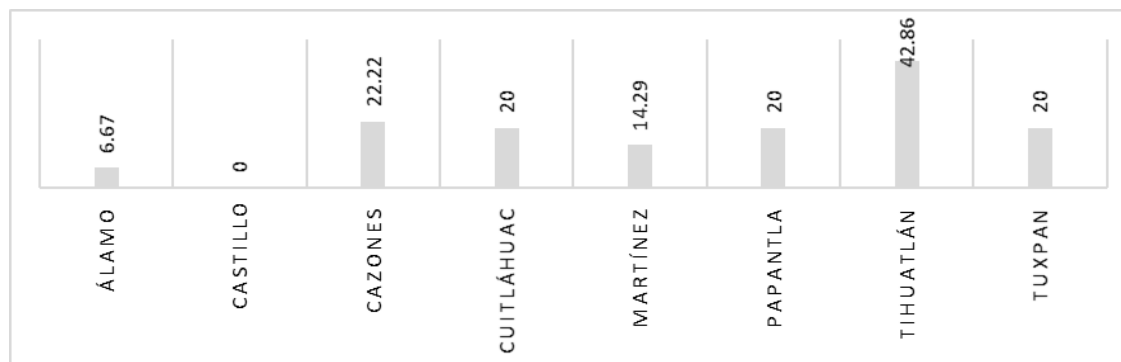
En los ocho municipios muestreados se encontraron aislados tipo T30, el porcentaje observado fue de 14.3 en Tihuatlán hasta 100% en Cuitláhuac, lo anterior, demuestra que la enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en todos los municipios. Cabe indicar que los aislados atenuados tipo T30 no causan síntomas visibles en la interacción injerto/portainjerto (Persa/Volkameriano, Naranja Valencia/Carrizo) por ese motivo algunas combinaciones toleran la enfermedad, producen muy leve o ningún síntoma en plantas indicadoras de lima acida mexicana (Lee y Keremane, 2013). Esta podría ser una de las causas por las cuales en México no se habían presentado muerte de árboles, porque el aislado que predomina es de tipo T30.

Con relación al aislado tipo VT, considerado como severo (Besoain *et al.*, 2015), el porcentaje de muestras positivas fue de 6.67 en Álamo hasta 42.86 en Tihuatlán (Figura 2). En Castillo de Teayo ninguna muestra fue positiva. El hecho de que esta variante se encuentre en siete de los ocho municipios estudiados, explica la muerte de árboles observada en el norte de Veracruz y pone en riesgo la citricultura debido a que el principal portainjerto es naranja agrio como ocurrió en Argentina (1930), Brasil (1937). Las epidemias relacionadas con CTV han ocurrido en diferentes épocas en: Ghana (1938), California USA (1939), Florida USA (1951), España (1957), Israel (1970) y en Venezuela (1980), países que tenían al naranja agrio como principal portainjerto (Bar-Joseph *et al.*, 1989; Garnsey *et al.*, 2000; Timmer *et al.*, 2000; Gottwald *et al.*, 2002; Davino *et al.*, 2003). La razón por la cual señalamos lo anterior, es que en campo los síntomas mostrados por las plantas muertas coinciden los reportados en la literatura por Bar-Joseph y Dawson, (2008); Moreno *et al.*, (2008), frutos pequeños adheridos a la planta, defoliación y muerte rápida.

Considerando que, en Veracruz el Principal portainjerto es naranja agrio, la citricultura se encuentra en riesgo inminente por la existencia de la enfermedad en campo (aislados severos tipo VT), la presencia del vector, la producción de plantas



en viveros no certificados, muestran la falta de prevención y capacitación de los diversos actores de la cadena productiva de cítricos en México.



**Figura 2. Porcentaje de aislados tipo VT en los ocho municipios muestreados.**

Los resultados obtenidos preocupan debido a que la enfermedad avanza muy rápidamente, además Veracruz no es el único estado productor afectado, en Nuevo León, Colima, Baja California y Tamaulipas se han detectado aislados severos (Herrera-Isidró et al., 2009; Loeza-Kuk et al., 2005). Por lo anterior, podemos decir que a pesar de contar con las normas NOM-031-FITO-2000 y NOM-079-FITO-2002 la enfermedad sigue dispersándose, adicionándole que en la citricultura mexicana predomina el portainjerto naranjo agrio (*C. aurantium*) que lo hace aún más vulnerable a CTV (Silva-Vara et al., 2001). Ante la falta de capacitación y conocimiento por parte de los productores, técnicos, viveristas y demás de no saber cómo enfrentarse a tal situación que actualmente se está presentando en el estado de Veracruz. La muerte de árboles va en aumento, resaltando que la mayoría de las plantaciones tienen como portainjerto al naranjo agrio.

Es importante recalcar que 32.25% de las muestras no correspondieron a ninguno de los aislados para los cuales se analizaron, lo que nos sugiere que podrían ser más atenuadas que T30 o bien más agresivas que VT. Por lo que es necesario continuar con los estudios y definir los tipos de aislados que se tienen en la región.

La enfermedad continúa propagándose a nuevas áreas, principalmente a través del movimiento de plantas infectadas o la propagación vegetativa con material infectado, seguida por la propagación local adicional por varias especies de



pulgones (Hilf *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2008; Matos *et al.*, 2013). Se han documentado múltiples ejemplos de introducción inadvertida de aislados severos de CTV en muchos países productores de cítricos debido al movimiento internacional de variedades de cítricos a pesar de las prácticas establecidas de cuarentena (Moreno *et al.*, 2008). Una vez introducidos, los nuevos aislados (severos) pueden dispersarse fácilmente dentro de una región a través de la transmisión natural del virus por sus vectores. El potencial de futuras pérdidas de cítricos por CTV es mucho mayor de lo que se ha visto hasta la fecha. Por lo tanto, el desarrollo de medios para proteger las plantaciones de cítricos contra aislamientos agresivos para la supresión del virus puede ser la pre inmunización que consiste en utilizar los aislamientos atenuados o débiles de la región, se ha considerado como una alternativa para el control de enfermedades virales en plantas. De acuerdo con Muller y Costa (1987), en Brasil, Sudáfrica, Australia y Japón la preinmunización ha sido la mejor manera de controlar *Citrus tristeza virus* (CTV). La protección cruzada con aislados atenuados es el enfoque más exitoso para reducir el efecto de la enfermedad cuando es endémica y es una medida que se debe implementar en México ante la inminente epidemia como una estrategia que debe desarrollarse en el país como alternativa.

## Literatura citada

- Ayllón M. A., Rubio L., Sentandreu V., Moya A., Guerri J., y Moreno P. 2006. Variations in two gene sequences of Citrus tristeza virus after host passage. *Virus Genes*, 32(2), 119-128. doi: 10.1007/s11262-005-6866-4
- Almeyda-León I. H., Iracheta-Cárdenas M. M. Jasso-Argumedo J. J., Curti-Díaz S. A., Ruíz-Beltrán P. y Rocha-Peña M. A. 2002. Reexamination of citrus viroids of Tahiti lime in Mexico. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20: 152-160.
- Almeyda-León I. H., Iracheta-Cárdenas M. M., Orona-Castro F., Kahlke C. J. y Rocha-Peña M. A. 2003. Extracción simple de ácidos nucleicos para la detección de viroides de cítricos mediante RT-PCR. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21: 365-370.



- Almeyda L.I.H., Rocha P.M.A., Iracheta C.M.M., Orona C.F. y Kahlke C.J. 2007. Método Simple para la Detección Múltiple de Viroides de Cítricos. *Agrociencia* 41: 87–93.
- Bar-Joseph M. y Dawson W.O. 2008. Citrus tristeza virus. In: Mahy BWJ and Van Regenmortel MHV (eds.). *Encyclopedia of Virology*. Elsevier Ltd., Amsterdam. pp. 520–525.
- Bar-Joseph M. 1978. Cross protection incompleteness: a possible cause for natural spread of citrus tristeza virus after a prolonged lag period in Israel. *Phytopathology*, 68: 1110-1111.
- Bar-Joseph M., Marcus R. y Lee R. F. 1989. The continuous challenge of citrus tristeza virus control!. *Annu. Rev. Phytopatho.* 27: 291-316.
- Benítez-Galeano M.J., Rubio L., Bertalmío A., Maeso D., Rivas F. y Colina R. 2015. Phylogenetic studies of the three RNA silencing suppressor genes of South American CTV isolates reveal the circulation of a novel genetic lineage. *Virus* 7:4152–4168
- Besoain X., Bertolini E., Camps R., Ramella F., Gorris M. T., Torres M., y Cambra M. 2015. Aggressive Citrus tristeza virus isolates in Chile are MCA13-positive and VT type, while mild isolates are MCA13-negative and T30 type. *crop protection Cien. Inv. Agr.* 42(2):251-262. 2015 DOI: 10.4067/S0718-162020150002000011
- Cohen M. y Knorr L.C. 1953. Present status of tristeza in Florida. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 66, 20–22.
- Davino S., Davino M., Sambade A., Guardo M. y Caruso A. 2003. The First Citrus tristeza virus outbreak found in a relevant citrus producing area of Sicily, Italy. *Plant Dis.* 87:314.
- Garnsey S. M., Gottwald T. R., Hilf M. E., Matos L., y Borbón J. C. 2000. Emergence and spread of severe strains of Citrus tristeza virus in the Dominican Republic. Pages 57-68 in: *Proc. 14th Conf. Int. Org. Citrus Virol.* J. V. da Graça, R. F. Lee, and R. K. Yokomi, eds. International Organization of Citrus Virologists, University of California, Riverside.





- Góngora-Canul C., Mora-Aguilera G., Ruiz-García N., Rivas-Valencia P., Loeza-Kuk E., Ochoa-Martínez D. L., y Álvarez-Ramos R. 2005. Epidemiology of Citrus tristeza virus in Mexico: Spatial Patterns, and Sampling. In: Hilf, M. E., Duran-Vila, A., & Rocha- Peña, M. A. (Eds.), *Proceedings of the sixteenth conference of the International Organization of Citrus Virologists* (pp. 495). Riverside, CA, USA: International Organization of Citrus Virologists and University of California. Retrieved from <http://iocv.org/proceedings/sixteen/i-xx%20IOCV%2016.pdf>
- Gottwald T.R, Polek M. y Riley K.M. 2002. History, present incidence, and spatial distribution of *Citrus tristeza virus* in the California Central Valley. Pages. 83-94 in: Proc. 15<sup>th</sup> Conf. Int. Org. Citrus Virol. N. Duran-Villa, R. G. Milne, and J.V. da Graca, eds. IOCV, University of California, Riverside.
- Grant T.J.1952. Evidence of tristeza, or quick decline, virus in Florida. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 65, 28–31.
- Halbert S. E., Genc H., Cevik B., Brown L. G., Rosales I. M., Manjunath K. L. y Niblett C. L. 2004. Distribution and characterization of Citrus tristeza virus in south Florida following establishment of *Toxoptera citricida*. *Plant Disease*, 88(9), 935-941. doi: 10.1094/ PDIS.2004.88.9.935
- Herrera Isidrón L., Ochoa-Sánchez J.C., Rivera-Bustamante R. y Martínez-Soriano J.P. 2009. Sequence diversity on four ORFs of citrus tristeza virus correlates with pathogenicity. *Virology Journal*, 6, 116.
- Herron C.M., Mirkov T.E., da Grac J.V. and Lee R.F. 2006 Citrus tristeza virustransmission by the *Toxoptera citricida* vector: In vitro acquisition and transmission and infectivity immunoneutralization experiments. *Journal of Virological Methods* 134, 205–211. doi:10.1016/j.jviromet.2006.01.006
- Hilf M.E., Mavrodieva V.A. y Garnsey S.M. 2005. Genetic marker analysis of a global collection of isolates of Citrus tristeza virus: characterization and distribution of CTV genotypes and association with symptoms. *Phytopathology* 95:909–917
- Iracheta M. M., Orona C. F., Almeyda L. I. H. y Rocha P. M. A. 2004. "Ocurrencia y Distribución de Psorosis de Los Cítricos En El Estado de Nuevo León, México."
- Knorr L. C. y Du Charme E. P. 1951. This is tristeza-Ravager of Argentina's citrus industry. *Citrus Mag.* 13: 17-19.



- Knorr L. G., Malagutii G. y Serpa D. D. 1960. Descubrimiento de la tristeza de los cítricos en Venezuela. *Agron. Trop.* X: 3-12. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 299–307
- Lee R.F., Barber W., Brown L.G., Kesinger M., Garnsey S.M. y Schirard B. 1997. Is Meyer lemon a threat to citrus. *Citrus Ind.* 78, 46–50.
- Lee F.L. y Keremane L. 2013. Mild strain cross protection of tristeza: a review of research to protect against decline on sour orange in Florida. *Front. Microbiol.* 4, 259.
- Lee R.F. y Rocha-Peña M.A. 1992. "Citrustristeza virus," in *Plant Diseases of International Importance*, Vol. III, eds A.N. Mukhopadhyay, H. S. Chaube, J. Kumar and U.S. Singh (New Jersey: Prentice Hall), 226–249.
- Loeza-Kuk E., Palacios-Torres E. C., Ochoa-Martínez D. L., Mora-Aguilera G., Gutiérrez-Espinosa M. A., Febres V. J., Moore G. A. y Alvarez-Ramos R. 2005. Molecular characterization of some isolates of Citrus Tristeza Closterovirus from Veracruz and Tamaulipas. In: Hilf, M. E., Duran-Vila, A., & Rocha-Peña, M. A. (Eds.), *Proceedings sixteenth IOCV Conference* (pp. 407- 411). Riverside, CA, USA: International Organization of Citrus Virologists and University of California. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/267417106\\_Molecular\\_Characterization\\_of\\_Citrus\\_tristeza\\_virus\\_Isolates\\_from\\_Veracruz\\_and\\_Tamaulipas\\_States\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/267417106_Molecular_Characterization_of_Citrus_tristeza_virus_Isolates_from_Veracruz_and_Tamaulipas_States_Mexico).
- López-Arroyo J.I., Loera-Gallardo J., Rocha-Peña M.A., Canales R., Hernández I., Reyes M.A., Berlanga A., y Miranda M.A. 2008. Pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* (Hemíptera: Aphididae), pp. 279-292. In: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (eds.), *Casos de control biológico en México*. Mundi-Prensa. México, D.F.
- Loeza-Kuk E., Ochoa-Martínez D., Mora-Aguilera G., Rivas-Valencia P., Gutiérrez-Espinosa A., Cintra de Jesús Junior W., Villegas-Monter A., y Arno-Wulff N. 2008. Acquisition of CSDAV and haplotypes of citrus tristeza virus by *Toxoptera citricida* and *Aphis spiraecola* and the implication on citrus sudden death. *Agrociencia* 42, 669-678.



- Matos L. A., Hilf M. E., Cayetano X. A., Feliz A. O., Harper S. J. y Folimonova S. Y. 2013. Dramatic change in Citrus tristeza virus populations in the Dominican Republic. *Plant Disease*, 97(3), 339-345. doi: 10.1094/ PDIS-05-12-0421-RE
- Mendoza A., Salazar C., Alvarado O., Cruz M.A. y Becerra H. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislamientos del virus tristeszas de los cítricos en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 223-230.
- Mendt 1992. History of CTV in Venezuela. In: "Proc. of a Workshop on Citrus Tristeza Virus and *Toxoptera citricidus* in Central America Development of Management Strategies and use of Biotechnology for Control" (Lastra, R., Lee, R. F., Rocha-Peña, M., Niblett, C., Ochoa, F., Garnsey, S.M., and Yokomi, R.K.) Maracay, Venezuela, 137-142.
- Mendt R., Plaza G., Boscan R., Martinez J. y Lastra R. 1984. Spread of citrus tristeza virus and tolerant rootstocks in Venezuela, pp. 95--99. In S. M. Garnsey, L. W. Timmer & J. A. Dodds [eds.], *Proceedings, Ninth Conference of the International Organization of Citrus Virologists, IOCV*. Riverside, CA.
- Michaud J. P. y Álvarez R. R. 2000. First collection of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) in Quintana Roo, Mexico. *Florida Entomologist*, 83(3), 357- 358. doi: 10.1046/j.1365-2311.2000.00257.x
- Moreno P., Ambrós S., Albiach-Martí M.R., Guerri J. y Peña L. 2008. Citrus tristeza virus: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Molecular Plant Pathology* 9, 251–68.
- Müller G.W. y Rezende J.A.M. 2004. Preimmunization: applications and perspectives in Virus Disease Control. p. 361–395. In: Naqvi, S.A.M.H., ed. *Diseases of fruits and vegetable-diagnosis and management* 1. Kluwer, Amsterdam, Netherlands.
- Müller G.W. y Costa A.S. 1987. Search for outstanding plants in tristeza infected citrus orchards: the best approach to control the disease by preimmunization. *Phytophylactica*, 19:197-198
- Powell C. A. y Lin Y. 2005. Separation of Citrus tristeza virus isolates in mixed infections through transfer by single brown citrus aphids. *Hortscience*. 40:694-696



- Rivas V.P., Loeza K.E., Mora A.G., Febres V., Ochoa M.D., Gutiérrez E.M.A., Cintra de Jesus J.W., Correira M.C. y Arno W.N. 2008. Estructura poblacional de aislamientos del Citrus tristeza virus y su asociación con la muerte súbita de los Cítricos en Brasil. *Agrociencia* 42: 85–93.
- Rivas V.P., Loeza K.E., Mora A.G., Ruiz G.N., Ochoa M.D., Gutiérrez E.A. y Febres V. 2010. Análisis espacio-temporal de aislamientos del Citrus tristeza virus de Yucatán y Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 493-507.
- Rivas-Valencia P., Loeza-Kuk E., Domínguez-Monge S. y Lomas-Barrie C.T. 2017. Chronic infection of the Citrus tristeza virus in Citrus sinensis/C. aurantium trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(3), 187-202. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.028>
- Rizza S., Nobile G., Tessitori M., Catara A. y Conte E. 2009. Real time RT-PCR assay for quantitative detection of Citrus Viroid III in plant tissues. *Plant Pathology* 58: 181–185. doi:10.1111/j.1365-3059.2008.01941.x
- Roistacher C.N. 1999. A report on a technical visit and consultancy to Jamaica. May 16 –21.FAO, Rome.
- Rocha-Peña M. A., Lee R. F., Lastra R., Niblett C. L., Ochoa-Corona F. M. y Garnsey S. M. 1995. Citrus tristeza virus and its aphid vector *Toxoptera citricida*. *Plant Disease*, 79, 437–445.
- Rocha-Peña M. A., Lee R. F., Lastra R., y Niblett C.L. 1992. Effect of mild isolates of Citrus tristeza virus on the development of tristeza decline. *Subtrop. Plant. Sci.* 45, 11–17.
- Roy A., Ananthakrishnan G., Hartung J.S. y Brlansky R.H., 2010. Development and application of a multiplex reverse-transcription polymerase chain reaction assay for screening a global collection of Citrus tristeza virus isolates. *Phytopathology* 100, 1077–88.
- Rubio L., Ayllón M. A., Kong P., Fernández A., Polek M. L., Guerri J., Moreno P., y Falk B. W. 2001. Genetic variation of Citrus tristeza virus isolates from California and Spain: evidence for mixed infections and recombination. *Journal of Virology*, 75(17), 8054- 8062. doi: 10.1128/JVI.75.17.8054-8062.2001





- Ruiz-García N., Mora-Aguilera G., Rivas-Valencia P., Góngora-Canul C., Loeza-Kuk E., Ochoa-Martínez D., Ramírez-Valverde G., Gutiérrez-Espinosa M. A., y Álvarez-Ramos R. 2009. Sensibilidad de inmunopresión-ELISA y DAS-ELISA en el diagnóstico del virus tristeza de cítricos en Tamaulipas, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), 41-47. doi: [dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.006](https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.006)
- Segura C. B. 1952. La "tristeza" de los cítricos en el Perú. Informe n° 77. Centro Nacional de Investigación Y Experimentación Agrícola La Molina, Lima-Perú, 14.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) 2014. *Campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos (Leprosis)*.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2017 URL: <http://www.siap.gob.mx/>
- Silva-Vara S., Peña-del Río M. A., Peña-Martínez R., Villegas- Jiménez N., Byerly-Murphy K. F., y Rocha-Peña M. A. 2001. Distribución del virus de la tristeza en tres plantaciones comerciales de cítricos del estado de Nuevo León, México. *Agrociencia*, 35, 441-450.
- Timmer L. W., Garnsey S. M. y Graham J. H. 2000. *Compendium of Citrus Diseases*. APS Press, St Paul, MN
- Yokomi R. K., Lastra R., Stoetzel M. R., Damsteegt V. D., Lee R. F., Garnsey S. M., Gottwald T. R., Rocha- Peña M. A. y Niblett C. L. 1994. Establishment of the brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) in Central America and the Caribbean basin and transmission of Citrus tristeza virus. *Journal of Economic Entomology*, 87(4), 1078-1085. doi: 10.1093/jee/87.4.1078
- Weng Z., Barthelson R., Gowda S., Hilf M. E., Dawson W. O., Galbraith D. W. y Xiong Z. 2007. Persistent infection and promiscuous recombination of multiples genotypes of an RNA virus within a single host generate extensive diversity. *Plos One*, 2(9), e917. doi: 10.1371/journal.pone.0000917



## VALIDACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE CIANTRANILIPROL EN EL CONTROL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (Hemiptera: Liviidae) Y OTRAS PLAGAS EN LIMÓN PERSA

A. Morales Rodríguez<sup>423</sup> y Ulises Díaz Zorrilla<sup>424</sup>

### Resumen

Se evaluó la efectividad de Ciantraniliprol Zycypyr (Benevia), sobre *Diaphorina citri* y minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidóptera: Gracillariidae), a dosis de 300 mL/ha. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y ocho repeticiones, y un análisis estadístico completamente al azar con comparación de medias Tukey (0.05%). Se muestrearon árboles de los que se tomaron cuatro brotes tiernos por árboles tratados por Ciantraniliprol y/o para testigo absoluto, considerando en cada uno ausencia y/o presencia del insecto. Se contó el número de brotes por 0.5 m<sup>2</sup> del árbol, para obtener total de brotes, sanos y dañados por *D. citri* o por Minador. Se calculó el porcentaje de infestación de adultos y ninfas mediante la fórmula de Abbott, obteniéndose diferencias significativas en los tratamientos evaluados, con población mayor para el testigo absoluto, que para arboles tratados con el Ciantraniliprol a los 33 días de la aplicación; su efectividad quedó demostrada con un 89.51% sobre de derribe de adultos, y 77.49 % para ninfas, y efecto en brotes tiernos dañados de 12.12%, y 87.87% de brotes sanos. Con relación a minador, se encontró que los arboles tratados con Ciantraniliprol presentaron 4.76% de brotes dañados contra el 95.23% de brotes sanos. Al momento de la evaluación se encontraron poblaciones de piojo harinoso *Planacoccus citri*, donde observó un efecto del Ciantraniliprol sobre sus poblaciones, sin embargo, no se midió su efectividad. Además, no se observó daño directo sobre fauna benéfica de la familia chrysopidae, coccinélidae y Araneae.

<sup>423</sup> FMC agroquímica de México S. de R.L. de C.V.

<sup>424</sup> Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver., INIFAP



**Palabras clave:** Benevia, Zycacpyr, *Diaphorina citri*, *Phyllocnistis citrella*, brotes

## Introducción

En la región de Martínez de la Torre, Veracruz, el cultivo de los cítricos se ve afectado por la *D. citri*. Actualmente la plaga está presente en un 100% en los huertos, dañando a los brotes tiernos y es el vector de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB), presente en 24 de los estados productores de cítricos del país. López-Collado *et al.*, (2013) determinaron que las regiones con mayor abundancia poblacional de *D. citri* son los estados del Golfo de México, Península de Yucatán y áreas costeras del Pacífico. La distribución geográfica de las plagas introducidas, es un componente importante para el análisis de riesgos y la toma de decisiones sobre los métodos de control. Diversos métodos de control se han empleado en las zonas citrícolas del mundo para enfrentar a *D. citri* y HLB, estos han incluido métodos legales, la destrucción de la fuente inóculo, plantaciones nuevas libres de HLB, y control de las poblaciones de *D. citri* mediante diversos métodos incluyendo el químico. De acuerdo con Jawwad *et al.*, (2014), el manejo *D. citri* es una acción indispensable para reducir la dispersión de HLB; los mismos autores mencionan que es importante conocer la eficacia de los insecticidas sobre esta plaga. Se han evaluado diversos insecticidas químicos y algunos aceites derivados del petróleo para en el control de *D. citri* con resultados alentadores, y el más utilizado ha sido el Imidacloprid (Hernández-Fuentes *et al.*, 2012), aunque tiene restricciones o prohibiciones en algunos países de destino de limón persa, además de que afecta a la fauna benéfica. Existen en el mercado nuevas moléculas que ofrecen alternativas pues presentan características deseables, como tolerancia aceptable en países de destino, intervalos de seguridad de un día, respeto a la fauna benéfica y baja toxicidad a mamíferos. De acuerdo al IRAC (2019) el Ciantraniliprol: Cyazapyr (Benevia) pertenece al grupo 28, con modo de acción de los moduladores del receptor de la rianodina, que presenta un espectro de control cruzado (en insectos chupadores, larvas y minadores), y posee acción sistémica y translaminar,



y tiene un rápido efecto anti alimentario, traduciéndose en la reducción del daño directo a brotes vegetativos y florales, que impediría la transmisión de enfermedades como HLB. El-Desouky *et al.*, (2015) realizó pruebas de transmisión de *Candidatus liberibacter* con *D. citri*, y las tasas de transmisión por inoculación en las hojas tratadas con Ciantraniliprol se redujeron, probablemente como resultado de una alimentación reducida de *D. citri*. De acuerdo a Jawwad *et al.*, (2014) el Ciantraniliprol se puede rotar con insecticidas Neonicotinoídes sin causar resistencia cruzada. El objetivo de este estudio fue validar la efectividad biológica del Ciantraniliprol sobre *D. citri* en el cultivo de limón persa y observar su efecto sobre otras plagas y fauna benéfica, en Martínez de la Torre Ver.

## Materiales y métodos

La parcela de validación se estableció en el rancho el cortijo en Tlapacoyan Ver, en limón Persa de tres años de edad, con un arreglo topológico de plantación de 3.5 m entre árboles y 7.0 m entre calles, con una densidad total de 408 plantas por ha. El Ciantraniliprol se aplicó el 4 de abril de 2019, con una Turbina Jacto Arbus de 2000 de L con 12 Boquillas, a una presión de 200 Lb acorde al manómetro de la turbina, adaptada a la toma de fuerza de un tractor manejado a cuarta baja y 2000 rpm, aplicando un volumen de 500 L/ha de agua. El de agua utilizada al momento de la aplicación tenía un pH de 7.0, calidad idónea para aplicar el insecticida.

## Método de muestreo

Se muestrearon al azar 13 árboles por área (1 ha), y se tomaron cuatro brotes tiernos por árboles tratados por Benevia y/o para testigo absoluto, considerando en cada uno ausencia y/o presencia del insecto. Se contó número de brotes por 0.5 m<sup>2</sup> del árbol para contar brotes totales, sanos y dañados ya sea por *D. citri* o por minador. Se calculo el porcentaje de infestación de adultos y ninfas mediante la fórmula de Abbott.

$$\% \text{ Eficacia} = (IT-it) * 100$$





IT

Donde:

IT= infestación en el testigo absoluto.

It= infestación en el tratamiento.

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (Cuadro 1) y ocho repeticiones, con un total de 16 árboles. Las variables registradas se sometieron a un análisis de varianza para determinar si al menos un tratamiento fue diferente (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ). Posteriormente los datos se sometieron a una prueba de comparación múltiple de medias donde se determinó la efectividad biológica de Ciantraniliprol con respecto al testigo absoluto (Tukey,  $\alpha = 0.05\%$ ). El tamaño mínimo de la parcela útil para cada tratamiento fue de un árbol de limón Persa con cuatro brotes etiquetados.

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la prueba de efectividad de Ciantraniliprol (Benevia).**

Tratamiento	Insecticida	Dosis/ha
T1	Ciantraniliprol /Benevia)	300 mL
T0	Testigo sin control	-

### Variabes de respuesta

El muestreo de *D. citri* fue visual en brotes recién emergidos, donde se determinó presencia o ausencia de ninfas y adultos de *D. citri* en cuatro brotes por árbol de cada tratamiento y repetición. Los datos concuerdan con los reportados por Santos *et al.*, (2009) en un total de 13 árboles etiquetados, donde se observó presencia o ausencia de los adultos, de forma cuidadosa sin tocar los brotes, para posteriormente verificar la presencia de ninfas.



## Resultados y discusión

La abundancia de adultos y ninfas de *Diaphorina citri* en árboles de limón persa tratados con Ciantraniliprol, presentó diferencia estadística con respecto al testigo absoluto en observación directa en brotes. Se mostró un porcentaje mayor de brotes con presencia de adultos (30.6) y ninfas (61.8) en el testigo absoluto, con respecto a los observados en brotes tratados con el Ciantraniliprole, donde hubo 3.31 y 23.9 adultos y ninfas respectivamente, (Cuadro 2, Figura 1).

La Figura 1 muestra que durante 33 días se observa una población mayor de ninfas y adultos en el testigo, con respecto al ciantraniliprole, lo anterior se corrobora ya que la eficacia en los árboles tratados con este insecticida, fue de 77.49% ninfas y 89.51% adultos por brote respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los reportados por Tiwari y Stelinski (2012), que determinaron que el Ciantraniliprol controló en 96.79% adultos y 86.08% ninfas.

### Cuadro 2. Efecto de Ciantraniliprol (Benevia) aplicado al follaje en el comportamiento de *Diaphorina citri* en brotes de limón Persa.

Tratamiento	<i>Diaphorina citri</i> /brote(%)	
	Adulto	Ninfa
1. Ciantraniliprole /Benevia)	3.21 a	13.9 a
2. Testigo sin control	30.6 b	61.8 b
C.V	19.5	30.7

z Valores con la misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

### Cuadro 3. Eficacia de Ciantraniliprol a dosis de 300 mL/ha aplicado al follaje en el comportamiento de *Diaphorina citri* en brotes de limón Persa.

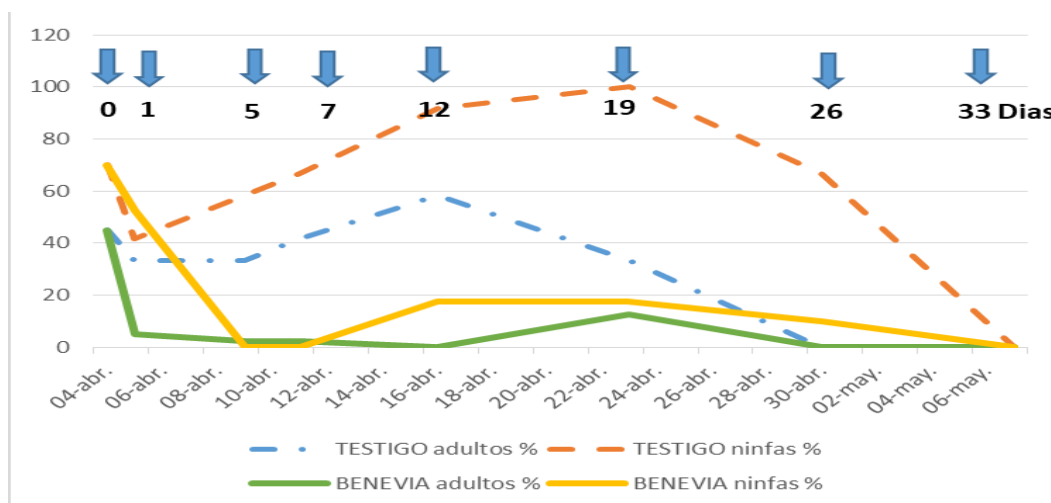
Tratamientos (Dosis/árbol)	<i>Diaphorina citri</i> /brote	
	Adultos	Ninfas
Ciantraniliprol Benevia	3.21	13.92
Testigo	30.6	61.83
% eficacia	89.51	77.49

Eficacia: acorde a Abbott.

Del total de brotes registrados en los árboles de este estudio, se observó para *D. citri* un 87.87% de brotes sanos tratados con Ciantraniliprol y 21.43% en el testigo, en



contraste, el testigo registro 78.59% de brotes dañados y el Ciantraniliprol 12.12% (Cuadro 4 y Figura 2).



**Figura 1. Presencia o ausencia *Diaphorina citri* en brotes de limón Persa donde se aplicó Ciantraniliprol 300 mL/ha.**

**Cuadro 4. Eficacia de Ciantraniliprol a 300 mL/ha en el comportamiento de *Diaphorina citri* y *Phyllocnistis citrella* en brotes y/o hojas de limón Persa.**

Plagas	Tratamientos			
	Testigo		Ciantraniliprol Benevia	
	Sanos	Dañados	Sanos	Dañados
Diaphorina brotes (%)	21.43	78.59	87.87	12.12
<i>Phyllocnistis citrella</i> hojas (%)	29.79	70.24	95.23	4.76

Del total de hojas por brote registrados en los árboles de este estudio, se observó para *Phyllocnistis citrella* un 95.23% de hojas sanas tratadas con Ciantraniliprol y 29.79% en el testigo, en contraste, el testigo registro 70.24% de hojas dañadas por brote y con Ciantraniliprol 4.76% (Cuadro 4 y Figura 2). Este resultado coincide con lo mencionado por Tiwari y Stelinski (2012) quienes afirman que Ciantraniliprol mantuvo control sobre minador de la hoja de los cítricos con relación el manejo tradicional.





(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 2. Efecto de Ciantraniliprol Benevia en Brotes sanos (a y c) y dañados (b y d) por *D. citri* y minador.**

Además de controlar a *D. citri*, el producto también manifestó efecto en poblaciones de piojo harinoso y pulgón, aunque su derribe es muy lento (Figura 3).

Otro resultado observado fue que Ciantraniliprol aparentemente no afectó a enemigos naturales (crisopas, catarinas y arañas) (Figura 4). Tiwari y Stelinski (2012) observaron que Ciantraniliprol no afectó al parasitoide *Tamarixia radiata*, lo cual no ocurre con otros insecticidas de amplio espectro como los organofosforados y los piretroides.



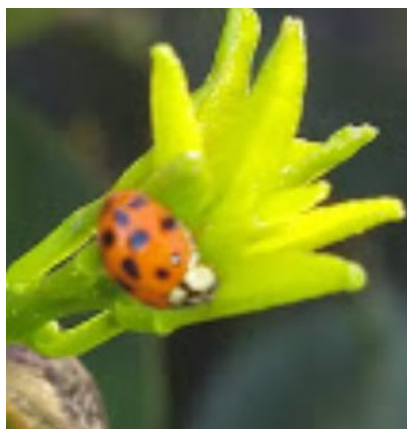


(a)



(b)

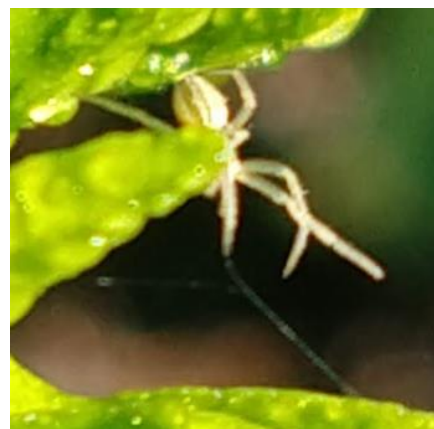
**Figura 3. Efecto de Ciantraniliprol en el derribe de piojo harinoso (a) y pulgones (b) en brotes y frutos de limón Persa.**



(a)



(b)



(c)

**Figura 4. presencia de fauna benéfica como catarinas (a), crisopas (b) y arañas (c) en brotes de limón Persa tratados con Ciantraniliprol.**

El Ciantraniliprol es una alternativa para control de *D. citri*, y otras plagas de limón Persa en rotación con otros insecticidas para reducir la resistencia, además de tener poco impacto en depredadores y parasitoides.



## Conclusiones

Ciantraniliprol Benevia es eficaz para el control de *D. citri* y otras plagas como el minador, además de no causar efectos negativos a catarinas, crisopas y arañas.

## Literatura citada

- El-Desouky A., D. G. Hall and M. Alvarez J. 2015. Effect of Cyantraniliprole, a novel Insecticide, on the inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with citrus Huanglongbing by the asian citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Economic Entomology* 108(2):399-404. [doi.org/10.1093/jee/tov0160934](https://doi.org/10.1093/jee/tov0160934).
- Hernández-Fuentes L. M., M. A. Urias-López, J. I. López-Arroyo, R. Gómez-Jaimes y N. Bautista-Martínez. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. *REMEXCA* 3(3):2007-0934.
- IRAC. 2019. Folleto de clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. Folleto de MdA, enero 2019 - Basado en la clasificación de MdA de IRAC Internacional versión v 9.1. [www.irac-online.org/countries/spain/](http://www.irac-online.org/countries/spain/).
- Jawwad A., J. A. Qureshi, B. C. Kostyk and P. A. Stansly. 2014. Insecticidal Suppression of Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) Vector of Huanglongbing Pathogens. *PLoS ONE* 9(12):e112331. [doi:10.1371/journal.pone.0112331](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112331)
- López-Collado J., J. I. López-Arroyo, P. L. Robles-García y M. Márquez-Santos. 2013. Geographic distribution of habitat, development, and population growth rates of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in Mexico. *Journal of Insect Science* 13(1):114. [doi.org/10.1673/031.013.11401](https://doi.org/10.1673/031.013.11401)



- Santos F. H. P., C. L. Azevedo L., A. do Nascimento S. y J. E. Borges de C. 2009. Manual práctico para o monitoramento e controle das pragas da lima ácida Tahiti. Editorial Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical- Documentos (INFOTECA-E). 37 p.  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783155>  
[Consultado el 27 de octubre de 2019].
- Tiwari S, L. L. Stelinski. 2012. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions. *Pest Management Science* 69(9):1066-1072.



## EVALUACIÓN DE ASPERSIONES LOCALIZADAS DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE *Diaphorina citri* EN ÁRBOLES JÓVENES DE NARANJO

Santos Díaz Martínez<sup>425</sup>, y J. Isabel López Arroyo<sup>426\*</sup>

### Resumen

La evaluación de aspersiones localizadas o puntuales de insecticidas para controlar *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*), el psílido asiático de los cítricos (PAC), vector del patógeno asociado al Huanglongbing (HLB), busca dar alternativas a los citricultores mexicanos para integrar una estrategia de control químico que permita intervenir frecuentemente para reducir poblaciones del vector, similar al modelo brasileño de alta frecuencia en el uso de plaguicidas y obtención de niveles mínimos poblacionales del PAC. Sin embargo, el objetivo para México es incrementar la frecuencia de intervención mediante el uso de aspersiones de agroquímicos para controlar el insecto, solamente en árboles infestados o durante los brotes poblacionales, sin cubrir la totalidad en el huerto. La meta es generar para el país, una estrategia de costo económico y ambiental mínimo. Los resultados obtenidos muestran que las estrategias de controlar al PAC en árboles de dos años de edad de naranjo 'Valencia', mediante la aspersión total de la parcela, o en forma localizada, no presentaron diferencias estadísticas en cuanto a la abundancia del insecto. Después de nueve aspersiones, el control del PAC en los focos de la plaga se realizó solamente en un promedio de 48% de los árboles de la parcela y se obtuvo una infestación promedio de 35%, valor también similar al registrado cuando la parcela se asperjó en su totalidad. Resultados similares se obtuvieron en el experimento con árboles de cinco años de edad, donde la abundancia del insecto fue un 50% menor con respecto a la registrada en los árboles del ensayo anterior; la infestación se presentó en un rango de 11-17% para los tratamientos con estrategia

<sup>425</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de Méx., México.

<sup>426</sup>INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental General Terán. Gral. Terán, N.L., México. \*[lopez.jose@inifap.gob.mx](mailto:lopez.jose@inifap.gob.mx)





de aplicación alternativa a la cobertura total, donde en éste la infestación fue de 14.6%; el testigo presentó un nivel de ataque del 14.4% y abundancia que no varió significativamente con respecto al uso de insecticidas en cobertura total, esto probablemente asociado a la actividad de enemigos naturales.

**Palabras clave:** Insecticidas, control localizado, psílido asiático de los cítricos, HLB

## Introducción

El Huanglongbing (HLB) es actualmente la amenaza fitosanitaria más importante para la actividad citrícola del mundo, debido principalmente a la complejidad del manejo tanto de la bacteria (*Candidatus Liberibacter* spp.) asociada a la enfermedad, como del vector, el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*) (da Graca, 1991; da Graca y Korsten, 2004; Bové, 2006). A pesar de los esfuerzos mundiales para desarrollar tecnologías que combatan el Huanglongbing, esta enfermedad aún continúa causando estragos en las regiones citrícolas y demanda gran cantidad de recursos para su control (Stansly *et al.*, 2013; Singerman y Burani-Arouca, 2017). En Brasil, el enfoque de control regional de *D. citri* implica la inversión de recursos considerables por la aplicación de insecticidas en áreas extensas en un tiempo relativamente corto para afectar poblaciones del vector significativamente y provocar una reducción epidémica (Bassanezi, 2012; Bassanezi *et al.*, 2013). Una estrategia similar con costos equiparables se ha aplicado en Florida, E.U.A., bajo la denominación de CHMAs (Áreas para el Manejo de la Sanidad de los Cítricos) (Stansly *et al.*, 2013); en concordancia con lo anterior, en México, se desarrollaron las Áreas Regionales de Control del Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs) (Mora-Aguilera *et al.*, 2016) para operar de manera coordinada en áreas extensas aplicando medidas de control que impacten significativamente poblaciones del vector y, principalmente, evitar su escape o migración a áreas vecinas fuera de manejo, que pudiesen convertirse en focos constantes de infestación o de inóculo (Flores-Sánchez *et al.*, 2017). El enfoque,



en los tres países, comparte la característica de asperjar insecticidas en forma extensiva e intensiva, dependiendo esto último, del perfil socioeconómico del productor, con un mayor uso de productos plaguicidas en Brasil, y menor en México. Si bien esto es deseable por cuestiones de conservación ambiental y equilibrio agroecológico, estrategias como aplicar plaguicidas en la periferia del huerto, o en árboles con infestaciones recurrentes, aplicadas con frecuencia, es posible que generen mayores beneficios al eliminar al vector del patógeno asociado al Huanglongbing y afectar en menor grado a los organismos benéficos que actúan contra *D. citri* y otras plagas de los cítricos, lo cual colocaría al manejo del vector en México, con una intensidad muy similar a la de Brasil, con el contraste de efectuarse bajo un enfoque de conservación de recursos ambientales y económicos. El presente estudio fundamentalmente busca controlar poblaciones del PAC mediante su eliminación o reducción constante y notoria con el uso de insecticidas. Por la disposición temporal agregada del insecto (Tsai *et al.*, 2000; Sétamou *et al.*, 2008; Monzo *et al.*, 2015), se evitará efectuar aspersiones totales del huerto, logrando con ello ahorro económico y minimizar los disturbios ecológicos. El objetivo de este estudio fue desarrollar alternativas de intervención para manejar el vector del Huanglongbing en la citricultura de México, que reduzcan sus poblaciones mediante la aplicación de insecticidas en forma estratégica, basada en la disposición espacial del insecto y el seguimiento de su dinámica poblacional.

## Materiales y Métodos

**Descripción del área de estudio.** Los experimentos se desarrollaron en el área de influencia del Campo Experimental General Terán, N.L., México, en dos huertas de productores cooperantes con árboles jóvenes de naranjo Valencia. Iniciaron después de la aspersión regional de insecticidas en mayo de 2018, la cual fue efectuada como parte de la campaña para controlar el psílido asiático de los cítricos en el área, dirigida para proteger la brotación existente en dicho mes. Las huertas están plantadas en densidades altas, con distancias de 6x2 m, regadas por gravedad



con agua extraída por bombas eléctricas. El estudio consistió de dos experimentos, con las características siguientes: Experimento 1. Huerta “La Florida”, con árboles de dos años de edad, y Experimento 2. Huerta “La Palma”, con árboles de cinco años de edad. En el área los suelos presentan alcalinidad y problemas por carbonatos.

**Tratamientos.** Las estrategias o tratamientos evaluados para controlar a *D. citri* en el primer experimento fueron los siguientes:

1. Testigo sin aplicación de insecticidas.
2. Aplicación de insecticidas foliares en cobertura total del huerto.
3. Aplicación de insecticidas sistémicos vía “drench” en cobertura total del huerto.
4. Aplicaciones de insecticidas foliares en líneas alternas de árboles.
5. Aplicaciones de insecticidas foliares en forma perimetral.
6. Aplicaciones de insecticidas foliares en focos de la plaga.

En el experimento dos se aplicaron los mismos tratamientos que en La Florida, con excepción del número seis, en el que los insecticidas se asperjaron en árboles alternos en todas las hileras de la unidad experimental. El manejo para controlar el resto de las plagas fue realizado por el productor cooperante que se limitó a controlar al ácaro arador de los cítricos, con aspersiones de azufre humectable en dosis de 12.5 kg/ha.

**Diseño experimental.** En ambos experimentos se usó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y con 12 hileras de 25-29 árboles como unidad experimental. Cada una de éstas estuvo separada de otra por al menos 12 hileras. El bloqueo inicial se efectuó tomando la fenología de la planta (incidencia de brotación) y abundancia del insecto. Debido a que las aspersiones o aplicaciones de los insecticidas requerían un mínimo de 72 horas para efectuarlas, siempre se realizaron por bloques, asegurando finalizar al menos un bloque/día. En las diferentes fechas de uso de los insecticidas, el orden de aplicación de los tratamientos fue aleatorizado, así como también los bloques a efectuar por día.



**Productos y métodos de aplicación.** Se usaron los insecticidas sugeridos para emplear en los ARCOs de la región, que incluyen solamente productos autorizados para su uso en cítricos (Cortez-Mondaca *et al.*, 2013). En las aspersiones foliares se aplicaron los insecticidas imidacloprid 30.5% CE en dosis de 300 mL/400 L de agua, o abamectina 1.8% CE en dosis de 600 mL + 2 L de aceite vegetal/400 L agua. La primera aplicación “drench” se realizó al inicio del estudio, después del registro de una precipitación de 4 pulgadas en el área. Se aplicó imidacloprid en la presentación de Confidor (Bayer) a dosis de 500 mL/ha, aplicándose 2 L por árbol con una aspersora motorizada Honda de parihuela, con la aspersion dirigida al suelo en el cuello del tallo del árbol. La segunda aplicación en “drench” se realizó 2.5 meses después de la primera; se utilizó el insecticida thiametoxam 25% WP en dosis de 2 g/árbol. La aplicación fue similar a la anterior, con la diferencia que después se aplicó riego por gravedad en lámina uniforme “pesada”. Una tercera aplicación “drench” se realizó en junio de 2019 nuevamente con Confidor. En el caso del tratamiento perimetral, en éste se cubrieron las dos hileras en ambos extremos laterales de la huerta y en los cinco primeros árboles de las líneas, tanto en la parte frontal como en la posterior de la parcela. En el caso de las aspersiones en hileras y árboles alternos, en la aspersion subsecuente se asperjaron los árboles que quedaron sin cubrirse en la aplicación previa, para en la siguiente repetir nuevamente el esquema con que se inició. En el caso del tratamiento de aspersion en focos, todos los árboles de la parcela experimental fueron revisados para determinar la presencia del PAC visualmente o mediante muestreo por golpeteo de ramas; todos los árboles infestados fueron marcados con hilo de rafia y posteriormente recibieron la aspersion del insecticida.

**Evaluación de los tratamientos.** Para la evaluación del efecto de los tratamientos se efectuaron en forma bisemanal muestreos para determinar la densidad poblacional del PAC, además de la infestación de la plaga en la brotación vegetativa de los árboles en las parcelas experimentales, lo cual fue realizado en 26 árboles seleccionados aleatoriamente, así como en cinco en la parte frontal sur de la parcela, distribuidos por el margen de la huerta; éstos últimos fueron seleccionados en





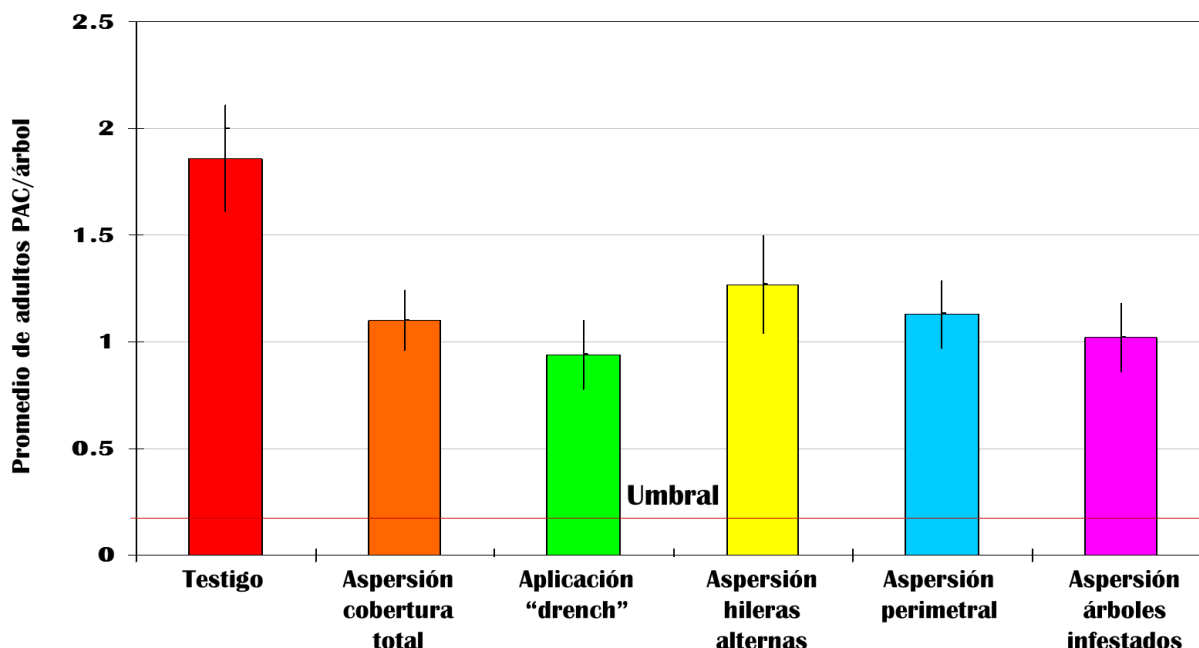
forma alternada, con un árbol de separación entre ellos. Se contabilizaron adultos de *D. citri* mediante muestreo por golpeteo de ramas. En cuatro de estos árboles también se colocaron trampas pegajosas para la captura de adultos de *D. citri* y enemigos naturales. Por el tamaño de las plantas, éstas fueron instaladas entre 1-1.5 m de altura con respecto al suelo, en el lado sur de la copa del árbol. Las trampas fueron de cartón plastificado, rectangulares de tamaño 15x22 cm de color amarillo. Todas las trampas fueron removidas dos semanas después de su instalación y fueron reemplazadas por nuevas. Los datos obtenidos a través de los diferentes métodos de muestreo fueron analizados para determinar estadísticas descriptivas y son presentados gráficamente con intervalos de confianza al 95% de probabilidad.

## Resultados y Discusión

### Experimento 1. Sitio La Florida, árboles de dos años de edad.

**Abundancia poblacional del PAC.** En árboles de dos años de edad se encontró que el control del psílido asiático de los cítricos mediante el uso de insecticidas en la totalidad de la parcela (aspersión total, tratamiento 2) o en aplicación vía “drench” (Tratamiento 3) presentaron una abundancia poblacional del PAC que no fue estadísticamente diferente a la registrada bajo las diversas estrategias de aplicaciones localizadas de insecticidas (hileras alternas, perimetral, o en focos de infestación) (Figura 1).

En ambos tratamientos, la densidad del PAC fue estadísticamente diferente a la existente en el tratamiento testigo, sin aspersiones de insecticidas (Figura 1).

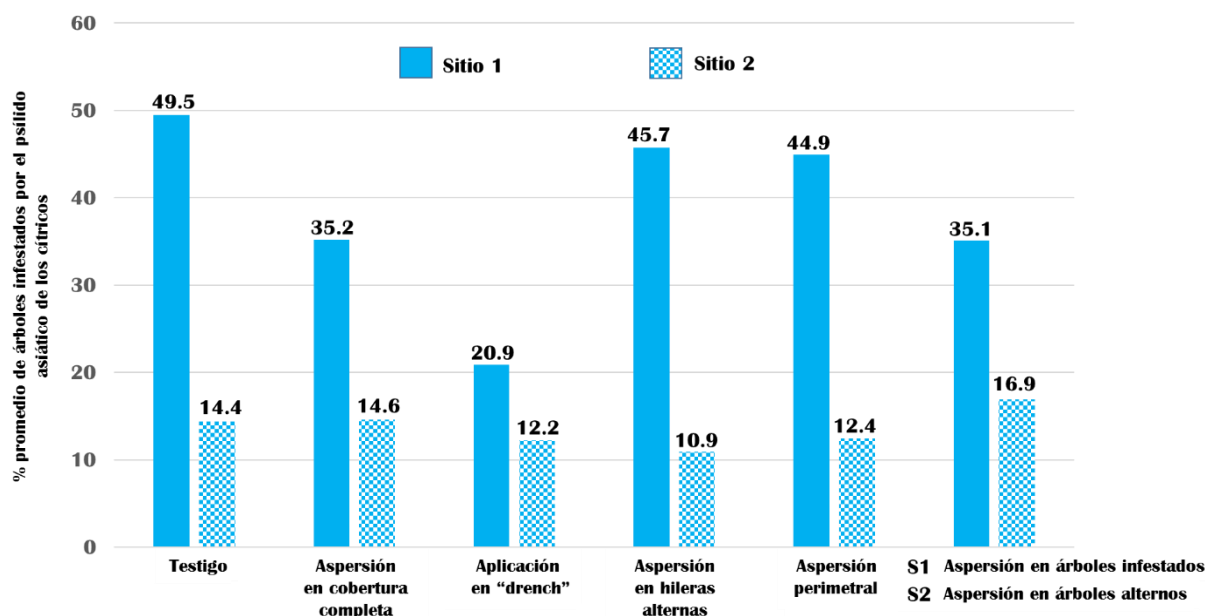


**Figura 1. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de *Diaphorina citri* en árboles de dos años de edad de naranjo Valencia, en un periodo de 14 meses en General Terán, N.L., México. Huerta La Florida. N = 26 árboles/parcela.**

**Infestación de los árboles.** En lo referente a la infestación de árboles, el testigo también mostró el porcentaje más alto, con un 50% de árboles infestados (Figura 2). El tratamiento de aspersión total presentó un porcentaje de infestación (35%) similar al tratamiento donde solamente se asperjó en los árboles afectados (Tratamiento 6, focos de la plaga) (Figura 2), donde durante 14 meses y después de nueve aspersiones de insecticidas, solamente se asperjó en un promedio de 48% de los árboles de la parcela. El control del PAC en focos de infestación (Tratamiento 6) durante el período de junio-agosto de 2019, inició con niveles que alcanzaron un promedio de 65.7% de árboles atacados y densidad promedio de 1.37 adultos/árbol (Figura 3). Después de realizar las aspersiones en los árboles afectados, el nivel de infestación que se alcanzó para realizar la nueva aplicación del insecticida varió de 24.2-44.8% (Figura 3), esto representó realizar la aspersión en solo 25-45% de los árboles de la parcela, lo que implicó un ahorro de 75-55% en insecticida y mano de obra. El rango de densidad promedio del PAC registrado fue de 0.36-0.67 adultos/árbol, una reducción de 2-3 veces con respecto a la densidad con que se



iniciaron las aspersiones (Figura 3).



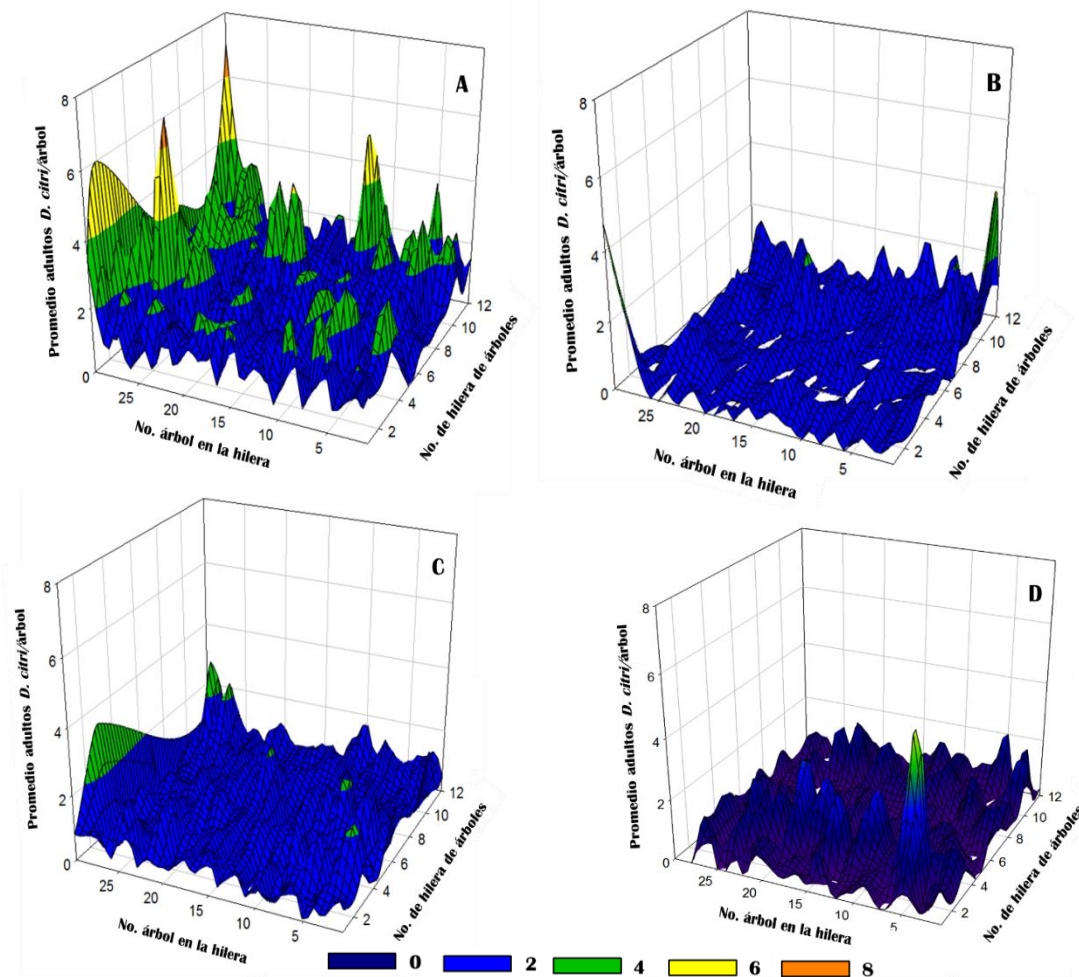
**Figura 2. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la infestación de *Diaphorina citri* en árboles jóvenes de naranjo Valencia, en un periodo de 14 meses en General Terán, N.L., Méx. Sitio 1: árboles de dos años de edad, huerta La Florida. Sitio 2: árboles de cinco años de edad, huerta La Palma. N= 26 árboles/parcela.**

La Figura 4A muestra una gráfica de contorno con la infestación inicial arriba indicada, donde se muestra la presencia abundante del PAC en la parcela con registros que alcanzaron más de 7 adultos del PAC/árbol., y lugares escasos donde se registraron valores de cero infestación; en la figura 4B se presenta la infestación promedio registrada después de efectuar tres aspersiones para cubrir los diferentes árboles afectados por el PAC; en esta parcela el promedio general de infestación fue de 48.3% y densidad promedio de 0.53 adultos/árbol. En esta figura es notoria la mayor presencia de árboles sin infestación y áreas con un máximo de 2 adultos/árbol.

### **Experimento 2. Sitio La palma, árboles de cinco años de edad.**

En los árboles de cinco años de edad, la abundancia del insecto e infestación muestra cambios sobresalientes con respecto a los árboles de dos años, ya que la infestación registrada se presentó en un rango del 11-17%, con el valor más bajo en

los árboles asperjados en hileras alternas, y el más alto donde se protegieron los árboles en forma alterna (Figura 4).



**Figura 3.** Desarrollo de la infestación de árboles jóvenes de naranja Valencia por adultos de *Diaphorina citri* bajo aplicaciones localizadas de insecticidas en General Terán, N.L., México. Huerta La Florida. A. Presencia antes del inicio del control de focos de infestación. Abundancia promedio de adultos/árbol= 1.37; infestación promedio de la parcela= 65.7%; rango de abundancia promedio= 0-7 adultos/árbol. B. Presencia antes de la segunda aspersión para el control de focos de infestación. Abundancia promedio de adultos/árbol= 0.36; infestación promedio de la parcela= 24.2%; rango de abundancia promedio= 0-5.7 adultos/árbol. C. Presencia antes de la tercera aspersión para el control de focos de infestación. Abundancia promedio de adultos/árbol= 0.67; infestación promedio de la parcela= 44.8%; rango de abundancia promedio= 0-3 adultos/árbol. D. Presencia antes de la cuarta aspersión para el control de focos de infestación. Abundancia promedio de adultos/árbol= 0.57; infestación promedio de la parcela= 34.5%; rango de abundancia promedio= 0-5.2 adultos/árbol.



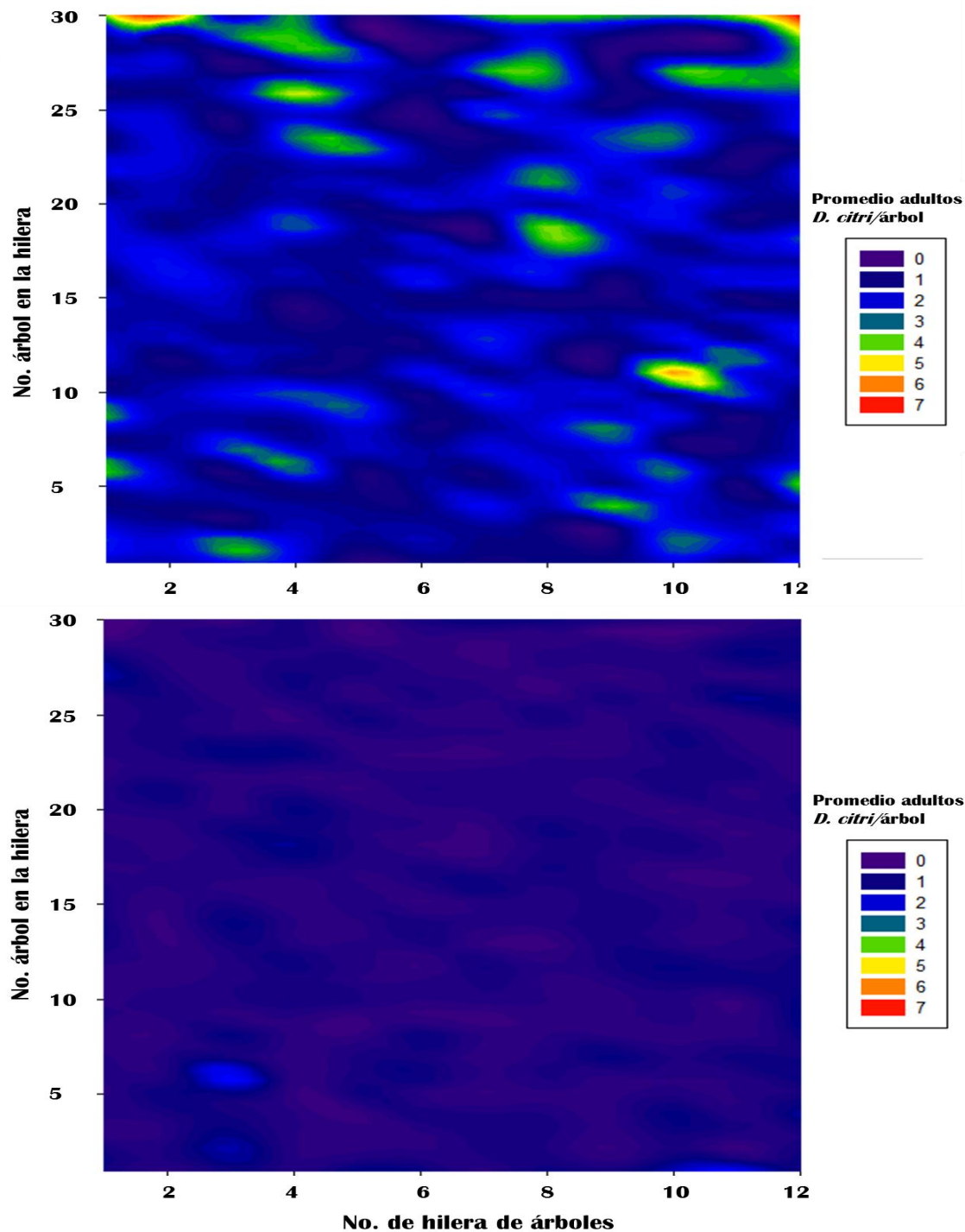
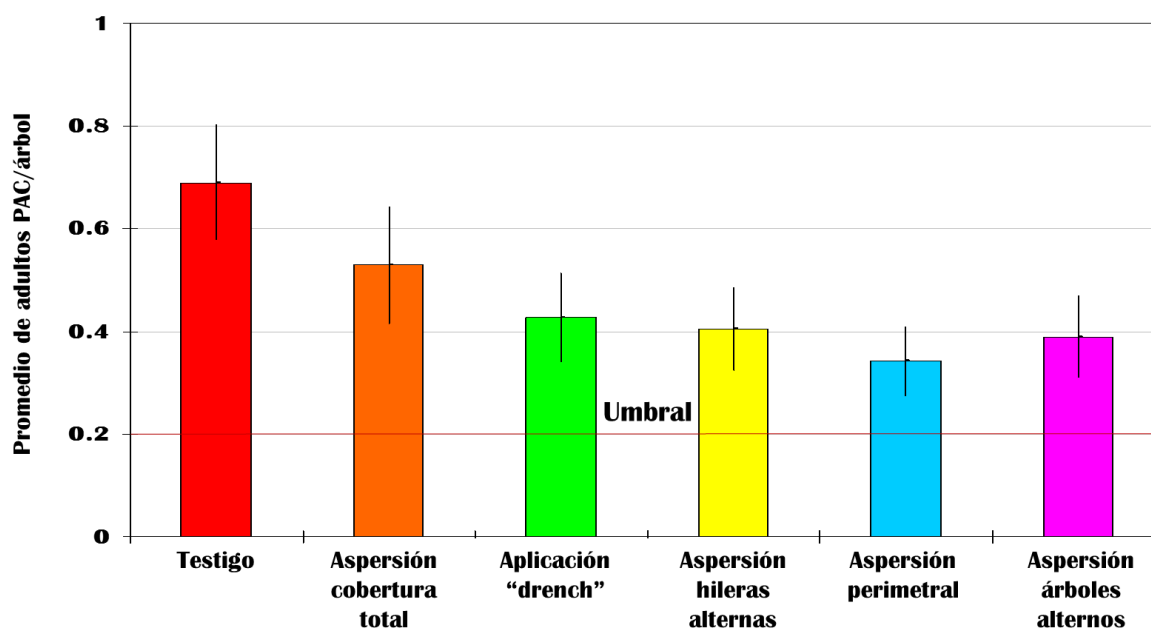


Figura 4. Control de *Diaphorina citri* en árboles jóvenes de naranjo Valencia mediante aspersión en focos de infestación en General Terán, N.L., México. Huerta La Florida. A. Abundancia inicial (datos en Figura 3A). B. Presencia promedio de *D. citri* bajo tres aspersiones mensuales de insecticidas. Abundancia promedio de adultos/árbol= 0.53; infestación promedio de la parcela= 48.3%; rango de abundancia promedio= 0-2.5 adultos/árbol.



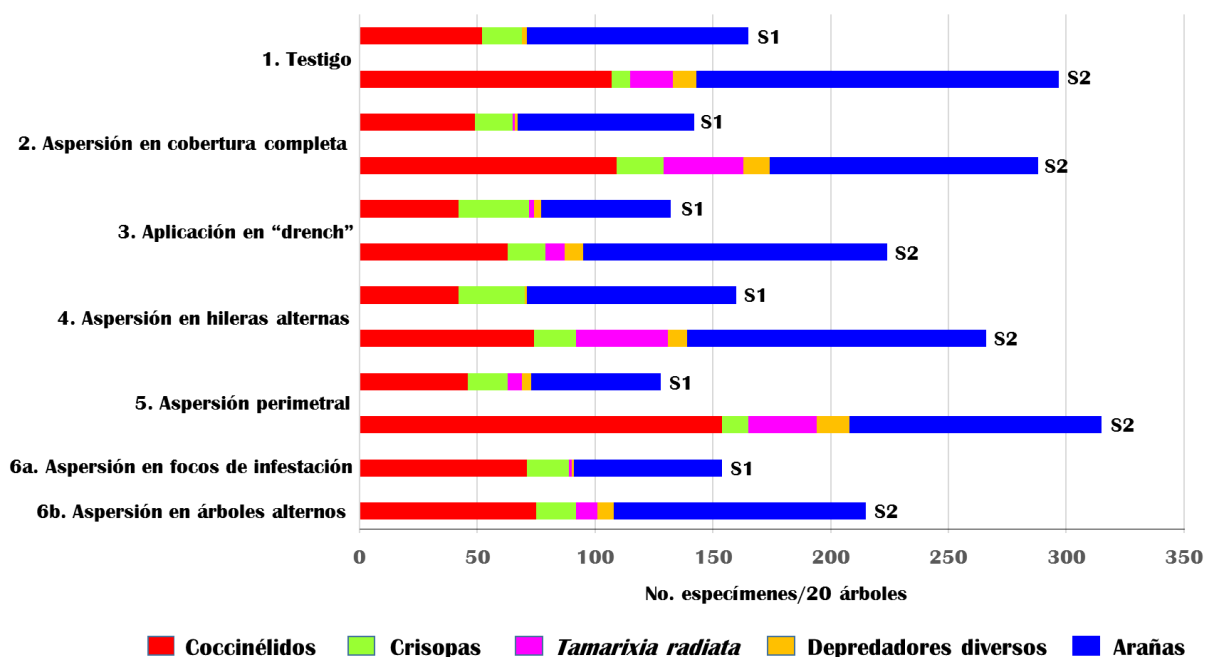
El valor registrado en la aspersión de cobertura total fue similar al porcentaje existente en el tratamiento testigo sin aplicación de insecticidas (14.6 y 14.4%, respectivamente). La abundancia del insecto, en estas parcelas, prácticamente fue 50% menor a la existente en los árboles de dos años de edad (Figuras 1 y 5). Excepto por el tratamiento con cobertura total, la abundancia del PAC en los árboles del resto de los tratamientos fue estadísticamente menor a la registrada en el testigo, con el menor registro en el tratamiento de aspersión en el perímetro (Figura 5). A través de diferentes fechas, en este experimento fue sobresaliente la presencia reducida del insecto, ya que básicamente todos los tratamientos registraron promedios de adultos, menores o alrededor de 0.2 insectos/árbol, valor que en registros en trampas pegajosas es considerado como un umbral deseable para mantener el nivel poblacional del PAC (Monzo *et al.*, 2015); la aspersión en hileras alternas llegó a alcanzar la mitad de dicho nivel poblacional (datos no mostrados).



**Figura 5. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de adultos de *Diaphorina citri*, en árboles de 5 años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., México. Huerta La Palma. N= 26 árboles/parcela. Líneas en las barras indican el intervalo de confianza a un 95% de probabilidad.**



Los resultados similares de infestación y abundancia del PAC entre el testigo y la aspersión del insecticida en cobertura total (Figura 2 y 5) sugieren la importancia de la contribución de los enemigos naturales (Figura 6) en el control del vector, así como su valor cuando es integrado con el uso racional de agroquímicos, tal y como lo sugiere la abundancia del PAC en los tratamientos con el uso localizado de los insecticidas (Figura 5). La presencia de enemigos naturales fue notable en el experimento con árboles de cinco años de edad (Figura 6), ya que su presencia está asociada además con el establecimiento de relaciones tróficas específicas y la adquisición de estabilidad de la huerta con la edad y manejo (Begon, *et al.*, 2006). En ambos sitios es notoria la abundancia de arañas (principalmente especies de las familias Salticidae, Tetragnathidae, y Thomisidae) y un grupo de especies diversas de coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) (Figura 6).



**Figura 6. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de enemigos naturales de *Diaphorina citri* en árboles de naranjo Valencia en General Terán, N.L., México. Sitio 1: 20 árboles de dos años de edad/9 meses, huerta La Florida. Sitio 2: 20 árboles de cinco años de edad/6 meses, huerta La Palma.**



Anteriormente ha sido documentada la importancia de enemigos naturales para controlar el PAC en México (Reyes-Rosas *et al.*, 2012; Cortez-Mondaca *et al.*, 2016); sin embargo, estos efectos no son extraños, cuando se realizan medidas o prácticas tendientes a conservar organismos benéficos (Biddinger *et al.*, 2014).

Al comparar la información de la densidad poblacional de *D. citri* entre ambas edades de los árboles de los experimentos, destaca señalar que este patrón de abundancia del vector de altas densidades del insecto en plantas jóvenes, ha sido observado en el área en la documentación del efecto de aspersiones regionales en las ARCOs (Díaz-Martínez *et al.*, 2019) y conviene remarcar el concentrar la atención en la importancia de árboles jóvenes de cítricos y su aportación significativa en el desarrollo e incremento poblacional del vector en el área o región. También es importante considerar el efecto del control en focos de infestación y las otras alternativas de uso estratégico y reducido de insecticidas, para trasladarlo al ámbito regional, aspecto que fue omitido en la evaluación por Bassanezi *et al.* (2013), quienes en su estudio sugieren el manejo regional con uso de insecticidas en áreas extensas. Para el caso de México, cada año se incrementan las evidencias de impactos negativos de índole diversa al tratar de mantener áreas de miles de hectáreas bajo una cobertura total de aspersiones de insecticidas convencionales. Los resultados obtenidos con la estrategia de aplicar insecticidas solo en focos de infestación resulta interesante y atractiva; ésta demanda entrenamiento para localizar la presencia de la plaga; una alternativa práctica la incluimos con la aplicación en hileras o árboles alternos, la combinación de la primera y las aspersiones perimetrales podrían rendir también resultados sobresalientes; sin embargo, consideramos que el paso futuro será la aplicación de aspersiones de precisión, mediante equipos que apliquen solamente en árboles que presenten afectación (Maja *et al.*, 2009), una versión en el mismo sentido son los equipos aspersores con sensores para evitar asperjar en el espacio donde las plantas fueron suprimidas por diferentes motivos (Stover, 2002; Michielsen, *et al.*, 2010). Las estrategias planteadas, con aspersiones reducidas a hileras y árboles alternos o en focos de infestación, conllevan un riesgo, ya que solo se protege el 50% de los árboles y se podrían establecer colonias del PAC en las plantas desprotegidas (Clay, 2000),





con una densidad que dependerá de la presencia, intensidad y actividad de los enemigos naturales. Para la condición de una gran cantidad de huertas en México, lo anterior podría ser mejor que permanecer sin acciones para controlar el vector. Estas estrategias evaluadas son idóneas para entomopatógenos esporulantes o para liberar artrópodos benéficos en las hileras sin insecticidas, y se deberían contemplar para una alternancia en coberturas totales de insecticidas, sobretodo optimizando medidas para el control de plagas que tradicionalmente son atacadas en la citricultura del país. También constituyen una alternativa más para continuar con la reducción de vectores infectivos en áreas donde HLB permanece ahora en forma endémica (Ibanez *et al.*, 2019). Es necesario denotar que el presente estudio persigue coadyuvar, indirectamente, a mitigar mermas económicas por el HLB, y por lo tanto, a mejorar la rentabilidad, sustentabilidad y, por ende, a contribuir a la persistencia de la citricultura mexicana. Ello debido a que el manejo del vector y de la enfermedad representan una carga económica muy alta para los citricultores, al requerirse un número alto de aspersiones de insecticidas para controlar al PAC (Maja *et al.*, 2009; Stansly *et al.*, 2013; Singerman y Burani-Arouca, 2017).

## Conclusiones

Con las estrategias de aplicación localizada de insecticidas se obtienen valores de infestación de árboles y abundancia de *D. citri* que son similares a los obtenidos con la aspersión del plaguicida en cobertura total de la huerta. Debido a que en las estrategias de control localizado del vector sólo se aplica el insecticida en el 50% de los árboles, económicamente podrían permitir realizar más aspersiones de insecticidas estratégicamente repetidas para mantener poblaciones reducidas del insecto. Es necesario considerar que existe el riesgo asociado de que colonias de *D. citri* puedan establecerse en árboles sin protección por el plaguicida.



## Agradecimientos

Se agradece al SENASICA-Dirección General de Sanidad Vegetal, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Querétaro, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sinaloa, y al INIFAP por los recursos financieros asignados para desarrollar la investigación. Asimismo, manifestamos nuestro agradecimiento al M.T. Pedro L. Robles García por su apoyo en la gestión del proyecto y a la Lic. Rosa M. de León Hernández, por su ayuda en diversas etapas de los experimentos.

## Literatura citada

- Bassanezi, R. B. 2012. Epidemiology of Huanglongbing in Citrus. IV Simposio Nacional y III Internacional sobre Bacterias Fitopatógenas. Guadalajara. Jalisco. México.
- Bassanezi, R. B., L. H. Montesino, N. Gimenes-Fernandes, P. T. Yamamoto, T.R. Gottwald, L. Amorim, *et al.* 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Dis.* 97:789-796.
- Begon, M., C. R. Townsend, and J. L. Harper. 2006. *Ecology. From individuals to ecosystems.* 4<sup>th</sup> ed. Blackwell Publ. Malden, MA., USA. 759 pp.
- Biddinger, D. J. T. W. Leslie, and N. K. Joshi. 2014. Reduced-risk pest management programs for Eastern U.S. peach orchards: Effects on arthropod predators, parasitoids, and select pests. *J. Econ. Entomol.* 107(3):1084-1091.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.
- Clay, S. A. 2002. Banding of pesticides, pp. 47-49. *In:* Pimentel, D. (Ed.) *Encyclopedia of pest management.* 1st ed. CRC Press. Boca Raton. U.S.A.



- Cortez-Mondaca, E., J. Loera-Gallardo, L. M. Hernández-Fuentes, J. F. Barrera, A.A. Fontes, U. Díaz, *et al.* 2013. Manual para el Uso de Insecticidas Convencionales y Alternativos en el Manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en Cítricos en México. Folleto Técnico no. 36. INIFAP. CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 56 pp.
- Cortez-Mondaca, E., J. I. López-Arroyo, L. Rodríguez-Ruíz, M.P. Partida-Valenzuela, y J. Pérez-Márquez. 2016. Especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos y capacidad de depredación en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2) 363-374.
- da Graca, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:109-136.
- da Graca, J. V., and L. Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies, pp. 229-245. *In: S.A.M.H. Naqvi (ed.) Diseases of fruits and vegetables*, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Díaz-Martínez, S., J. I. López-Arroyo, E. Cortez-Mondaca. 2019. Evaluación de aspersiones regionales de insecticidas contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en el ARCO de General Terán, N.L., México. *Entomología Mexicana* 6:299-307.
- Flores-Sánchez. J. L., G.A. Mora-Aguilera, E. Loeza, J.I. López-Arroyo, M.A. Gutiérrez-Espinoza, J.J. Velázquez-Monreal, *et al.* 2017. Diffusion model for describing the regional spread of huanglongbing for first outbreaks and basing an area wide disease management strategy. *Plant Disease* 101(7):1019-1127.
- Ibanez, F., G. Albrigo and L. Stelinski. 2019. Addressing whether there is a need for continued vector management under HLB stress. *In: Proceedings of the IRCHLB VI. March 10-15 2019. Riverside, Ca., U.S.A.*
- Maja J. M., M. Salyani and R. Ehsani. 2009. Spot Spraying of Citrus Tree Canopies for Controlling Psyllids. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 122:181-185.
- Michielsen, J. M. G. P., J. C. Van de Zande, V. T. J. M. Achten, H. Stallinga, P. Van Velde, B. Verwijs, *et al.* 2010. Precision of a sensor-based variable rate sprayer. *Aspects of Applied Biology* 99:21-28.
- Monzo, C., H. A. Arevalo, M. M. Jones, P. Vanaclocha, S.S. Croxton, J. A. Qureshi, *et al.* 2015. Sampling Methods for Detection and Monitoring of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology.* 44:780-788.



- Mora-Aguilera, G., P. García-Robles, J.I. López-Arroyo, J. Flores-Sánchez, G. Acevedo-Sánchez, S. Domínguez-Monge, *et al.* 2016. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 32(2):108-119.
- Reyes-Rosas, M. A., J. Loera-Gallardo, y J. I. López-Arroyo. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(4):495-501.
- Sétamou, M., D. Flores, J. V. French, and D. G. Hall. 2008. Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *J. Econ. Entomol.* 101:1478-1487.
- Singerman, A., and M. Burani-Arouca. 2017. Evolution of Citrus Disease Management Programs and Their Economic Implications: The Case of Florida's Citrus Industry. Department of Food and Resource Economics, UF/IFAS Extension. FE915, 5 p.
- Stansly, P. A., H. A. Arevalo, J. A. Qureshi, M. M. Jones, K. Hendricks, P.D. Roberts *et al.* 2013. Vector control and foliar nutrition to maintain economic sustainability of bearing citrus in Florida groves affected by Huanglongbing. *Pest Management Science* 70(3):415-426.
- Stover, E. 2002. Sensor-controlled spray systems for Florida citrus. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. HS-872, 8 p.
- Tsai, J. H., J.J. Wang, and Y.H. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange Jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist*. 83:446-459.





## ¿EL MANEJO AGRONÓMICO MODIFICA EL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE HOJAS DE LIMÓN MEXICANO CON HLB?

Miguel Ángel Manzanilla Ramírez<sup>427\*</sup>, Ángel Villegas Monter<sup>428</sup>, José Joaquín Velázquez  
Monreal<sup>427</sup> y Rosa Martínez Pamatz<sup>427</sup>

### Resumen

En 2010 el Huanglongbing (HLB), enfermedad causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) en la zona productora de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en el estado de Colima, a partir de la detección se ha registrado disminución del 50% de la producción. El manejo agronómico de las plantaciones para que éstas continúen con producción rentable es el mayor desafío que enfrenta la industria de los cítricos en todo el mundo, donde el HLB es endémico, como en Colima. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar los cambios en contenido nutrimental de hojas de limón mexicano infectado con HLB al utilizar manejo agronómico. El trabajo se realizó en 2018, en terrenos del Campo Experimental Tecomán del INIFAP. En una plantación de seis años infectada con CLas se evaluaron dos tratamientos: manejo agronómico (fertirrigación y nutrición foliar) y manejo convencional. Se determinó el efecto del manejo en concentración de minerales en hoja. Como resultado, con el manejo agronómico se incrementó el contenido de macronutrientes (N, P, K, y Ca), se alcanzaron los contenidos óptimos de K, Ca, Cu, Mn, Zn y B y se logró incrementar en 30.4% el rendimiento. Se concluye que el manejo agronómico modifica los cambios nutrimentales ocasionados por el HLB en limón mexicano. Sin embargo, se debe continuar la evaluación con diferentes componentes del manejo agronómico, tomando en cuenta la estacionalidad para disminuir las afectaciones que sufre el cultivo por el HLB.

<sup>427</sup> Campo Experimental Tecomán. INIFAP. km 35 carretera Colima-Manzanillo. Tecomán, Colima, México. \*Autor para correspondencia: manzanilla.miguel@inifap.gob.mx

<sup>428</sup> PREGEP-Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México.



**Palabras clave:** *Candidatus Liberibacter*, rendimientos, fertilización

## Introducción

En 2010 se detectó la enfermedad del Huanglongbing (HLB), en la zona productora de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en el estado de Colima. A partir de la detección se ha registrado disminución de producción desde las etapas tempranas de infección y cuando la copa de los árboles registra síntomas en 75%, la producción se reduce en 50%. Los síntomas en hojas de limón mexicano incluyen: puntos cloróticos, manchas angulares, acorchamiento y engrosamiento de nervaduras, moteado y clorosis difusa hasta el amarillamiento generalizado en la lámina foliar y defoliación (González *et al.*, 2018).

El HLB afecta a todas las especies y variedades de cítricos y no existen reportes de árboles que una vez infectados se recuperen completamente (Bové, 2006). Es una de las enfermedades más complejas, debido a las interacciones entre el patógeno, vector, hospederos y ambiente (da Graça *et al.*, 2015). En Colima es causado por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), la cual puede ser transmitida por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama y por injertos. Aunque se ha descrito que todas las especies comerciales de cítricos y sus portainjertos son susceptibles a la infección por HLB independientemente de la combinación (Bové, 2006). Existen estudios que indican diferencias en la respuesta a la infección (Folimonova *et al.*, 2009). Por lo tanto, es necesario observar determinados procesos metabólicos (fotosíntesis, distribución de azúcares, redistribución de nutrientes, resistencia basal, antioxidantes, etc.) que pueden dar las respuestas para que los cítricos desarrollen mecanismos de defensa contra el HLB. Las últimas evidencias apoyan la idea de que las respuestas del huésped deben desempeñar un importante papel en el desarrollo del manejo de HLB (da Graça *et al.*, 2015).

Los nutrientes vegetales pueden afectar la susceptibilidad a la enfermedad por medio de cambios metabólicos de la planta, creando así un entorno más favorable para el desarrollo de la enfermedad. Por ejemplo, la deficiencia de calcio puede dar



lugar a fugas de azúcares, aminoácidos y otros compuestos de bajo peso molecular por las membranas. Estos compuestos se vuelven disponibles para el uso de patógenos. Muchos nutrientes (metales) en concentraciones elevadas tienen amplias propiedades antibacterianas, por lo que, los agentes patógenos que directa o indirectamente reducen estos niveles de nutrientes en las plantas pueden tener ventajas.

Una vez infectados, los árboles con HLB no se recuperan completamente, aunque aplicaciones de nutrientes foliares y riego intensivo parecen retrasar el deterioro de éstos. A pesar de la necrosis del floema en el tejido más viejo, nuevos crecimientos vegetativos y reproductivos ocurren (Brodersen *et al.*, 2014). Los tratamientos nutricionales pueden ayudar en el alivio del estrés a las plantas infectadas (Razi *et al.*, 2011)

En China, país con más tiempo con el HLB, para la mitigación de esta enfermedad se ha practicado el manejo de nutrientes, junto con poda y riego. Basados en revisión de la literatura, estudios de campo y entrevistas con científicos y productores chinos, indican que estas prácticas culturales eran generalmente ineficaces para el manejo de la enfermedad. Sin embargo, un enfoque nutricional junto con otras prácticas culturales como el riego, puede mantener la productividad de huertos durante un cierto tiempo, dependiendo de la especie y portainjerto, la edad de los árboles, el método de propagación, las poblaciones del psílido asiático de los cítricos y otros factores (Xia *et al.*, 2011).

El manejo agronómico para continuar con la producción rentable en zonas como China, Brasil, Florida y México donde el HLB es endémico, para mantener la producción de árboles infectados e idear propuestas que permitan a las nuevas plantaciones de cítricos llegar a producción (da Graça *et al.*, 2015).

En estudios realizados en limón mexicano Robles-González *et al.* (2013) determinaron que brotes vegetativos inmaduros, a pesar de haberse originado en ramas con síntomas de HLB, presentaron aspecto vigoroso, coloración verde y ausencia de síntomas. También se reportó que reduce el tamaño de la fruta en los sectores de la planta con síntomas, pero no afectó otras variables como grosor de cáscara o el número de semillas. Tampoco se observó relación de la enfermedad con



el contenido de semillas abortadas, porcentaje de jugo, acidez, contenido de ácido ascórbico, ni °Brix (Robles-González *et al.*, 2017).

Con el propósito de mitigar el problema se están aplicando manejos integrales en huertas de limón mexicano con HLB para mantener la rentabilidad (Manzanilla-Ramírez *et al.*, 2012). El uso intensivo de nutrientes se ha realizado en varias partes del mundo, para reducir los impactos del HLB donde la incidencia es cercana a 100% y la eliminación de árboles infectados es inviable. Aunque actualmente no existen medidas de control químico y genético para esta enfermedad, la producción de cítricos se ha mantenido a través de manejo integral, en el que se incluyen prácticas que promueven el movimiento de carbohidratos y restauración de las funciones del floema. La identificación de las respuestas del limón mexicano injertado en macrofila es crítica para comprender el desarrollo de la enfermedad y puede utilizarse en la formulación de prácticas eficientes de manejo.

La convivencia con el HLB es actualmente la única alternativa, mientras se desarrollan variedades más tolerantes o metodologías prácticas para su control. Esta convivencia se basa en la aplicación de un programa de nutrición, utilizando la información existente sobre riego, control de plagas y enfermedades (Manzanilla-Ramírez *et al.*, 2018). Se ha demostrado que CLas tiene diferentes impactos en la concentración de nutrientes en función del genotipo y manejo agronómico (Cao *et al.*, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar los cambios en contenido nutrimental de hojas de limón mexicano infectado con HLB al utilizar manejo agronómico.

## **Materiales y métodos**

Durante 2018, se evaluó el manejo agronómico de limón Colimex injertado en macrofila infectado con HLB en condiciones de campo en las instalaciones del Campo Experimental Tecomán del INIFAP. El suelo de este lugar es migajón arcilloso, con alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  y pH de 7.8. La plantación se estableció en abril de 2012, con riego por goteo. A una distancia de plantación de 6 x 3.5 m. Se





evaluaron dos tratamientos: uno con manejo agronómico (INIFAP) y otro con manejo convencional realizado en la zona (testigo) en dos épocas del año (verano e invierno). La parcela experimental consto de seis árboles (repeticiones) por tratamiento y el árbol como unidad experimental. Se determinó el efecto del manejo en concentración de minerales en hoja y los rendimientos. Los datos se ingresaron a una base de Excel. Los datos se analizaron con el programa estadístico InfoStat 2018; se utilizó el diseño experimental completamente al azar y prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

El manejo agronómico propuesto está basado en estudios de Medina-Urrutia *et al.* (2009) con la nutrición anual de 1.2, 0.6, y 0.9 kg por árbol de N, P y K, respectivamente; debido a que el N incrementa el rendimiento de frutos de limón mexicano, mientras que el P y K tienen efecto positivo en la calidad de fruta, complementada con aplicaciones foliares de micronutrientes, control de plagas y enfermedades (Manzanilla-Ramírez *et al.*, 2018).

En el laboratorio de análisis de suelo y planta del INIFAP en Tecomán, se evaluaron las concentraciones de macro y micronutrientes en hoja maduras de 120 días. Se colectaron 100 hojas de los cuatro puntos cardinales por tratamiento. Las muestras de hojas se secaron en horno marca Felisa a temperatura entre 65 a 70°C por 72 horas. Posteriormente, se secaron a peso constante y se procesaron en molino eléctrico marca Thomas Scientific, con malla de 40 cavidades, obteniendo polvo fino, el cual se usó para las digestiones. Se analizaron en tres repeticiones por tratamiento los macronutrientes de nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y los micronutrientes hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B).

Se registraron las cosechas durante 12 meses en kilogramos/árbol y el número de frutos/árbol para determinar el número de frutos cosechados por kilogramo.



## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran la comparación de medias de concentraciones minerales (N, P, K, Ca y Mg) obtenidas en los tratamientos evaluados.

**Nitrógeno (N).** Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre el manejo agronómico y el testigo en las dos etapas evaluadas. Con mayor concentración de nitrógeno en las muestras recolectadas en invierno. En esta fecha solo el tratamiento con manejo agronómico estuvo por arriba de la concentración deseada. Tanto el tratamiento testigo, como ambos tratamientos en verano mostraron concentraciones por debajo del contenido óptimo de 20.5 mg/g (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Por lo que es necesario incrementar las aplicaciones de N especialmente en la época de alta demanda en los meses de primavera y verano, para incrementar el contenido de N foliar.

**Fósforo (P).** Los contenidos de P en los meses de verano estuvieron por arriba de los valores medios (1.2 mg/g) de concentración, mientras que en el invierno no alcanzaron el contenido óptimo. La comparación de medias muestra diferencias significativas entre el manejo agronómico y el testigo en las dos etapas evaluadas. El P en el follaje presenta efecto de dilución a causa del crecimiento foliar, estimulado al aplicar N al suelo (Pérez-Zamora y Orozco-Romero, 2004). El P es importante en el metabolismo de los carbohidratos, grasas, proteínas y transporte de energía en la fotosíntesis, respiración y asimilación del N, pero con frecuencia no se encuentra disponible en el suelo, especialmente donde existe alta concentración de  $\text{CaCO}_3$  y pH alcalino (Maldonado *et al.*, 2001). En invierno el incremento en N foliar posiblemente se debió a la interacción de este nutriente con el P, ya que este último promueve un mayor sistema radical y, por lo tanto, tiende a estimular la absorción del N y K (Quaggio *et al.*, 1998).

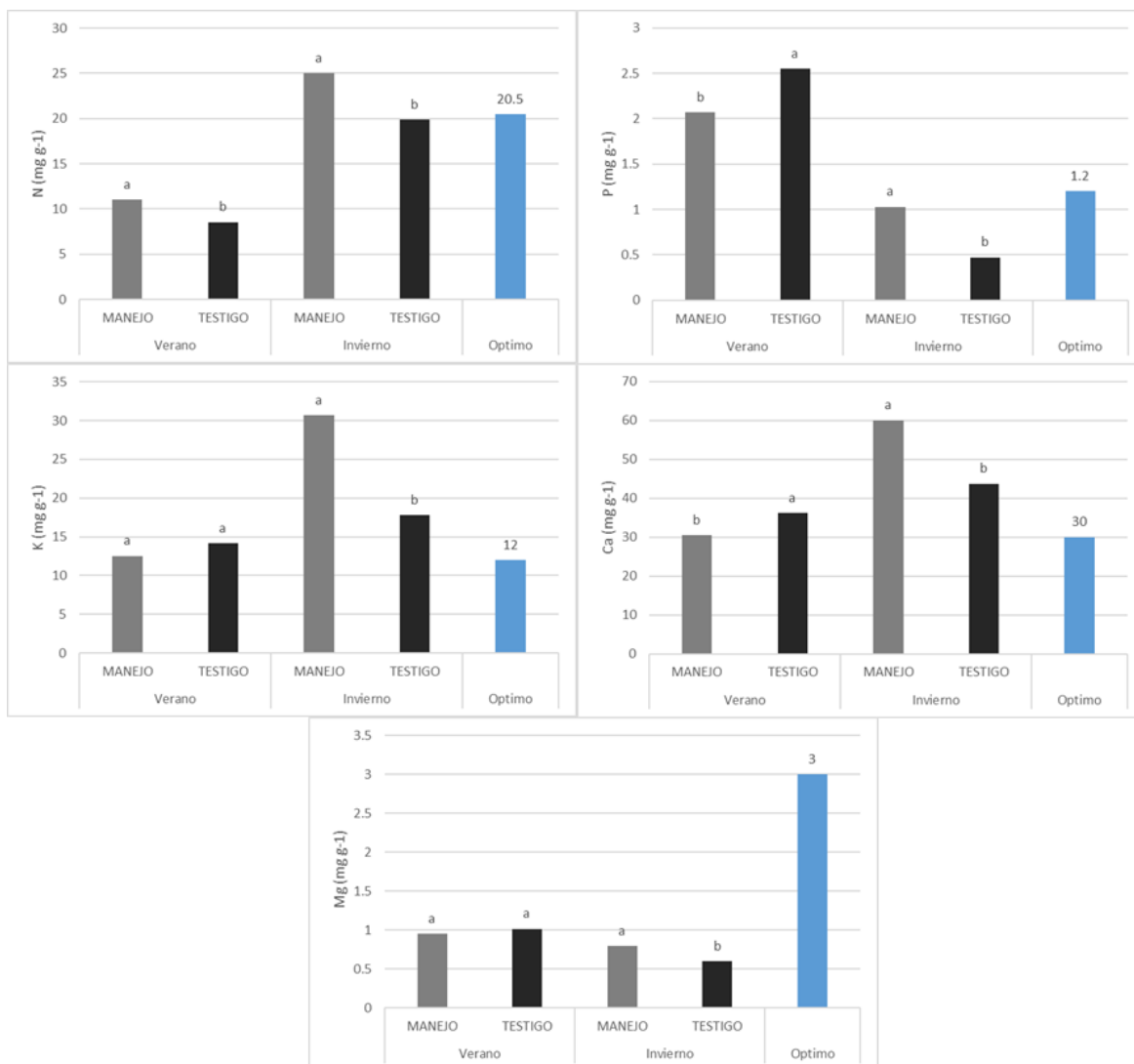
**Potasio (K).** Los valores de K tuvieron comportamiento similar al N, donde las mayores concentraciones se presentaron en invierno. A diferencia del N, el K en



verano e invierno tuvo contenido por encima del contenido óptimo (12 mg/g). Pero solo se encontraron diferencia estadística en los tratamientos en invierno, debido posiblemente al menor crecimiento y producción de fruta que el testigo en verano. Se ha reportado que plantas cloróticas de cítricos en suelos alcalinos, disminuyen la síntesis de carbohidratos, lo cual induce lento movimiento del  $K^+$  en el floema de hojas, lo que origina inmovilización del  $K^+$  y reducción en la producción de biomasa (Pérez-Zamora y Orozco-Romero, 2004). Se ha reportado que el uso de potasio aumenta el K foliar, el área foliar y la relación C/N, pero disminuye las concentraciones de P.

**Calcio (Ca).** Todos los tratamientos mostraron concentraciones de Ca mayores que el contenido óptimo (30 mg/g). Lo anterior se explica por la abundancia de este elemento en el suelo calcáreo. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y en invierno se observaron los valores más altos de Ca en las hojas, lo cual se ha asociado con un efecto de concentración de dicho elemento y por el menor crecimiento de la planta en esa etapa. Existen evidencias que, al fertilizar el árbol con N, se disminuye las concentraciones de Ca foliar (Pérez-Zamora y Orozco-Romero, 2004).

**Magnesio (Mg).** El contenido de Mg fue menor al óptimo (3.0 mg/g) en las dos etapas. En verano e invierno existieron diferencias entre tratamientos. En el invierno, el manejo tuvo mayor contenido y en verano, el testigo. En cítricos es importante el valor del cociente entre Ca y Mg, debido a que dicha relación, entre ambos elementos, es modificada por la absorción preferencial que algunos portainjertos tienen al Mg. Con la aplicación de N, el cociente Ca/Mg tiende a disminuir, lo que favorece la absorción de Mg, con respecto al Ca (Maldonado *et al.*, 2001).



**Figura 1. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en hojas de 120 días de limón Colimex injertado en macrofila, infectados con CLAs con diferente manejo agronómico, evaluadas en invierno y verano de 2018. Medias en la columna con letra desigual indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).**

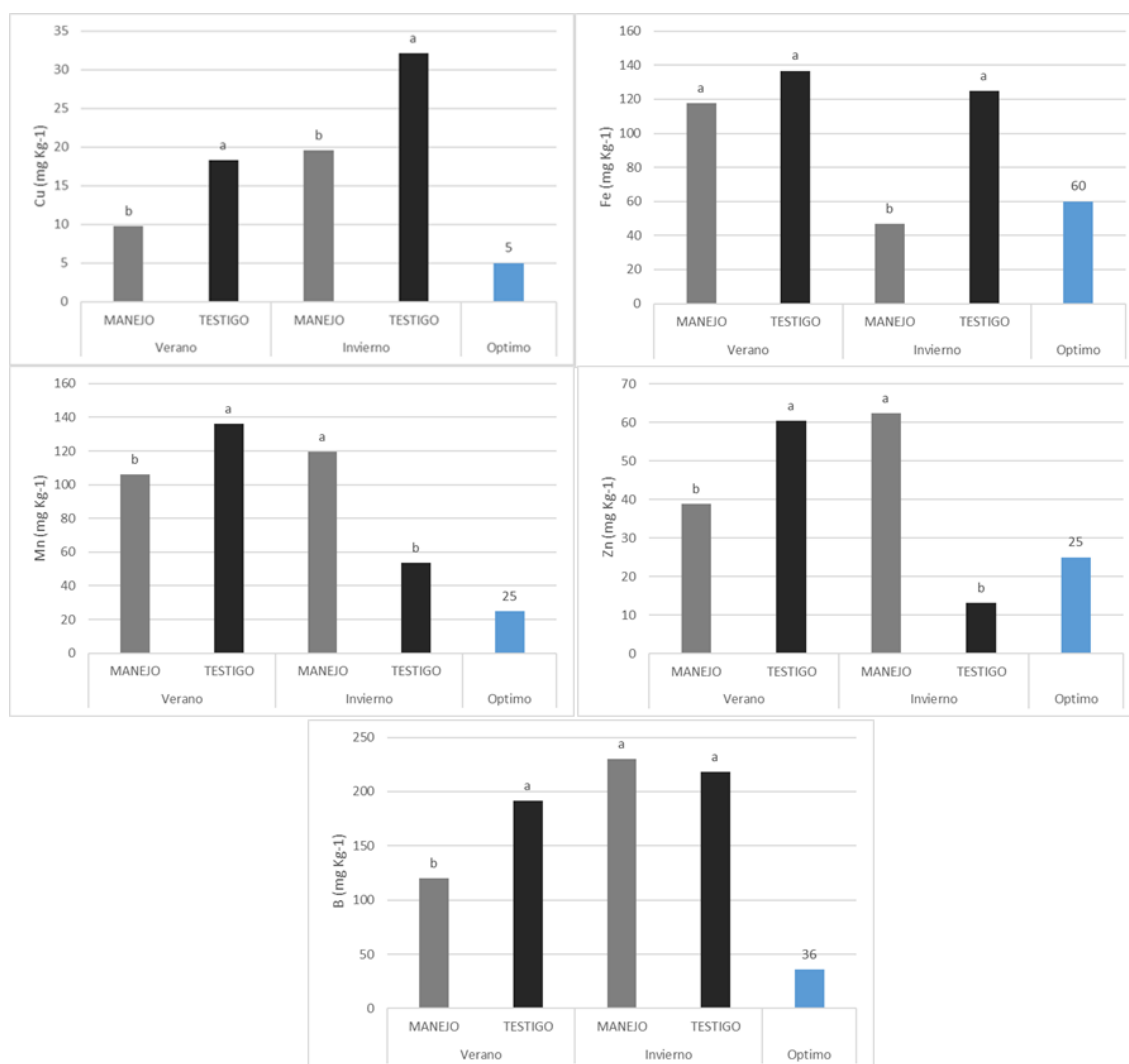
El manejo agronómico (ferti-rrigación y nutrición foliar) aumenta el contenido de macronutrientes (N, P, K y Ca) en limón Colimex. En verano existe una disminución del N, K y Ca, así como un aumento del P. El N y Mg en verano y el P y Mg en invierno no alcanzaron los contenidos óptimos.

El manejo agronómico de limón Colimex permite alcanzar los contenidos óptimos de K y Ca. Sin embargo, es necesario mejorar el manejo para incrementar los contenidos de N y Mg en verano y de P y Mg en invierno.





La Figura 2 muestra la concentración de micronutrientos (Fe, Mn, Zn, Cu, B) obtenidas en los tratamientos evaluados.



**Figura 2. Concentración de Cu, Fe, Mn, Zn y B en hojas de 120 días de limón Colimex injertado en macrofila, infectados con CLAs con diferente manejo agronómico, evaluadas en invierno y verano de 2018. Medias en la columna con letra desigual indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).**

**Cobre (Cu).** Todos los tratamientos registraron valores de Cu dentro del intervalo óptimo (5 a 16 mg/kg). En la comparación de medias se detectaron diferencias significativas en las dos etapas. El mayor contenido de Cu se presentó en invierno. El tratamiento de manejo agronómico en verano tuvo el menor valor (10 mg/kg), y en contraste, el testigo en invierno tuvo el mayor valor (30 mg/kg). Cuando el pH es alcalino, la adsorción de Cu aumenta por el incremento de las cargas pH-



dependientes y la materia orgánica, así como por la disminución de la competencia con los  $H^+$  y un cambio en la hidrólisis del Cu (Maldonado *et al.*, 2001).

**Hierro (Fe).** Aunque el suelo donde se estableció el experimento es calcáreo y tiene alto pH, los tratamientos mostraron valores de Fe por encima del contenido óptimo (60 a 120 mg/kg), excepto el tratamiento de manejo en invierno que tuvo diferencias estadísticas con el testigo. Lo anterior, debido posiblemente, a la mayor afectación por sintomatología de HLB en los testigos y que el Fe participa directamente en la producción de ROS, a través de su papel en la reacción de Fenton (García-Mina, 2012). La baja concentración con el manejo en invierno puede deberse a que en los suelos alcalinos las formas  $Fe_{2+}$  y  $Fe_{3+}$  reaccionan formando productos de muy baja solubilidad como: ferrinohidrita [ $Fe(OH)_3$ ] y goetita ( $FeOOH$ ), (Loeppert *et al.*, 1984).

**Manganeso (Mn).** Las concentraciones de Mn en las hojas de árboles de los tratamientos estuvieron en los óptimos reportados para cítricos de 25 a 100 mg/kg. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en las dos etapas. La concentración más baja la obtuvo el tratamiento testigo en invierno. La concentración de Mn puede disminuir porque la forma manganosa ( $Mn^{2+}$ ) es oxidada por los microorganismos a  $Mn^{3+}$  o  $Mn^{4+}$  al reducirse el  $O_2$  para formar  $H_2O$ , generando de manera simultánea óxidos insolubles  $(MnOH)_2$ . Aunque, también química y espontáneamente el  $Mn^{2+}$  se oxida en suelos alcalinos aireados y lo convierte de Mn soluble a hidróxidos  $Mn(OH)_2$ , los cuales, a su vez, reaccionan con  $O_2$  y forman  $MnO_2$  (Maldonado *et al.*, 2001).

**Zinc (Zn).** Este micronutriente tuvo comportamiento similar al Mn. Existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en las dos etapas. Los tratamientos tuvieron contenido óptimo de Zn en el follaje de 25 a 100 mg/kg, excepto el testigo en invierno, debido a que las deficiencias de Zn son comunes en suelos con pH de 7.5 o mayores y en suelos calcáreos. Se ha descrito que la aplicación de P solo o en combinación con NK disminuye la concentración de Zn, debido al antagonismo de P-Zn. La baja concentración de Zn se debe a que éste



precipita formando compuestos amorfos de Zn, como son la smithsonita ( $ZnCO_3$ ), la franklinita ( $ZnFe_2O_4$ ), la willemita ( $Zn_2SiO_4$ ) y la zincita ( $ZnO$ ), todos insolubles (Maldonado *et al.*, 2001).

**Boro (B).** En la comparación de medias se detectaron diferencias significativas en las dos etapas. Los niveles de B en todos los tratamientos y en las dos épocas del año presentaron niveles mayores a 100 mg/kg y en la fecha de invierno superiores a 200 mg/kg. Se ha reportado que plantas enfermas de HLB incrementan las concentraciones B, posiblemente por el papel relevante del B en la resistencia mecánica por la formación de membranas y pared celular.

Los resultados muestran diferencias con el estudio de Shen *et al.* (2013), que después de las aplicaciones de nutrientes en arboles infectados con CLAs, en hojas de naranjo dulce, el Mn, Zn y B aumentaron significativamente, mientras que el Cu disminuyó.

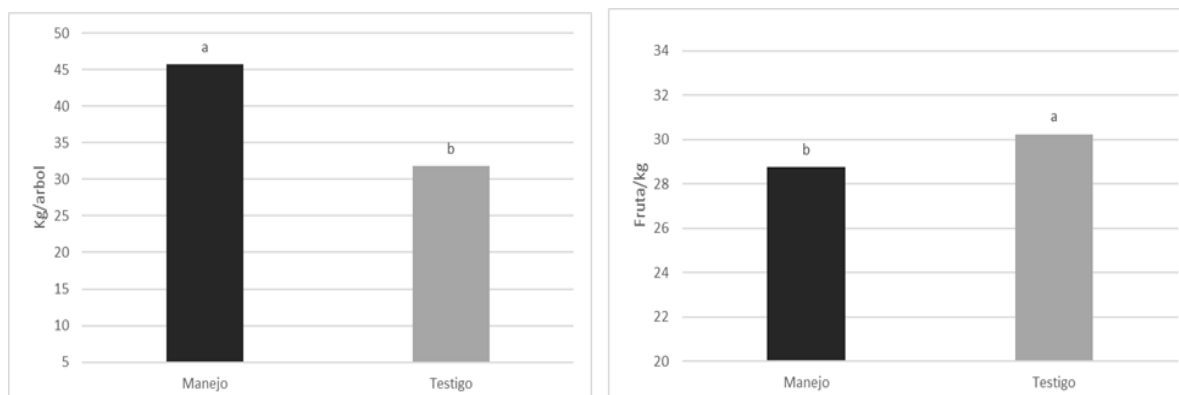
En arboles con más de seis años con CLAs de limón Colimex, el manejo agronómico mantiene el contenido óptimo de micronutrientes (Cu, Mn, Zn y B). Sin embargo, es necesario mejorar el manejo para incrementar el contenido de Fe en invierno.

En la Figura 3, se muestran las diferencias estadísticas en el rendimiento de fruta de limón mexicano con HLB; con manejo agronómico se incrementó 30.4%. También existieron diferencias estadísticas en el tamaño de fruta al presentar, el testigo menor número de fruta por kilogramo. Los efectos acumulativos de la infección por CLAs, incluidos los desequilibrios de carbohidratos, contribuyen a la reducción de rendimientos. Estos desequilibrios se producen en parte por la reducción del sistema radicular y por la descomposición del floema (Graham *et al.*, 2013).

El manejo agronómico da como resultado mayores tasas de crecimiento y puede mantener altos niveles de productividad, en comparación con prácticas culturales deficientes en presencia de HLB (Morgan *et al.*, 2009). En pomelo (*Citrus paradisi*) con una presencia confirmada de HLB, después de dos años de evaluación de paquetes de manejo, los resultados indicaron aumentos en el número y tamaño de los frutos por árbol y en los ingresos brutos.



En este trabajo con un año de manejo agronómico se incrementaron los rendimientos de árboles de limón Colimex con seis años con HLB.



**Figura 3. Rendimientos y tamaño de fruta de limón Colimex injertado en macrofila, infectados con CLAs con diferentes niveles de manejo agronómico. Medias en la columna con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).**

## Conclusiones

1. El manejo agronómico modifica los cambios nutrimentales ocasionados por HLB en limón Colimex. 2. Manteniendo la concentración óptima de K, Ca, Cu, Mn, Zn y B, el manejo también incrementa los rendimientos, pero es necesario mejorarlo para aumentar las concentraciones de N y Mg en verano y en invierno la de P, Fe y Mg. 3. Se debe continuar la evaluación de diferentes manejos agronómicos, tomando en cuenta la estacionalidad, en espera de que otras tecnologías como el mejoramiento genético, permitan disminuir las afectaciones fisiológicas que sufre el limón Colimex por la infección de CLAs.

## Literatura citada

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of plant pathology* 88(1):7-37.





- Brodersen, C., C. Narciso, M. Reed and E. Etxeberria. 2014. Phloem production in Huanglongbing-affected citrus trees. *HortScience* 49:59-64.
- Cao, J., C. Cheng, J. Yang and Q. Wang. 2015. Pathogen infection drives patterns of nutrient resorption in citrus plants. *Scientific reports* 5:14675.
- da Graça, J., M. Kunta, M. Sétamou, J. Rascoe, W. Li, M. Nakhla, B. Salas and D. Bartels. 2015. Huanglongbing in Texas: Report on the first detections in commercial citrus. *Journal of Citrus Pathology* iocv\_journalcitruspathology\_27939.
- Folimonova, S. Y., C. J. Robertson, S. M. Garnsey, S. Gowda and W. O. Dawson. 2009. Examination of the responses of different genotypes of citrus to Huanglongbing (*Citrus greening*) under different conditions. *Phytopathology* 99:1346-1354.
- García-Mina, J. M. 2012. Plant nutrition and defense mechanism: frontier knowledge. p. 1-12. *In: Advances in Citrus Nutrition*. Springer, Dordrecht.
- González, M. M. R., M. Orozco S., M. Á. Manzanilla R., J. Monreal, V. Medina U. and E. Stuchi. 2018. Experiencias con huanglonbing en limón mexicano en el estado de Colima, México. *Citrus Research & Technology* 39:1-12.
- Graham, J., E. Johnson, T. Gottwald and M. Irey. 2013. Presymptomatic fibrous root decline in citrus trees caused by huanglongbing and potential interaction with *Phytophthora* spp. *Plant Disease* 97:1195-1199.
- Loeppert, R., L. Hossner and P. Amin. 1984. Formation of ferric oxyhydroxides from ferrous and ferric perchlorate in stirred calcareous systems 1. *Soil Science Society of America Journal* 48:677-683.
- Maldonado, R., J. Etchevers, G. Alcántar, J. Rodríguez and M. Colinas. 2001. Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimorficos. *Terra Latinoamericana* 19(2):163-174.
- Manzanilla-Ramírez, M., M. Robles-Gonzalez, J. Velázquez-Monreal, M. Orozco-Santos and S. Carrillo-Medrano. 2012. Experiencias y perspectivas del Huanglongbing en limón mexicano. p. 406-414. *In: "Memorias del 3° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing*.
- Manzanilla-Ramírez, M. Á., J. J. Velázquez-Monreal, M. D. J. Bermúdez-Guzmán, K. D. I. P. García-Mariscal, M. Orozco-Santos and M. M. Robles-González. 2018.



Manejo integral del cultivo de limón mexicano en un escenario de alta incidencia de HLB. Folleto Técnico. INIFAP.CIRPAS.

- Medina-Urrutia, V., M. Robles-González and J. Velázquez-Monreal. 2009. Comportamiento de dos cultivares de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] en portainjertos desarrollados en suelos con dos profundidades. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 15:49-55.
- Morgan, K. T., A. W. Schumann, W. S. Castle, E. Stover, D. Kadyampakeni, P. Spyke, F. M. *et al.* 2009. Citrus production systems to survive greening: Horticultural practices. *In: Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 122:114-121.
- Orozco-Santos, M., M. M. Robles-González, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. J. Bermúdez-Guzmán, S. H. Carrillo-Medrano *et al.* 2014. El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 449 p.
- Pérez-Zamora, O. y J. Orozco-Romero. 2004. Rendimiento y concentración nutrimental foliar de árboles de limón mexicano fertilizados con nitrógeno, fósforo y potasio. *Terra Latinoamericana* 22:99-108.
- Quaggio, J., H. Cantarella and B. Van Raij. 1998. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52:67-74.
- Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. Á. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 19:15-31.
- Robles-González, M. M., M. Orozco-Santos, M. Á. Manzanilla-Ramírez, J. J. Velázquez-Monreal y S. H. Carrillo-Medrano. 2017. Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(5):1101-1111.
- Razi, M., I. A. Khan and M. J. Jaskani. 2011. Citrus plant nutritional profile in relation to Huanglongbing prevalence in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 48:299-304.
- Shen, W., J. M. Cevallos-Cevallos, U. N. Da Rocha, H. A. Arevalo, P. A. Stansly, P. D. Roberts and A. H. van Bruggen. 2013. Relation between plant nutrition,



hormones, insecticide applications, bacterial endophytes, and *Candidatus Liberibacter Ct* values in citrus trees infected with Huanglongbing. *European Journal of Plant Pathology* 137:727-742.

Xia, Y., G. Ouyang, R. A. Sequeira, Y. Takeuchi, I. Baez and J. Chen. 2011. A review of huanglongbing (Citrus Greening) management in citrus using nutritional approaches in China. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2010-1003-01-RV



## EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE IMIDACLOPRID SOBRE EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN APLICACIONES SUCESIVAS

Edgardo Cortez Mondaca<sup>429\*</sup>, Jesús Pérez Márquez<sup>430</sup>, Álvaro Ortiz Osuna<sup>431</sup>, Jesús  
Asunción López Guzmán<sup>430</sup>

### Resumen

El número de insecticidas autorizados para emplear en cítricos contra el psílido asiático de los cítricos (PAC) *D. citri* es limitado, uno de los más utilizados por su efectividad biológica y residualidad es el Imidacloprid, un neonicotinoide sistémico translaminar, con acción estomacal y por contacto. El objetivo del presente trabajo fue medir la efectividad biológica de 12 aplicaciones mensuales sucesivas de Imidacloprid sobre el PAC, con el propósito de definir cuánto disminuye con el número de aspersiones. El trabajo se realizó en una huerta comercial de limón Persa, en la que se realizaron 12 aspersiones de Imidacloprid a intervalos de 25 días. Para medir su efectividad biológica a través de cada fecha de aplicación, se realizaron muestreos previos del número de huevos, ninfas chicas y ninfas grandes en 18 brotes tiernos, y 48 horas después de las aplicaciones del insecticida. Los datos de mortalidad se sometieron a un ANVA y se compararon las medias aritméticas, para definir si la efectividad del insecticida se reducía significativamente. La efectividad biológica del Imidacloprid sobre huevo, ninfas chicas y ninfas grandes del psílido asiático de los cítricos, fue alta durante repetidas aspersiones iniciales y disminuyó gradualmente. Sin embargo, la susceptibilidad del insecto decreció hasta después de cuatro o más aspersiones sucesivas, por lo tanto, este insecticida puede ser empleado para las dos aspersiones en las ARCOs que se realizan anualmente en Sinaloa.

<sup>429</sup> Campo Experimental Valle del Fuerte, INIFAP, \*[cortez.edgardo@inifap.gob.mx](mailto:cortez.edgardo@inifap.gob.mx)

<sup>430</sup> INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP. Culiacán, Sinaloa

<sup>431</sup> Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa.





**Palabras clave:** Control químico, resistencia, susceptibilidad, áreas regionales de control

## Introducción

En la citricultura mexicana, se aplica actualmente una estrategia única entre las citriculturas más importantes del mundo, porque el manejo del vector del patógeno asociado al huanglongbing el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), se realiza mediante la aspersion regional de insecticidas, en unidades estratégicas de manejo, conocidas como Áreas Regionales de Control (ARCOs) (Mora-Aguilera *et al.*, 2013; Robles *et al.*, 2016; SENASICA, 2016). Para el control del PAC, el gobierno proporciona recursos para realizar el control químico, coordinados en cada estado citrícola por el responsable de la Campaña Contra Plagas Reglamentadas de los Cítricos, de cada comité estatal de sanidad vegetal, con el apoyo de las juntas locales de sanidad vegetal y los productores; todo ello para realizar las aplicaciones en tiempo y forma, con base en las recomendaciones de los grupos técnicos asociados a la campaña, quienes definen o corroboran el insecticida que se emplea en cada aplicación en las ARCOs. Por otro lado, el número de insecticidas autorizados para empleo en cítricos contra el PAC es limitado (Cortez *et al.*, 2013). Uno de los más utilizados por su efectividad biológica y residualidad, sobre todo cuando se aplica por el sistema de riego por goteo es el Imidacloprid (Ahmed *et al.*, 2004), un neonicotinoide subgrupo 4A, sistémico translaminar con acción estomacal y por contacto. Pero de acuerdo con el manejo preventivo de la resistencia, es necesario utilizarlo igual que al resto de insecticidas, de manera racional en rotaciones con insecticidas de diferentes grupos toxicológicos por su modo de acción y si es posible con diferente sitio de acción (IRAC, 2018). En algunos estados de México se han detectado altos niveles de resistencia al Imidacloprid (Vázquez-García *et al.*, 2013), por lo que en ese caso su empleo tiene que suspenderse al menos temporalmente. De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue medir la efectividad biológica de 12 aplicaciones



mensuales sucesivas de Imidacloprid sobre el psílido asiático de los cítricos *D. citri*, con el propósito de definir cuándo disminuye con el número de aspersiones.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en una huerta comercial de limón Persa de 3 años de edad en plena producción, ubicada en el área de la Higuera de Zaragoza, Lat. 26.061535, Long-109.337465. Se utilizó un diseño experimental en franjas semi-comerciales de tres hileras de 200 m de longitud: la hilera del centro se consideró parcela útil, eliminando los dos primeros árboles de la parte anterior y posterior del extremo de cada franja de tres hileras.

Antes de cada aplicación de los tratamientos, en muestreo previo (MP) se etiquetaron 18 brotes tiernos por árbol por tratamiento, máximo de 5 cm de longitud distribuidos en 18 árboles de la hilera del centro de cada tratamiento (un brote por árbol); en ellos se contó el número de huevos, ninfas chicas (Nch: de ninfa 1 a ninfa 3) y ninfas grandes (Ngd: de ninfa 4 a ninfa 5), y se anotaron en libro de campo y en una etiqueta de plástico que se utilizó para dejar ubicado cada brote inspeccionado, atándolo al brote respectivo. El muestreo previo se realizó un día antes de la aplicación de los tratamientos. Las aplicaciones del insecticida se realizaron con una mochila de aspersión de motor Echo® Shp 800, con dos pistolas aspersoras. Antes de depositar el insecticida en el agua del tanque de la aspersora, se acondicionó 1 mL/L de agua de coadyuvante acidificante (Surfacid®), para prevenir la hidrólisis alcalina. Después se adicionó el insecticida y la mezcla se homogenizó agitando la solución, y luego se agregó el resto de agua. Las aplicaciones se realizaron por la mañana en condiciones homogéneas. A 48 h después de la aplicación de los tratamientos (DAT), se inspeccionaron de nuevo los brotes del muestreo previo inspeccionado y etiquetado. Al final se realizaron 12 aplicaciones a intervalos de 25 días más o menos y cada una se consideró como tratamiento.



Las variables evaluadas fueron el número de huevos, ninfas chicas y ninfas grandes vivas en promedio por brote tierno en muestreo previo (MP) a la aplicación de los tratamientos, y número de individuos de cada desarrollo observado 48 h DAT, por diferencia se obtuvo el porcentaje de mortalidad en cada brote y cada tratamiento. Los datos de cada estado de desarrollo se sometieron a un análisis de varianza mediante un diseño completamente al azar con separación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados y discusión

En el ANVA de la efectividad biológica del insecticida sobre huevo, se obtuvo diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos (al menos dos fechas de aspersión son diferentes). En la comparación de medias se determinó que en la primera fecha de aplicación (25 de junio de 2018) se obtuvo la mayor mortalidad (74.96%), diferente significativamente ( $P<0.05$ ) respecto a los tratamientos 10, 11 y 12 (Cuadro 1). Visto de otra forma, los tratamientos 10, 11 y 12, que fueron las últimas fechas de aspersión del insecticida, mostraron la mortalidad más reducida de huevo. Los resultados anteriores permiten esclarecer que la susceptibilidad del estado de huevo del PAC se redujo significativamente después de nueve aplicaciones repetidas del insecticida Imidacloprid. Aunque observando los valores de los datos se puede definir, que a partir de la sexta aplicación del insecticida la reducción de la susceptibilidad era ya interesante respecto a las anteriores. Con relación a la primera aspersión la reducción de la mortalidad fue del 10% a partir del sexto tratamiento o fecha de aplicación, a partir de la décima fecha de aspersión la mortalidad se redujo en más del 30%.


**Cuadro 1. Efectividad biológica de Imidacloprid sobre el PAC en 12 fechas de aspersión 48 H DAT.**

Tratamientos	Huevo		Nch		Ngd	
1. 25/06/2018	74.96	A*	88.62	AB	85.77	A
2. 25/07/2018	71.18	A	89.63	A	83.28	A
3. 18/08/2018	74.89	A	85.97	ABC	82.47	AB
4. 11/09/2018	72.28	A	90.66	A	80.61	ABC
5. 06/10/2018	73.16	A	84.27	ABCD	75.15	ABC
6. 26/10/2018	64.79	A	84.23	ABCD	78.68	ABC
7. 21/11/2018	64.54	A	69.67	D	75.44	ABC
8. 24/12/2018	60.00	AB	71.33	CD	72.83	ABC
9. 11/01/2019	65.87	A	80.06	ABCD	78.73	ABC
10. 08/02/2019	40.27	C	73.57	BCD	71.49	ABC
11. 11/03/2019	42.98	BC	70.47	D	67.59	BC
12. 01/04/2019	37.78	C	76.45	ABCD	65.91	C

\* Letras diferentes son significativamente diferentes ( $\alpha=0.05$ ). Nch: Ninfas chicas; Ngd: Ninfas grandes.

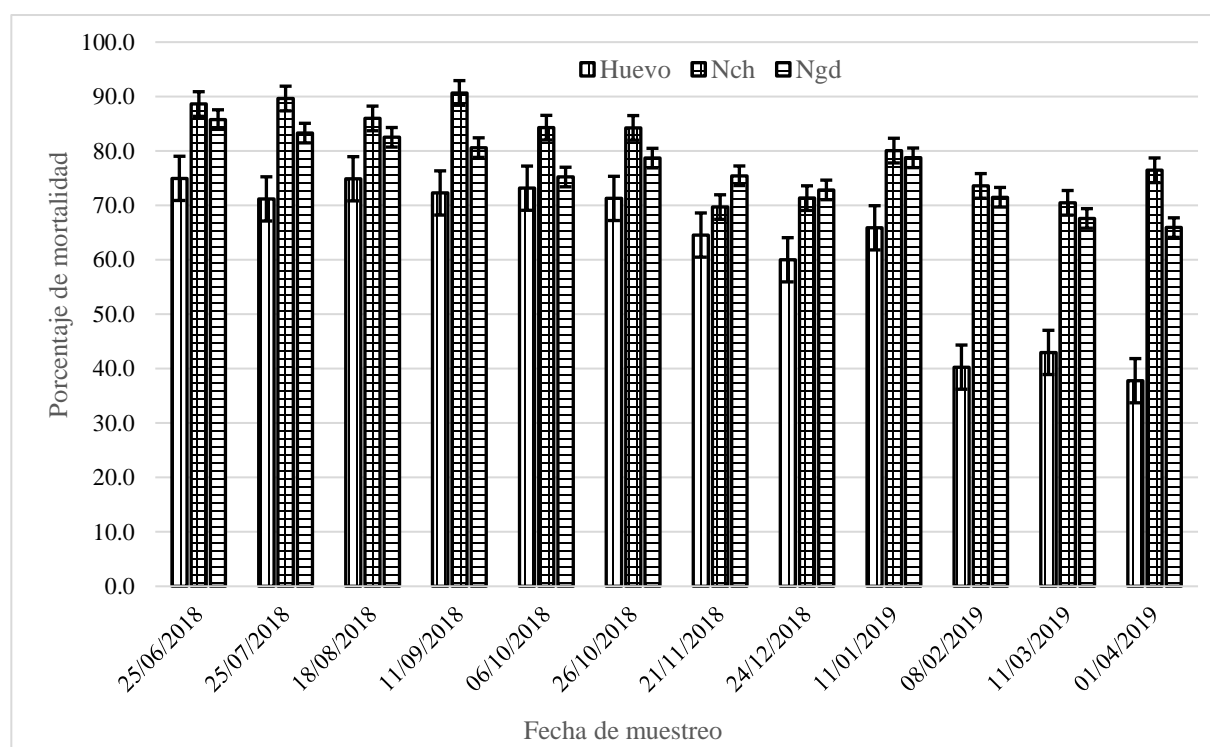
En el ANVA de la efectividad biológica del insecticida sobre Nch se obtuvo diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos. En la comparación de medias se determinó puntualmente que en la cuarta fecha de aplicación (11 de septiembre de 2018) se obtuvo la mayor mortalidad (90.66%; Cuadro 1), diferente significativamente ( $P<0.05$ ) respecto a los tratamientos 7, 8, 10 y 11. Dicho de otra forma, los tratamientos aplicados en las últimas seis fechas mostraron la mortalidad más reducida de Nch, con excepción de la novena y doceava aplicación (fecha de 11 de enero de 2019 y 01 de abril de 2019 respectivamente). Los resultados anteriores permiten esclarecer que la susceptibilidad del estado de Nch del PAC se redujo significativamente después de seis aplicaciones repetidas del insecticida Imidacloprid. La reducción de la mortalidad fue del 10% a partir de la séptima fecha de aplicación, a partir de la décima fecha de aspersión la mortalidad se redujo en un 17%.

En el ANVA de la efectividad biológica del insecticida sobre Ngd se obtuvo diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos; en la comparación de medias se determinó puntualmente que en la primera fecha de aplicación (25 de junio de 2018) se obtuvo





se obtuvo la mayor mortalidad (85.7%; Cuadro 1), diferente significativamente ( $P < 0.05$ ) respecto a los tratamientos 11 y 12. Dicho de otra forma, los tratamientos aplicados en las últimas dos fechas mostraron la mortalidad más reducida de Ngd. La reducción de la mortalidad fue del 10% a partir de la séptima fecha de aplicación, a partir de la onceava fecha de aspersión la mortalidad se redujo en un 18%. Las primeras cuatro fechas de aspersión mostraron la más elevada mortalidad, del 80% en adelante (Cuadro 1).



**Figura 1. Efectividad biológica de Imidacloprid sobre el PAC en 12 fechas de aspersión.**

En la Figura 1, se aprecia la mortalidad del PAC en los tres estados de desarrollo evaluados y a grandes rasgos se muestra un comportamiento parecido, lógicamente las primeras fechas de aspersión mostraron la mayor mortalidad y las últimas, las más reducidas. En los tres estados de desarrollo del insecto se muestra un ligero incremento de la mortalidad en la fecha del 11 de enero de 2019.

Es importante señalar que el insecticida Imidacloprid mostró una efectividad biológica aceptable (a partir del 80%) en las primeras cinco fechas de evaluación del



insecticida sobre Nch y Ngd sobre el PAC en el norte de Sinaloa, por lo que es posible utilizarlo por tiempo indefinido, siempre y cuando se haga en rotación con insecticidas de diferentes grupos toxicológicos por su modo de acción, y si es posible con diferente sitio de acción. A manera de información se menciona que los moduladores competitivos de los receptores nicotínicos de la acetilcolina, son los que confieren la resistencia a los insectos seleccionados por los insecticidas que integran el grupo 4 (IRAC, 2018), y que el número de aplicaciones no se incrementa en más de cuatro por año. Es decir, las dos aspersiones en las ARCOs que se realizan anualmente por la campaña contra las plagas reglamentadas de los cítricos, pueden continuar realizándose en Sinaloa, y en otros estados en donde no se registran niveles de resistencia elevados (SENASICA, 2016; 2017), no así en donde sucede lo contrario, pues en estos casos el insecticida debe dejar de ser utilizado por tiempo indefinido (Tiwari *et al.*, 2013; Vázquez-García *et al.* 2013).

A diferencia de lo reportado por Ruiz *et al.*, (2013) y de acuerdo a Ramírez-Godoy *et al.*, (2018), en el presente trabajo se observó muerte de huevo por efecto de la aplicación de Imidacloprid; los huevecillos con 48 horas DAT se observaban deshidratados, y en ocasiones con la parte apical color necrótico, lo anterior probablemente debido al efecto de contacto que posee el insecticida. Sin embargo, la mortalidad fue menor que sobre ninfas (Cuadro 1; Figura 1). Entre los dos estados de ninfas evaluados no se observa una diferencia notable respecto al porcentaje de mortalidad, pero si ligeramente mayor en Nch que para Ngd, pues en las primeras se alcanzaron porcentajes promedio de mortalidad hasta del 90%, mientras en las segundas la mortalidad promedio más alta apenas rebasó el 85%. En otros estudios se ha observado mayor mortalidad en Nch (Cortez *et al.*, 2013; Díaz-Zorrilla, 2010) lo que resulta lógico pues la dosificación de un insecticida es de acuerdo con relación al peso y en correlación con el tamaño del organismo de que se trate, como se indica en las etiquetas de los insecticidas.



## Conclusiones

1. La efectividad biológica del Imidacloprid sobre huevo, ninfas chicas y ninfas grandes del psílido asiático de los cítricos, fue alta durante repetidas aplicaciones y disminuyó gradualmente conforme se incrementaron las aspersiones, después de cuatro o más aplicaciones sucesivas, por lo tanto, este insecticida puede seguir siendo empleado para las dos aspersiones en las ARCOs que se realizan anualmente en Sinaloa.

## Agradecimientos

A los C. Héctor Saucedo Orduño, Francisco Andrade García y Ernesto Romero Pérez, por el apoyo en el trabajo de campo realizado.

## Literatura citada

- Ahmed, S., N. Ahmad and Khan, R. R. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina Citri*. Int. J. Agri. Biol. 6(6):970-973.
- Cortez, M. E., J. Loera G., L. M. Hernández F., J. F. Barrera G., A. A. Fontes P., U. Díaz Z., et al. 2013. Manual para el uso de insecticidas convencionales y alternativos en el manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos, en México. SAGARPA-INIFAP-CIRNE. Folleto Técnico Núm. 37. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 56 p.
- Díaz-Zorrilla, U. A. 2010. Estudio de evaluación de efectividad biológica de Actara®, para controlar diaphorina en limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) Pp 396-407. In: López-Arroyo J. I., y V. W. González-Lauck. Memoria del 1er Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, N. L., México. Campo Experimental General Terán, CIRNE, INIFAP.



- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2018. IRAC Mode of Action Classification Scheme. Issued, December 2018; Version 9.1. [www.illac-online.pdf](http://www.illac-online.pdf).
- Mora-Aguilera, G., P. Robles, R. González, J. Flores, G. Acevedo y S. Domínguez. 2013. Criterios epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOS. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal*. México, D.F. 16-19 de abril. SENASICA México.
- Ramírez-Godoy, A., G. Puentes-Pérez y H. Restrepo-Díaz. 2018. Evaluación de la eficacia de insecticidas neonicotinoides y piretroides sobre poblaciones de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12(2):358-368.
- Robles, G. P. L., J. T. Arriaga F. y C. Vázquez P. 2016. Manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal. <http://www.infit.org.mx/ArcosV2/Doc/ManualOperativoHLB7Nov16.pdf> [consultado el 07 de agosto de 2018].
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2016. Presupuesto Huanglongbing de los cítricos. Documento de consulta. <http://www.gob.mx/senasica/documentos/presupuesto-campana-huanglongbing-2016>. [Consultado el 12 de mayo de 2017].
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2017. Huanglongbing de los cítricos. SAGARPA.SENASICA.SANIDAD VEGETAL. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/huanglongbing-de-los-citricos-110925>. [Consultado el 10 de diciembre de 2018].
- Tiwari, S., N. Killiny and L. L. Stelinski. 2013. Dynamic insecticide susceptibility changes in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 106(1):393-399.
- Vázquez-García, M, J. Velázquez-Monreal, V. M. Medina-Urrutia, C. de J. Cruz-Vargas, M. Sandoval-Salazar, G. Virgen-Calleros, et al. 2013. Insecticide Resistance in Adult *Diaphorina citri* Kuwayama from Lime Orchards in Central West Mexico. *Southwest. Entomol.* 38(4):579-596.





## COMPLEJO HUANGLONGBING-MUERTE DE RAMAS EN DOS ESPECIES DE CITRICOS ACIDOS EN EL ESTADO DE COLIMA

José Joaquín Velázquez Monreal<sup>432\*</sup>, Rafael Ríos Velazco<sup>432</sup>, Angela Paulina Arce Leal<sup>433</sup>,  
Mario Orozco Santos<sup>432</sup>, Francisco Javier Delgado Virgen<sup>434</sup> y Miguel Ángel Manzanilla  
Ramírez<sup>432</sup>

### Resumen

En Colima se detectó en 2010 el huanglongbing (HLB) en limón mexicano, afectando también al limón persa. Desde 2012 se ha reportado la muerte de ramas en los árboles de estos dos cítricos con HLB, de tal forma que el complejo muerte de ramas-HLB se presenta en incidencias de 1 a 60%. El objetivo de este trabajo fue determinar los agentes asociados a este problema. Se realizaron dos experimentos en invernadero. El primero con plantas de limón mexicano inoculadas con HLB por injerto, y se confirmó la infección por PCR tiempo real. El segundo experimento fue con plantas sanas de limón mexicano y limón persa. En campo se obtuvieron muestras de los dos cítricos con síntomas de muerte de ramas, además de una muestra de necrosis de fruto de mango. Se sembró el material en laboratorio, en medio de papa-dextrosa-agar (PDA); los hongos aislados se identificaron por sus características morfológicas. En el primer experimento, se inocularon cinco aislados fungosos, cada uno en cinco plantas de limón mexicano con HLB y se incluyó un testigo; en el segundo, tres aislados fungosos se inocularon individualmente en tres plantas sanas de limón mexicano y de limón persa, agregándose para cada caso un testigo. Se determinó la incidencia de síntomas de muerte de ramas y su severidad utilizando una escala convencional del 1 (sano) al 5 (100% de daño en la copa). En el primer experimento el análisis por PCR corroboró la infección inicial de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* asociada al HLB. Después de que estas mismas

<sup>432</sup> Campo Experimental Tecomán. INIFAP \*velazquez.joaquin@inifap.gob.mx

<sup>433</sup> IPN. CIIDIR-Unidad Sinaloa.

<sup>434</sup> Tecnológico NM. Instituto Tecnológico de Colima.



plantas se inocularon con los cinco aislados fungosos identificados como *Lasiodiplodia* sp., la incidencia de muerte de ramas varió del 40 a 100%, en tanto que la severidad observó valores de 2.2 a 5.0. En el segundo experimento con plantas de limón mexicano y limón persa sin HLB, únicamente un aislado fungoso en cada caso ocasionó muerte de ramas con un 33% de incidencia y severidad de 1.0 y 1.6, respectivamente. En plantas afectadas se volvió a aislar el mismo hongo inoculado en todos los casos.

**Palabras clave:** *Citrus aurantifolia*, *Citrus latifolia*, HLB, *Lasiodiplodia* sp.

## Introducción

México es el principal productor de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] en el mundo. La superficie nacional de este cultivo es de 89, 795 ha con una producción de 1' 120, 972 t (SIAP, 2017). La mayor producción se concentra en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. En el cultivo de limón mexicano se han presentado amenazas fitosanitarias que han llegado a comprometer la productividad y vida útil de las plantaciones, generándose mayores requerimientos para su manejo. Un problema que se reportó por primera vez, hace más de tres décadas en el estado de Colima es la muerte de ramas (Mendoza y Garza, 1987). Esta enfermedad se presentaba anualmente con bajos niveles de incidencia y solamente en árboles estresados por diversas causas como son sequía, nutrición deficiente, temperaturas bajas, suelos con mantos freáticos elevados, o bien suelos compactos o poco profundos (Orozco-Santos et al., 2014). El huanglongbing (HLB) es otro problema fitosanitario en la entidad que se detectó en 2010, y que está asociado a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* cuyo vector es *Diaphorina citri*; en la actualidad esta enfermedad tiene una distribución del 100% en las áreas productoras de limón mexicano en el estado, donde también se ha encontrado en limón persa [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka)], que es un cultivo establecido en baja superficie. Desde 2012 se ha encontrado muerte de ramas en los árboles de estos



dos cítricos afectados por HLB, de tal forma que el complejo muerte de ramas-HLB observa incidencias de 1 a 60% y en ataques severos es capaz de matar hasta el 50% de la copa de los árboles (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Por esta razón el objetivo de este trabajo fue determinar que en el complejo HLB-muerte de ramas en limón mexicano y limón persa, la primera enfermedad predispone para que la segunda tenga mayor incidencia y severidad en las plantas afectadas, además de identificar al agente asociado a la muerte de ramas.

## **Materiales y métodos**

Para alcanzar el objetivo planteado se realizaron dos experimentos en condiciones de invernadero en el Campo Experimental (C.E.) Tecomán del INIFAP, uno con plantas infectadas con HLB y otro con plantas sin HLB. Para el primer caso, plantas de limón mexicano sanas adquiridas en un vivero certificado fueron inoculadas con HLB por injerto, confirmándose la infección a las 4 y 8 semanas mediante PCR tiempo real en el laboratorio de Biotecnología del IPN-CIIDIR Unidad Sinaloa, utilizando la metodología reportada por Li *et al.*, (2006) con algunas modificaciones. En el segundo experimento se utilizaron plantas sanas de limón mexicano y persa, adquiridas también en un vivero certificado. En el estado de Colima, en campo se hicieron colectas de limón mexicano y limón persa con síntomas de muerte de ramas, además de una muestra de necrosis de fruto de mango (*Mangifera indica*) de Jalisco. En los laboratorios de Biotecnología del C.E. Tecomán y del Tecnológico NM-Instituto Tecnológico de Colima se sembró el material en medio de papa-dextrosa-agar (PDA); los hongos aislados se identificaron considerando sus características morfológicas. En el primer experimento, tres aislados de hongo obtenidos de limón mexicano (Aislados 1, 2 y 3), uno de limón persa (Aislado 4) y otro de mango (Aislado 5), se inocularon cada uno en cinco plantas de limón mexicano previamente infectadas con HLB, y se incluyó un testigo el cual consistió en plantas de limón mexicano con HLB inoculadas con medio de cultivo PDA sin micelio del hongo. En el segundo experimento los aislados 1, 2 y 3 se inocularon individualmente



en tres plantas sanas de limón mexicano, en tanto que los aislados 3, 4 y 5 se inocularon cada uno en tres plantas sanas de limón persa. Se agregó para cada caso un testigo con igual número de repeticiones; en este caso el testigo fueron plantas sanas que se inocularon únicamente con medio de cultivo PDA. Las plantas se mantuvieron en observación para determinar la aparición de síntomas de muerte de ramas, y entonces registrar el avance de la enfermedad.

Finalmente se midió la severidad de la misma utilizando una escala convencional del 1 al 5 (donde 1 era sano; 2, 3, 4 y 5 representaron 25, 50, 75 y 100% de daño en la copa de la planta, respectivamente). De las plantas afectadas, en el laboratorio de Biotecnología del C.E. Tecomán se reaisló el hongo inoculado, verificando sus características morfológicas.

## Resultados y discusión

En el caso del primer experimento los resultados del análisis por PCR corroboraron la infección por *Candidatus Liberibacter asiaticus*, bacteria asociada al HLB en las plantas de limón mexicano inoculadas por injerto inicialmente. Estas plantas también empezaron a mostrar el síntoma de moteado asimétrico en las hojas característico del HLB a los tres meses (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Después de que estas mismas plantas fueron inoculadas con los aislados fungosos que se identificaron como *Lasiodiplodia* sp., la manifestación de los síntomas iniciales fueron marchitez de hojas a los 14 días después de la inoculación del hongo (DDIH); se pudo observar el avance descendente de la muerte en las ramas a partir del sitio de inoculación a los 16 DDIH, y a los 19 DDIH las plantas mostraban defoliación. El avance promedio de la muerte del tallo de ramas varió de 2.5 a 16.3 cm a los 23 DDIH. Mientras que las plantas del testigo se mantenían sanas. La muerte total o parcial ocurrió en la variedad (copa), pero no en el patrón de las plantas, el cual llegó a rebrotar al no ser afectado. La incidencia de muerte de ramas ocasionada por los cinco aislados del hongo varió del 40 a 100% (Cuadro 1), mientras que la severidad mostró valores de 2.2 a 5.0 (Cuadro 2), pero el máximo valor fue para el aislado 5





(obtenido de mango), el cual también ocasionó el 100% de la muerte de plantas (Cuadro 1), por lo que se puede considerar como el más agresivo.

**Cuadro 1. Incidencia de muerte de ramas a los 180 días en plantas de limón mexicano afectadas por HLB e inoculadas con cinco aislados de *Lasiodiplodia* sp.**

Especie	Testigo	Aislado 1 (Limón mexicano)	Aislado 2 de (Limón mexicano)	Aislado 3 (Limón mexicano)	Aislado 4 (Limón persa)	Aislado 5 (Fruto mango)
Limón mexicano HLB (+)	0%	40%	40%	40%	80%	100%
Limón mexicano HLB (-)	0%	0%	33%	0%	-----	-----
Limón persa HLB (-)	0%	-----	-----	0%	0%	33%

**Cuadro 2. Severidad promedio de muerte de ramas a los 180 días en plantas de limón mexicano afectadas por HLB e inoculadas con cinco aislados de *Lasiodiplodia* sp.**

Especie	Testigo	Aislado 1 (Limón mexicano)	Aislado 2 de (Limón mexicano)	Aislado 3 (Limón mexicano)	Aislado 4 (Limón persa)	Aislado 5 (Fruto mango)
Limón mexicano HLB (+)	1.0	2.2	2.2	2.2	4.2	5.0
Limón mexicano HLB (-)	1.0	1.0	2.3	1.0	-----	-----
Limón persa HLB (-)	1.0	-----	-----	1.0	1.0	1.6

Escala de severidad: 1.0 = sano; 2.0 = 25% de daño, 3.0 = 50% de daño, 4.0 = 75% de daño y 5 = 100% de daño en copa por muerte de ramas.

En el segundo experimento con plantas de limón mexicano y limón persa, sanas inoculadas con tres aislados de *Lasiodiplodia* sp., únicamente los aislados 2 y 5 ocasionaron muerte de ramas en un 33% de ellas (Cuadro 1), con una severidad de 1.0 y 1.6, respectivamente. Los valores son menores a los observados en plantas de limón mexicano, infectados con HLB (Cuadro 2), posteriormente de estas plantas afectadas se reaisló al mismo hongo.

Los aislados fungosos que se obtuvieron de las muestras de limón mexicano, limón persa y mango e inoculados a las plantas de las dos especies de cítricos anteriores y, que además se reaislaron de las plantas que causaron muerte de ramas, presentaron las características reportadas para *Lasiodiplodia* sp., las cuales fueron crecimiento en el medio de cultivo PDA con la formación de micelio aéreo



inicialmente blanco, volviéndose gris y obscureciendo al transcurrir el tiempo, los conidios inicialmente eran de forma ovalada o elipsoidal, hialinos, unicelulares y granulares, en tanto que cuando maduraron eran oscuros y septados (Mendoza y Garza, 1987; Polanco *et al.*, 2019).

En México se ha reportado a *L. theobromae* y *Fomitopsis meliae* como causantes de muerte regresiva en cítricos sin HLB, así como en el cultivo de mango (Polanco *et al.*, 2019; Sandoval *et al.*, 2013). En el presente trabajo se logró aislar a *Lasiodiplodia* sp. de limón mexicano, limón persa y mango, y al evaluar su patogenicidad resultó positiva en plantas de limón mexicano y limón persa. Pero, en el caso de plantas de limón mexicano afectadas por HLB, éste indicó ser un factor que predispone a las plantas para ser infectadas por el hongo con una incidencia y severidad más altas. Además, el reislamiento de este patógeno de las plantas inoculadas, confirmó que infectó a las mismas. En tanto que la inoculación de *Lasiodiplodia* sp. en plantas sanas de limón mexicano y limón persa sin HLB, causó muerte de ramas con menor nivel de incidencia y severidad.

## Conclusiones

1. Se aisló el hongo *Lasiodiplodia* sp. de limón mexicano y limón persa con muerte de ramas en el estado de Colima, y de fruto de mango del estado de Jalisco, habiendo sido identificado por sus características morfológicas.
2. Este patógeno reprodujo principalmente los síntomas observados en cítricos, con una incidencia y severidad mayor cuando se inoculó en plantas de limón mexicano afectadas por HLB en condiciones de invernadero, habiéndose reislado al hongo y se corroboró su identidad.
3. *Lasiodiplodia* sp. en plantas de limón mexicano sin HLB causó muerte de ramas con una incidencia y severidad menores.



## Agradecimientos

Los resultados son parte de proyecto fiscal del INIFAP, “Generación de un paquete tecnológico de limón mexicano variedad Lise bajo un escenario de huanglongbing”.

## Literatura citada

- Li, W., S. J. Hartung and L. Levy. 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus huanglongbing. *Journal of Microbiological Methods* 66(1):104-115.
- Mendoza, L. A. y G. Garza L. 1987. Etiología y control químico de una muerte de ramas en limón mexicano *Citrus aurantifolia* Swingle. p. 66. *In: II Congreso Nacional de Horticultura*. Irapuato, Guanajuato, México.
- Orozco-Santos, M., M.M. Robles-González, J.J. Velázquez-Monreal, M.A. Manzanilla-Ramírez, M.J. Bermúdez-Guzmán, S.H. Carrillo-Medrano *et al.* 2014. El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 475 p.
- Polanco, F. L. G., O. G. Alvarado G., O. Pérez G., R. González G. y E. Olivares S. 2019. Hongos asociados con la muerte regresiva de los cítricos en Nuevo León y Tamaulipas, México. *REMEXCA* 10(4):757-764.
- Sandoval S. M., D. Nieto A., S. Sandoval I., D. Téliz O., M. Orozco S. y H. V. Silva R. 2013. Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia* 47(1):61-73.



## BIOESTIMULANTES Y PRÁCTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN MORELOS, MÉXICO

Rafael Ambriz Cervantes<sup>435\*</sup>, Rafael Ariza Flores<sup>436</sup> e Iran Alía Tejacal<sup>437</sup>

### Resumen

Se evaluaron bioestimulantes y prácticas culturales para la inducción floral en limón persa y obtener producción de invierno, la cual es la de mayor precio en el mercado. En el periodo julio septiembre de 2018, se aplicaron bioestimulantes y prácticas culturales a árboles de limón persa de seis años de edad, los tratamientos fueron: solo poda, poda+ urea, poda+ urea+ anillado, poda+ Biofol®+ anillado, en septiembre se incluyeron poda+ prohexadiona de calcio y poda + Citomax®. Los resultados confirman el efecto sobresaliente de la poda y el efecto del nitrógeno con la aplicación foliar de urea (6.0 kg/ha) en el periodo de julio a septiembre con un rendimiento promedio de 23 t/ha en las cosechas de diciembre a marzo y con una relación B/C 2.5; la calidad del fruto se mantuvo dentro de la norma NMX-FF-077-1996. El producto Citomax® (citoquininas) aplicándolo después de la poda en septiembre presentó un rendimiento de 30 t/ha, con una relación B/C 3.1, por lo que se considera una buena alternativa para incrementar la productividad de una huerta de limón.

**Palabras clave:** sólidos solubles totales, acidez titulable, poda, fruto

<sup>435</sup> Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Correo electrónico: [ambriz.rafael@inifap.gob.mx](mailto:ambriz.rafael@inifap.gob.mx) \*(Autor para correspondencia)

<sup>436</sup> Campo Experimental Igual, INIFAP. Correo electrónico: [ariza.rafael@inifap.gob.mx](mailto:ariza.rafael@inifap.gob.mx)

<sup>437</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos C.P. 62209. Correo electrónico: [iran.alia@uaem.mx](mailto:iran.alia@uaem.mx)





## Introducción

La producción de limón persa en México es estacional de los meses de mayo a septiembre y en este periodo los precios son demasiado bajos debido a la concentración de la oferta, por lo que la producción es poco rentable; en cambio, la producción de invierno presenta mejores precios debido a la escasa oferta del producto. Con las prácticas de poda, anillado y aplicación de bioestimulantes desde julio a septiembre se pueden obtener buenos rendimientos en invierno con mejores precios del mercado aumentando así la productividad y mejorando los ingresos de los productores (Ariza *et al.*, 2004; Ariza *et al.*, 2015).

Morelos ocupa el décimo cuarto lugar en superficie con 349 ha y el noveno en rendimiento medio con 11.4 t ha<sup>-1</sup> de limón persa (SIAP, 2019). Recientemente se han evaluado algunas tecnologías donde se aplican bioestimulantes o se realiza anillado (Ambriz *et al.*, 2013, Ambriz *et al.*, 2013 b; Ambriz *et al.*, 2018). No obstante, existe la necesidad de transferir la tecnología a los productores para que tengan un mejor nivel tecnológico en la atención de sus huertos, además de explorar fechas, prácticas agronómicas y bioestimulantes para mejorar la producción de limón persa en invierno con la finalidad de posteriormente dar a conocer estos resultados a los usuarios de limón persa y ofrecer una alternativa de mejorar su producción e ingresos.

Considerando lo anterior el objetivo fue evaluar y generar tecnologías para la inducción de la floración e incremento de la producción y la rentabilidad del limón persa, además de evaluar y comprobar que las prácticas agronómicas y los bioestimulantes no afectan la calidad del limón persa.

## Materiales y Métodos

En Ahuahuetzingo, Puente de Ixtla, Morelos se establecieron experimentos para evaluar los bioestimulantes y prácticas culturales en árboles de limón persa de seis



años de edad, con una densidad de población de 357 árboles por hectárea manejados como lo indican Alia *et al.* (2011).

Se establecieron cinco tratamientos durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2018: a) poda, b) poda + urea (6.0 kg ha<sup>-1</sup> aplicación foliar), c) poda + urea (6.0 kg ha<sup>-1</sup> aplicación foliar) + anillado de ramas, d) poda + biofol® (3 L ha<sup>-1</sup> aplicación foliar). En el mes de septiembre, se adicionaron dos tratamientos, además de los tratamientos anteriores: e) poda + prohexadiona de calcio (3.0 kg ha<sup>-1</sup> aplicación foliar), f) citomax® (3 L ha<sup>-1</sup> aplicación foliar). El diseño establecido fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue un árbol. Se realizaron cinco cosechas de frutos en las fechas siguientes: del 27 al 30 de noviembre de 2018, del 15 al 17 de enero de 2019, del 9 al 11 de febrero de 2019, del 5 al 6 de marzo y del 25 al 26 de marzo de 2019. En campo se evaluaron el número de frutos por árbol, peso de frutos por árbol y rendimiento por hectárea y en laboratorio la masa de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, porcentaje de jugo y sólidos solubles totales (°Brix) (Alia *et al.*, 2009).

## Resultados y Discusión

El número de flores, frutos, peso de frutos por árbol y el rendimiento total fue significativamente mayor en los árboles de limón persa donde se aplicó la poda o la poda + urea, comparado con el resto de los tratamientos (Cuadro 1). No se detectaron diferencias significativas atribuidas a los tratamientos en las variables masa de fruto, diámetro polar y ecuatorial, porcentaje de jugo y contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 1).

El número de flores fue mayor en los árboles donde se realizó poda + urea (Cuadro 2); sin embargo, el mayor número de frutos, peso de frutos y rendimiento se determinó en los árboles donde se realizó la poda + urea + anillado (Cuadro 2). Los árboles donde se realizó solamente la poda tuvieron los valores menores de los componentes de rendimiento (Cuadro 2). No se determinaron diferencias en los componentes de calidad de los diferentes tratamientos (Cuadro 2).



**Cuadro 1. Resultados de las variables de floración, rendimiento y calidad de fruto del experimento de julio con uso de bioestimulantes y prácticas agronómicas para la inducción floral y producción de limón persa durante el invierno en el estado de Morelos 2018/2019.**

Tratamiento	FloA (Núm.)	FruA (Núm)	PesA (kg)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	MasFru (g)	DP (mm)	DE (mm)	Jugo (%)	SST ° Brix
Poda	48 c	389 bc	43.7 bc	15.6 ab	132	73.41	59.73	46	9.5
Poda + urea	101 a	572 a	60.9 a	21.7 a	136	74.29	60.44	44	9.4
Poda + urea + 83 anillado	ab	509 ab	56.9 ab	20.3 a	133	72.75	61.18	48	9.4
Poda + biofol + 65 anillado	bc	309 c	37.0 c	12.4 b	131	71.89	60.71	45	9.4
D.M.S.	32.8	126	17.2	6.2	22	4.9	3.7	5.2	0.9
C.V.	27.7	18.3	22.4	23.01	10.7	4.3	4.0	7.4	6.6
Significancia	*	*	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); C.V.= coeficiente de variación; DMS= significativo a > 0.05, > 0.01, > 0.0001 (\*, \*\*, \*\*\*), n. s.= no significativo. FloA= Flores por árbol, FruA= Frutos por árbol, PesA= Peso de frutos por árbol, MasFru= Masa de fruto, DE= Diámetro polar, Diámetro ecuatorial, SST= Sólidos solubles totales.

**Cuadro 2. Resultados de las variables de floración, rendimiento y calidad de fruto del experimento de agosto con uso de bioestimulantes y prácticas agronómicas para la inducción floral y producción de limón persa durante el invierno en el estado de Morelos 2018/2019.**

Tratamiento	FloA (Núm.)	FruA (Núm)	PesA (kg)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	MasFru (g)	DP (mm)	DE (mm)	Jugo (%)	SST ° Brix
Poda	61 ab	429 b	48.9 b	17.46 b	135	73.0	60.7	46	9.1
Poda + urea	91 a	615 ab	72.2 ab	25.77 ab	136	73.4	61.3	46	9.0
Poda + urea + 56 anillado	b	789 a	84.4 a	30.13 a	139	74.4	62.1	47	9.3
Poda + biofol + 78 anillado	ab	476 b	55.6 ab	20.12 ab	136	74.0	61.0	45	9.6
DMS	30.5	236	28.7	10.2	26.8	5.9	2.9	6.7	0.9
CV	27.7	26.6	28.5	28.5	12.7	5.1	3.1	9.6	6.6
Significancia	*	*	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); C.V.= coeficiente de variación; DMS= significativo a > 0.05, > 0.01, > 0.0001 (\*, \*\*, \*\*\*), n. s.= no significativo. FloA= Flores por árbol, FruA= Frutos por árbol, PesA= Peso de frutos por árbol, MasFru= Masa de fruto, DE= Diámetro polar, Diámetro ecuatorial, SST= Sólidos solubles totales.

La aplicación de Citomax® y la poda + urea fueron los tratamientos que mayor número de frutos, peso de frutos y rendimiento de frutos se obtuvo (Cuadro 3). La



aplicación de Biofol® mostró los menores rendimientos (Cuadro 3). No se determinaron diferencias en las variables de calidad de los diferentes tratamientos evaluados (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Resultados de las variables de floración, rendimiento y calidad de fruto del experimento de septiembre con uso de bioestimulantes y prácticas agronómicas para la inducción floral y producción de limón persa durante el invierno en el estado de Morelos 2018/2019.**

Tratamiento	FloA (Núm.)	FruA (Núm)	PesA (kg)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	MasFru (g)	DP (mm)	DE (mm)	Jugo (%)	SST ° Brix
Poda	45 ab	465 bc	48.9 bc	17.5 bc	127	70.1	60.2	48	9.3
Poda + urea	47 ab	592 ab	63.3 b	22.6 b	138	72.6	60.5	47	9.2
Poda + urea anillado	+45 ab	442 bc	51.8 bc	18.5 bc	143	72.7	61.9	47	9.3
Poda + biofol anillado	+33 b	361 c	42.2 c	15.0 c	141	75.2	60.9	46	9.4
Poda prohexadiona de Ca	+53 a	442 bc	49.5 bc	17.6 bc	140	71.9	61.5	44	9.3
Poda + Citomax	50 a	694 a	85.0 a	30.3 a	134	66.6	60.7	45	9.6
DMS	17.7	192.7	19.9	7.13	22.18	4.5	2.7	7.3	1.0
CV	26.8	25.9	23.6	23.7	10.9	4.0	2.9	10.7	7.3
Significancia	*	**	**	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Promedios con letras diferentes en el sentido de las columnas indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 0.05); C.V.= coeficiente de variación; DMS= significativo a > 0.05, > 0.01, > 0.0001 (\*, \*\*, \*\*\*), n. s.= no significativo. FloA= Flores por árbol, FruA= Frutos por árbol, PesA= Peso de frutos por árbol, MasFru= Masa de fruto, DE= Diámetro polar, Diámetro ecuatorial, SST= Sólidos solubles totales.

Existieron diferencias altamente significativas principalmente en las variables de rendimiento, por las prácticas realizadas y por los biestimulantes aplicados. Por lo tanto, si se realiza solamente la poda, se tiene en promedio un rendimiento de 16.8 t/ha y si se aplica poda más la urea se incrementa el rendimiento a 23.3 t/ha. Realizar la práctica del anillado de ramas es opcional, debido a que es potencial entrada de patógenos que pueden afectar en forma importante a la planta. El Biofol® ha dejado de ser una buena opción y mucho menos es costeable la aplicación de prohexadiona de calcio que por su alto costo no representa una opción viable; en cambio, en este trabajo, el producto Citomax® presentó el mayor rendimiento (30.3





t/ha) en limón persa en invierno, lo cual se refleja en el análisis económico en la relación beneficio costo (Cuadro 4).

En cuanto a calidad del fruto, todos los tratamientos en estudio se encuentran dentro de los parámetros de calidad de la norma MX-FF-077-1996. Por ejemplo, el diámetro ecuatorial se encuentra entre los 59.73 a 62.10 mm, el porcentaje de jugo de 44 a 48 % y los sólidos solubles totales de 9.0 a 9.6 °Brix. Los análisis estadísticos de calidad del fruto no mostraron diferencias significativas entre tratamientos por lo que se puede decir que los bioestimulantes y las prácticas para producir limón persa de invierno no afectan la calidad del fruto (Cuadro 1-3).

**Cuadro 4. Análisis económico de los tratamientos de los experimentos de uso de bioestimulantes y prácticas agronómicas para la inducción floral y producción de limón persa durante el invierno en el estado de Morelos 2018/2019 (Tomando el precio medio rural del limón \$10.00/kg).**

Tratamiento	Costo de cultivo \$/ha	Rendimiento T/ha	Ingreso bruto (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)	B/C	Trc
Poda julio	85,000	15.6	156,000	71,000	1.8	0.8
Poda agosto	85,000	17.5	175,000	90,000	2.0	1.0
Poda septiembre	85,000	17.5	175,000	90,000	2.0	1.0
Promedio Poda	85,000	16.8	168,000	83,000	1.9	0.9
Poda + urea julio	95,000	21.7	217,000	122,000	2.3	1.3
Poda + urea agosto	95,000	25.8	258,000	163,000	2.7	1.7
Poda + urea septiembre	95,000	22.6	226,000	131,000	2.4	1.4
Promedio Poda + Urea	95,000	23.3	233,000	138,000	2.5	1.5
Poda+urea+anillado julio	100,000	20.3	203,000	103,000	2.0	1.0
Poda + urea + anillado agosto	100,000	30.1	301,000	201,000	3.0	2.0
Poda + urea + anillado septiembre	100,000	18.5	185,000	85,000	1.8	0.8
Promedio Poda + Urea + Anillado	100,000	22.9	229,000	129,000	2.3	1.3
Poda + biofol + anillado julio	97,000	12.4	124,000	27,000	1.3	0.3
11.- poda + biofol + anillado agosto	97,000	19.9	199,000	102,000	2.0	1.0
12.- poda + biofol + anillado septiembre	97,000	15.0	150,000	53,000	1.5	0.5
Promedio Poda + Biofol® + Anillado	97,000	15.7	157,000	60,000	1.6	0.6
Poda + Prohexadiona de calcio septiembre	167,000	17.6	176,000	9000	1.0	0.0
Poda + Citomax® septiembre	97,000	30.3	303,000	206,000	3.1	2.1



## Conclusiones

El uso de bioestimulantes y las prácticas agronómicas para inducir la floración y la producción de limón persa en invierno en el estado de Morelos son efectivas durante el periodo de julio a septiembre, la realización de la poda y la aplicación de urea foliar (6.0 kg/ha) tiene los mejores efectos en el rendimiento de limón persa de invierno y en la relación beneficio costo.

El uso de productos que contengan citoquininas como es el caso del Citomax® presenta una muy buena opción para mejorar los rendimientos de limón persa de invierno.

La calidad de los frutos no es afectada por la aplicación de los bioestimulantes y de las prácticas agronómicas para producir limón persa de invierno.

**Agradecimientos:** al Sr. José Abundez Sámano productor cooperante.

## Literatura citada

- Alía, T. I., M.N. Beltrán, A. Lugo A., R. Ariza F. 2009. Calidad de limón persa y naranja valencia en el estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. Folleto Técnico Núm. 41. 23 p.
- Alía, T. I., A. Lugo A., A. Flores R. 2011. Manual de tecnologías de producción en limón persa y naranja valencia en el estado de Morelos. INIFAP. 82 p.
- Ambriz, C. R., R. Ariza F., I. Alía T., A. C. Michel A., A. Barrios A., M. A. Otero S. 2018. Efecto del anillado y bioestimulantes en la floración, producción y calidad de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) en invierno. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(4): 711
- Ambriz, C. R., I. Alía T., R. Ariza F. 2013 b. Producción de limón persa en época de oferta escasa. Inventio 31-36.



- Ambriz, C. R., Alía, T. I., Ariza F. R., Lugo A. A., Andrade R. M., López M.V., Villegas T. O. G., Guillén S. D. 2013 a. Ensayo de inducción de la floración de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Morelos, México. *Ciencias Agrícolas Informa* 22(1): 4-14.
- Ariza, F. R., A. Barrios A., M. Herrera G., F. Barbosa M., A. C. Michel A., M. A. Otero S., I. Alía T. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(7): 1653-1666.
- SIAP. 2019. Cierre de la producción agrícola 1980-2018. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.



## TRANSMISIÓN DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* Y *Citrus tristeza virus* POR INJERTO

Grisel Negrete Fernández<sup>438</sup>, Ángel Villegas Monter<sup>438\*</sup> y Rosalba Contreras Maya<sup>438</sup>

### Resumen

Los cítricos son considerados como fruta universal, se cultivan en más de 130 países. En 2017, México ocupó el cuarto lugar en producción a nivel mundial, siendo Veracruz el principal productor de naranja y lima persa. La citricultura actualmente es afectada por plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria y económica. En 2018, en el municipio de Cazones, Veracruz se detectó la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) y *Citrus tristeza virus* (CTV) en un árbol de naranja, de este se colectaron dos varetas, de las cuales se tomaron seis yemas de una y cuatro de la segunda para ser injertadas en plantas de limón volkameriano de cuatro meses, lo anterior se realizó con el objetivo de transmitir CLas y CTV por injerto de yema de una planta positiva a ambos patógenos; posteriormente a los 80, 150 y 200 días después del injerto (ddi) se tomaron muestras de cada planta que fueron analizadas por PCR y RT-PCR con iniciadores específicos para la detección de CLas y CTV respectivamente. De las muestras de raíz y hoja colectadas a los 80 ddi resultaron negativas a CTV, en cambio para CLas seis muestras fueron positivas, de estas, dos fueron positivas tanto el injerto como el portainjerto, en tres se detectó en el injerto y una en el portainjerto, debido a que no se tenía material del injerto. Para los muestreos realizados a los 150 y 200 ddi se tomaron muestras de brotes de los injertos, las cuales resultaron negativas a CTV y positivas a CLas. Hasta el momento, el árbol de naranja positivo a estos patógenos donde se tomaron las varetas sigue viva al igual que las plantas injertadas, aun cuando se realizó la transmisión de la bacteria. De esta manera se demuestra, la transmisión por injerto

---

<sup>438</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. [villema@hotmail.com](mailto:villema@hotmail.com)





y que al obtener material propagativo no certificado es una manera de dispersión de microorganismos fitopatógenos.

**Palabras clave:** Cítricos, bacterias, Huanglongbing, tristeza de los cítricos, virus, portainjertos

## Introducción

El cítrico es un cultivo destacado que se cultiva ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales entre los paralelos de 40° N y 40° S, en más de 130 países que abarcan seis continentes, pueden considerarse con razón como una fruta universal, siendo el cultivo de árboles frutales más importante, con una producción mundial superior a la de otros árboles caducifolios, como manzanas, peras, duraznos y ciruelas (Zhang, 2014).

En el género *Citrus*, se incluyen Naranja (*Citrus sinensis* (L) Osb.), Lima persa (*Citrus latifolia* Tan), Mandarina (*Citrus reticulata* B), Pomelo (*Citrus paradisis* Macf) y diversos híbridos, que se ubican entre los frutales de mayor consumo e importancia económica (Wu *et al.*, 2018; Gmitter *et al.*, 2012).

La producción mundial de cítricos en 2017 alcanzó más de 133 millones de toneladas, donde las naranjas constituyen el 55%, las mandarinas 25%, limones y limas 13% y pomelos 7%; concentrándose principalmente en China, Brasil, India, México y los Estados Unidos de América. México ocupa el cuarto lugar en producción (FAO, 2019), siendo Veracruz el productor principal de naranja y lima persa (Atlas 2018).

La producción de cítricos está afectada por plagas de importancia cuarentenaria y económica, como *Candidatus Liberibacter* spp. y *Citrus tristeza virus* (CTV), ambos están restringidos a las células del floema; son transmitidos y dispersados por insectos vectores, transmisión mecánica e injertos, donde el ser humano juega un papel importante en la dispersión de tales organismos, por su constante búsqueda e importación de material propagativo con alto potencial genético; que, en ocasiones, dicho material no está debidamente certificado (Lee, 2008).



Al presente, se reportan tres  $\alpha$ -proteobacterias gramnegativas no cultivables restringida a elementos cribosos del floema asociadas con la enfermedad de Huanglongbing: *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), *Candidatus Liberibacter africanus* (CLaf) y *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam). El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es el principal vector en Asia y América, mientras que el psílido africano *Trioza erytreae* Del Guercio, es el principal vector en África (Lin *et al.*, 2017).

El HLB, ocasiona reducciones importantes en la calidad y el rendimiento de la fruta, síntomas foliares como moteado irregular, clorosis severa similar a deficiencia nutricional, coloración incompleta de fruta madura y acortamiento de la vida útil de los árboles infectados (Lin *et al.*, 2017); reduce la tasa de crecimiento vegetativo, de materia seca en hojas y raíces, altura de la planta y diámetro del tallo (Shokrollah *et al.*, 2011); reducción en el número y el peso de las semillas (Albrecht y Bowman, 2009).

En 2009, se detectó en México la presencia de HLB en muestras colectadas en árboles de traspatio ubicados en los Municipios de Tizimín, Río Lagartos, Mocochoá y Chemax en el estado de Yucatán y Lázaro Cárdenas en el Estado de Quintana Roo; como medida de control se eliminaron las plantas infectadas (NAPPO, 2009). En 2011, se notificó una muestra positiva en el municipio de Tempoal, Veracruz, que posteriormente fue erradicada (SENASICA, 2012), en 2018, se notifica oficialmente a 26 municipios de la entidad con presencia de HLB (SENASICA, 2018) al presente, la enfermedad se encuentra distribuida en todos los estados citricultores.

La enfermedad de la tristeza de los cítricos está ampliamente distribuida a nivel mundial y es inducida por *Citrus tristeza virus*, un miembro de la familia *Closteroviridae*, con RNA genómico (gRNA) monocatenario y de sentido positivo de aproximadamente ~19 kb de tamaño (Karasev *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 2008). El CTV está restringido al floema, se dispersa a larga distancia por el movimiento de plantas y material propagativo infectado, es transmitido de manera semipersistente por varias especies de pulgones, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) y *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae), los cuales son los vectores más eficientes (King *et al.*, 2012). Las cepas de CTV pueden clasificarse de débiles a severas en función del



tipo y la intensidad de los síntomas causados en diferentes huéspedes cítricos. Las cepas débiles de CTV no causan síntomas en la mayoría de los árboles y, por lo general, no provocan pérdidas económicas, mientras que las cepas severas de CTV inducen distintos síndromes, que incluyen la decadencia rápida y la muerte, picadura del tallo, amarillamiento de plántulas y aclaramiento de nervaduras (Dawson *et al.*, 2013). Basado en el análisis filogenético de secuencias de nucleótidos de la región genómica más variable, el CTV se ha dividido en siete genotipos: T3, T30, T36, VT, B165 / T68, RB y HA16-5 (Dawson *et al.*, 2015).

En 1983, México detectó por primera vez la presencia de CTV en el Estado de Tamaulipas y en 1986 en Veracruz, en ambos casos se determinó la eliminación de los árboles afectados. Posteriormente, se detectó en 1992 y 1993 en el Estado de Veracruz, para ese entonces, alrededor de 95% de las plantaciones comerciales utilizaban como portainjerto al naranjo agrio (*Citrus aurantium*) (NOM, 2000). Aún con las acciones llevadas a cabo para evitar su diseminación, a la fecha la enfermedad de la tristeza de los cítricos está distribuida en las zonas productoras de cítricos.

El objetivo de esta investigación fue comprobar la transmisión de CLas y CTV por injerto de yemas de un árbol de naranja positivo a ambos patógenos en el municipio de Cazones, Veracruz.

## **Materiales y métodos**

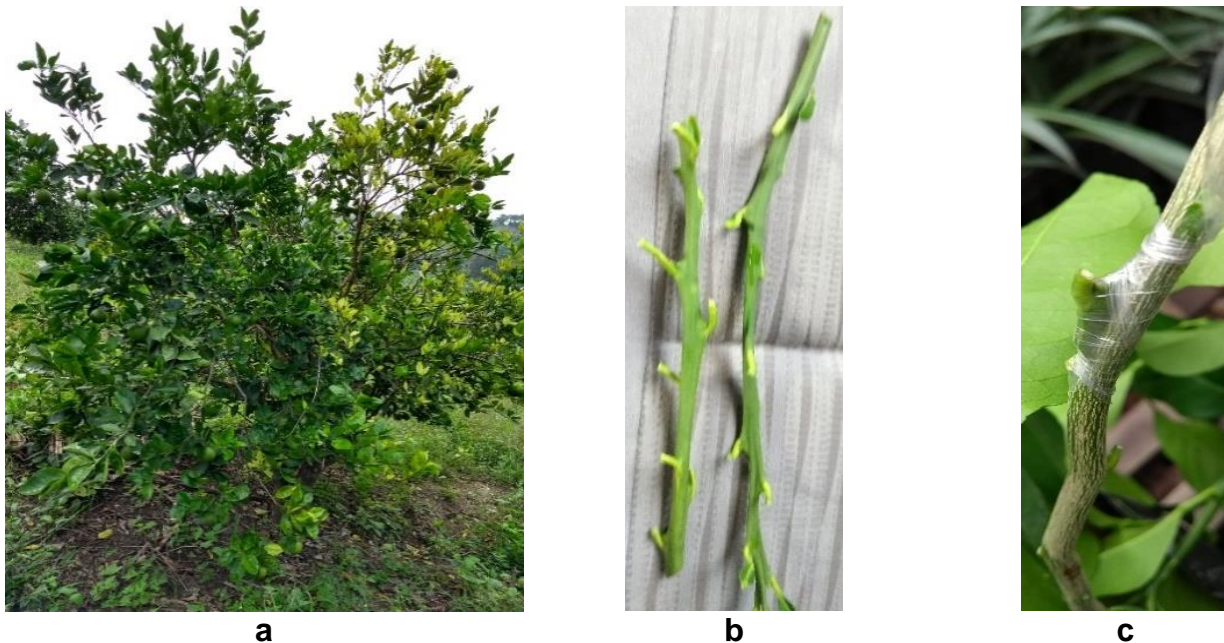
La investigación se llevó a cabo en espacio protegido ubicado en Cazones, Veracruz; los análisis moleculares se realizaron en el laboratorio de Cultivo In vitro del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad (PRGP) Fisiología vegetal, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Estado de México.

Se utilizaron como portainjertos diez plantas de cuatro meses de limón volkameriano (*Citrus Volkameriana* Ten. & Pasq.), provenientes de un vivero certificado, las cuales fueron injertados cada uno con una yema de naranja (*C. sinensis*) originarias de un árbol que resulto positivo a CLas y CTV variante T30. Las





yemas se tomaron de dos varetas diferentes del mismo árbol colectadas el 14 de octubre de 2018, se lavaron con agua y jabón y se desinfectaron con fungicida, los injertos se realizaron el 16 de octubre de 2018, de una vareta se tomaron seis yemas y de la segunda se tomaron cuatro (Figura 1).



**Figura 1. Material vegetal para injertar. a) Árbol de naranja positivo a HLB y CTV, b) varetas y c) injerto de yema en limón volkameriano.**

Las platas se mantienen en invernadero, con riego y fertilización, cada una fue cubierta con una estructura de metal con malla antiáfidos para mantenerlas aisladas, protegidas y evitar la introducción de insectos vectores.

Posteriormente se tomaron muestras de raíz y hojas (Figura 2) a los 80 días después del injerto (ddi) y de hojas a los 150 y 200 ddi (Tabla 2) para su análisis por las técnicas moleculares de Reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) y transcripción inversa-PCR (RT-PCR) para la detección de CLas y CTV respetivamente.





a



b

**Figura 2. Muestras analizadas a los 80 ddi. a) raíces del portainjerto (limón volkameriano) y b) hojas del injerto (naranja).**

Las raíces fueron lavadas con agua para eliminar el suelo que estaba adherido a ellas, las hojas se limpiaron con un algodón impregnado de alcohol al 70% y de estas se tomó la nervadura central. La extracción de ácidos nucleicos se realizó de acuerdo con el protocolo de extracción de DNA de Dellaporta (1983), con 0.2g de muestra; al finalizar la extracción se procedió a realizar la verificación de la cantidad, calidad e integridad de los ácidos nucleicos totales con el espectrofotómetro marca NanoDrop™ 2000.

Para la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Citrus tristeza virus* se utilizaron los iniciadores específicos que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Secuencias de iniciadores para la detección de Clas y CTV.**

Patógeno	Secuencia de Iniciadores de 5' a 3'	Fragmento pb	Gen	Primers descritos por
<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>	O1l (GCGCGTATGCAATACGAGCGGCA) O2c (GCCTCGCGACTTCGCAACCCAT)	1160	16s ribosomal RNA	Jagoueix et al., 1996
<i>Citrus tristeza virus</i>	CPK-F (AACGCCCTTCGAGTCTGGGGTAGGA) CPK-R (TCAACGTGTGTTGAATTTCCCAAGC)	273	p25 que codifica la capa proteica (CP)	la Kong et al., 2000

En la reacción de transcripción inversa (RT) para la detección de CTV a cada tubo de Eppendorff se le adicionaron 0.625  $\mu$ M de cada primer F y R en 4  $\mu$ L de agua + 200ng/ $\mu$ L de RNA molde de cada muestra y se incubó a 72°C por 5 min en un termociclador Techne® TC-512.



Posteriormente, los tubos se colocaron en hielo por 10 min. A cada muestra se adicionaron 4  $\mu\text{L}$  de la mezcla que contenía Buffer 1.25X, 0.025 M de DTT (PROMEGA), 1.25 mM  $\mu\text{L}$  de dNTP´s Mix (PROMEGA), 100 U de M-MLV Reverse Transcriptase (PROMEGA), colocando los tubos en un termociclador a 42°C por 60 min seguidos de 72°C por 10 min.

La PCR se realizó agregando a cada tubo 9  $\mu\text{L}$  de la mezcla que contenía Green buffer GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA) 0.83 X, 0.83 mM de  $\text{MgCl}_2$ , 0.166 mM de dNTP´s, 0.5  $\mu\text{M}$  de cada primer F y R, 0.5 U de GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA), 2  $\mu\text{L}$  de cDNA y 5.1  $\mu\text{L}$  de agua. Las condiciones de la primer PCR propuestos por Rivas *et al.* (2008), fueron: un ciclo de 1 min 94 °C, 35 ciclos de 1 min a 94 °C, 1 min a 55 °C y 1 min a 72 °C con una extensión final de 10 min a 72 °C.

Para el caso de Clas fue PCR directa, el volumen de reacción final de 11  $\mu\text{L}$  contenía Green GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA) 0.91 X, 0.91 mM de  $\text{MgCl}_2$ , 0.18 mM de dNTP´s, 0.55  $\mu\text{M}$  de cada primer F y R, 0.55 U de GoTaq DNA Polimerasa (PROMEGA), 200ng/ $\mu\text{L}$  de DNA y 5.1  $\mu\text{L}$  de agua con las siguientes condiciones: un ciclo de 3 min 94 °C, 30 ciclos de 30 seg a 94 °C, 45 seg a 60 °C y 45 seg a 72 °C con una extensión final de 10 min a 72 °C. Los productos de PCR, se analizaron mediante electroforesis a 90 volts durante 120 minutos en un gel de agarosa al 2%, la tinción de este se llevó a cabo en una cámara con solución de bromuro de etidio, finalmente el gel se observó en un analizador de imágenes.

## Resultados

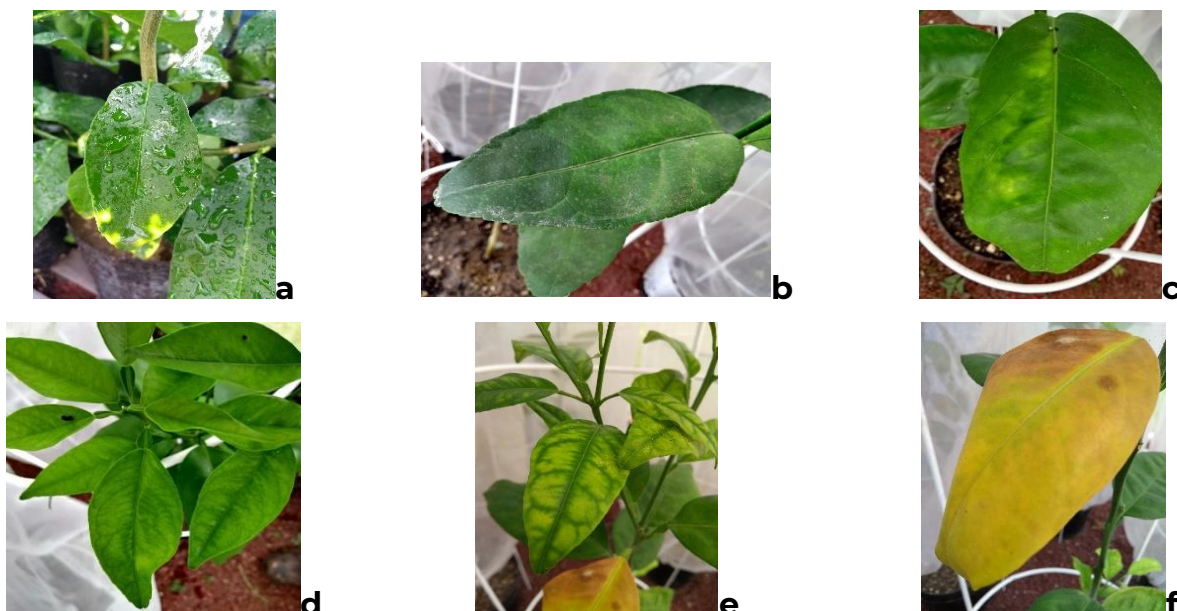
Se obtuvo 100 % de prendimiento de plantas injertadas. En las tres fechas de muestreo, en todos los diagnósticos realizados para la detección de CTV, las muestras resultaron negativas, en cuanto a la detección de CLAs, en la Tabla 2 se indican los resultados obtenidos tanto del injerto como del portainjerto en su caso.

**Tabla 2. Resultados de los análisis de PCR para la detección de CLAs de los muestreos realizados a los 80, 150 y 200 días después del injerto (ddi).**

Muestra	Procedencia	80 ddi		150 ddi	200 ddi
		Portainjerto		Injerto	Injerto
		Raíz	Hoja	Hoja	Hoja
1	Vareta 1				
2	Vareta 1				
3	Vareta 1				
4	Vareta 1				
5	Vareta 1				
6	Vareta 1				
7	Vareta 2				
8	Vareta 2				
9	Vareta 2				
10	Vareta 2				

Color oscuro muestras positivas y color claro muestras negativas a CLAs.

Durante el desarrollo de las plantas, se observaron en las hojas moteados, amarillamientos y deformación (Figura 3).



**Figura 3. Síntomas observados en naranja injertada sobre limón volkameriano. (a, b, d, e, f) amarillamiento en diferentes grados; (c,d) deformación de hoja.**

### Discusión

De acuerdo con Ghosh y colaboradores (2018), *Candidatus Liberibacter* spp. daña significativamente la producción de cítricos en todo el mundo al reducir la vida útil





de los árboles, su productividad y la calidad con pérdida de rendimiento estimada de 30 al 100%, la bacteria puede afectar a todos los cultivares comercialmente importantes (Lin *et al.*, 2017), entre ellos las naranjas que son altamente susceptibles (Albrecht *et al.*, 2012).

Hasta el momento tanto el árbol positivo a CLas y CTV como las plantas que se injertaron con las yemas de éste y que resultaron positivas a la bacteria siguen con vida, por lo que habrá de continuar con su evaluación y observación del desarrollo de la enfermedad, ya que la expresión de los síntomas del Huanglongbing depende del tipo de huésped, la cepa del patógeno, la combinación portainjerto-injerto, la edad del árbol y las condiciones ambientales (Ghosh *et al.*, 2018).

La producción de frutales en el mundo, los portainjertos y cultivares establecen la rentabilidad comercial de la empresa citrícola, pero el portainjerto es el componente crítico; de lo contrario, los cultivares se establecerían en sus propias raíces. En algunos casos, los portainjertos son el único elemento determinante que permite cultivar cítricos en circunstancias particulares. Sin embargo, a pesar de su popularidad y necesidad, cada portainjerto tiene uno o más rasgos indeseables que excluyen su universalidad (Castle, 2010).

Albrecht y colaboradores (2012) notificaron la tolerancia de algunos portainjertos a CLas, en donde demostraron que el portainjerto no afectó la incidencia de la bacteria y que los árboles en todos los portainjertos mostraron daños considerables. Sin embargo, la tolerancia a CLas fue mayor en los árboles injertados en limón volkameriano, US-852, Citrange Benton y Citrumero Swingle; en esta investigación se utilizó limón volkameriano como portainjerto y de acuerdo con los resultados mencionados anteriormente, podría ser la causa de que las plantas toleren a la bacteria.

Fu *et al.* (2017), indican que la respuesta de la naranja a la infección por CLas o CTV ha sido caracterizada previamente. Pero debido a la presencia de estos en el floema, la coinfección por ambos patógenos es muy común y podría conducir a una interacción de sinergismo entre la bacteria y el virus provocando severos síntomas en la planta. Los resultados obtenidos en su investigación con plantas infectadas





con CLas y aislamientos débiles y severos de CTV, demostraron que dependiendo de la variante de CTV el grado de severidad es diferente.

En esta investigación las yemas que se utilizaron como injertos, se tomaron de un árbol de naranja que previamente se detectó positivo a HLB y CTV, sin embargo, con base a los análisis de PCR y RT-PCR, las plantas fueron positivas a HLB y negativas a CTV, por lo tanto, los resultados obtenidos son contrarios a lo encontrado por Fu y colaboradores en 2017.

A nivel mundial, se ha detectado que muchas de las enfermedades que se presentan en las huertas de cítricos tienen su origen en el material propagativo, por lo cual, se han establecido programas de certificación de producción de material propagativo sano con alto potencial genético (Lee, 2008). En este caso, demostramos que, al injertar yemas de naranja infectadas con la bacteria provenientes de un árbol contaminado, propagamos la enfermedad y realizamos la transmisión a plantas sanas, como lo indica Ghosh y colaboradores, (2018), *Candidatus Liberibacter asiaticus* es un patógeno que se transmite fácilmente por injerto.

Desafortunadamente, en México aún se continúa con la producción de material propagativo de cítricos a partir de material de origen desconocido, donde la selección de semillas y yemas se da de manera empírica de árboles que se muestran vigorosos, productivos y aparentemente tolerantes a plagas y enfermedades (Robles-García *et al.*, 2008).

## Conclusiones

1. Se demostró la transmisión por injerto de CLas desde los 80ddi, no así el CTV (T30) los cuales cohabitan en la planta original desconociéndose aún el efecto de la interacción en su diagnóstico y desarrollo.
2. Con base a los resultados de esta investigación, se comprueba que el obtener material propagativo infectado con fitopatógenos, se tendrán plantas contaminadas, por lo cual es necesario tener material vegetal certificado para



evitar la propagación y dispersión de plagas y enfermedades que conlleva a pérdidas en rendimiento.

## Literatura citada

- Albrecht, U. and K.D. Bowman. 2009. *Candidatus Liberibacter asiaticus* and huanglongbing effects on citrus seeds and seedlings. HortScience 44:1967–1973.
- Albrecht, U., McCollum, G., Bowman, K. D. 2012. Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) trees. Scientia Horticulturae 138:210-220
- Atlas Agroalimentario. 2018. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018). Consulta noviembre 2018.
- Castle, W. S. 2010. A Career Perspective on Citrus Rootstocks, Their Development, and Commercialization. Hort Science 45(1):11–15.
- Dawson, W. O.; Garnsey, S. M.; Tatineni, S.; Folimonova, S. Y.; Harper, S. J. and Gowda, S. 2013. *Citrus tristeza virus*-hostinteractions. Front. Microbiol. 4:88. doi: 10.3389/fmicb.2013.00088
- Dawson, W. O.; Bar-Joseph, M.; Garnsey, S. M. and Moreno, P. 2015. Citrus Tristeza Virus: Making an Ally from an Enemy Annu. Rev. Phytopathol. 2015. 53:7.1–7.19
- Dellaporta, S. L.; Wood, J.; Hicks, J.B. 1983. A plant DNA minipreparation: Version II. Plant Molecular Biology Reporter. 1(4):19-21.
- FAO [Food and Agriculture Organization]. Faostat. Food and agriculture data., 2019. Recuperado <http://www.fao.org/faostat/en/>.
- Fu, S.; Shao, J.; Paul, C.; Zhou, C. and Hartung, J. S. 2017. Transcriptional analysis of sweet Orange trees co-infected with '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' and mild or severe strains of Citrus tristeza virus. BMC Genomics 8:837
- Fu, S.; Shao, J.; Zhou, C. and Hartung, J. S. 2017. Co-infection of Sweet Orange with Severe and Mild Strains of Citrus tristeza virus Is Overwhelmingly Dominated by the Severe Strain on Both the Transcriptional and Biological Levels. Front. Plant Sci. 8:1419. doi: 10.3389/fpls.2017.01419



- Ghosh, D.K.; Kokane, S.B.; Kokane, A. D.; Warghane, A.J.; Motghare, M. R.; Bhose, S.; Kumar S. A. and Krishna R. M. 2018. Development of a recombinase polymerase based isothermal amplification combined with lateral flow assay (HLB-RPA-LFA) for rapid detection of "*Candidatus Liberibacter asiaticus*" PLoS ONE 13 (12):1-23 e0208530. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208530>
- Gmitter, F. G.; Chen, C.; Machado, M. A.; Alves de Souza; A. Ollitrault P.; Froehlicher Y.; Shimizu, T. 2012. Citrus genomics. *Tree Genetics & Genomes* 8:611- 626.
- Jagoueix, S., J. M.; Bove and M. Garnier. 1996. PCR detection of two *Candidatus Liberibacter* species associated with greening disease of citrus. *Mol. Cell. Probes*.10: 43-50.
- Karasev, A. V., Boyko, V. P., Gowda, S., Nikoleva, O. V., Hilf, M. E., Koonin, E. V., Nibleet, K. Cline, K.; Gumpf, D. J.; Lee, R. F.; Garnsey, S.M.; Lewandowski, D.J. and Dawson, W. O. 1995. Complete sequence of the Citrus tristeza virus RNA genome. *Virology* 208, 511–520. doi: 10.1006/viro.1995.1182
- King, A. M. Q; Adams, M. J.; Carstens, E. B. and Lefkowitz, E. J. (eds). 2012. *Virus Taxonomy Classification and Nomenclature of Viruses Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier. Academic Press. Editors.1327 p.
- Kong, P., Rubio, I., Polek, M., & Falk, B. W. (2000). Population structure and genetic diversity within California citrus tristeza virus (CTV) isolates. *Virus Genes*, 21(3):139-145. doi: 10.1023/A:1008198311398
- Lee, Richard. 2008. Programas de certificación de cítricos. <http://www.conciturver.com/manualdesaneamientoydiagnostico/PROGRAMAS%20DE%20CERTIFICACION%20PARA%20CITRICOS.pdf> [Consultado el 20 de mayo de 2018]
- Lin C. Y.; Tsai C. H.; Tien, H. J.; Wu, M. L.; Su, H. J.; and Hung, T. H. 2017. Quantification and ecological study of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in citrus hosts, rootstocks and the Asian citrus psyllid. *Plant Pathology* 66:1555-1568
- Moreno, P.; Ambros, S.; Albiach-Martí, M. R.; Guerri, J.; and Pena, L. 2008. Citrus tristeza virus: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Mol. Plant Pathol.* 9, 25-268. doi: 10.1111/j.1364-3703.2007.00455.x



- NAPPO (North American Plant Protection Organization), 2009. Actualización de la detección de Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) en Árboles de traspatio en los Estados de Yucatán y Quintana Roo, México [https://www.pestalerts.org/espanol/oprDetail\\_print.cfm?oprid=401](https://www.pestalerts.org/espanol/oprDetail_print.cfm?oprid=401) [Consultado el 12 de septiembre de 2019]
- NORMA Oficial Mexicana NOM-031-FITO-2000, Por la que se establece la campaña contra el virus tristeza de los cítricos.
- Rivas-Valencia, P., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S., & Lomas-Barrié, C., T. 2017. Chronic infection of the citrus tristeza virus in *Citrus sinensis* / *C. aurantium* trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. Revista Chapingo Serie Horticultura, 23(3), 187-202. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.028>
- Robles-García, P. L.; Sánchez-Anguiano, H.; Loeza-Kuk, M. E. 2008. Programa Nacional de Certificación de Material Propagativo de Cítricos en México. <http://www.concitver.com/manualdesaneamientoydiagnostico/PROGRAMA%20NACIONAL%20DE%20CERTIFICACION%20DE%20MATERIAL%20PROPAGATIVO%20DE.pdf> [Consultado el 19 de mayo de 2018]
- SENASICA, 2012. Cambio de estatus fitosanitario de HLB en Veracruz. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/cambio-de-estatus-fitosanitario-de-hlb-en-veracruz>
- SENASICA, 2018. No de oficio B00.01.01.01.03-00556/2018.
- Shokrollah, H; Abdullah, T. L.; Sijam, K.; Abdullah, S. N. A. 2011. Potential use of selected citrus rootstocks and interstocks against HLB disease in Malaysia. Crop Protection 30: 521-525.
- Wu, G, A.; Terol, J.; Ibanez, V.; López-García, A.; Pérez-Román, E.; Borredá, C.; Domingo, C.; Tadeo, F. R.; Carbonell-Caballero, J.; Alonso, R.; Curk, F.; Du, D.; Ollitrault, P.; Roose, M. L.; Dopazo, J.; Gmitter, F. G.; Rokhsar, D. S. and Talon, M. 2018. Genomics of the origin and evolution of Citrus. Nature. 554:311-316
- Zhang, J. 2014. *Lasiodiplodia theobromae* in Citrus Fruit (Diplodia Stem-End Rot) In: Postharvest Decay: Control Strategies Ed. Silvia Bautista-Baños. Academic Press. Elsevier. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Yautepec Morelos, México.





## PRESENCIA DE BLIGHT EN NARANJO 'VALENCIA' Y TORONJO 'RÍO RED' EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Juan Jasso-Argumedo<sup>439</sup>

### Resumen

El estudio se realizó en diversas huertas ubicadas en la zona citrícola de Yucatán. Se seleccionaron árboles con síntomas similares al blight (declinamiento, escaso follaje, deficiencias de zinc, chupones y ausencia de daños y/o presencia de *Phytophthora*, cancro basal y sequía), cuyo portainjerto fuera diferente al naranjo Agrio, tales como: Volkameriana, citrange Carrizo, citrange Troyer y citrumelo Swingle. En un primer trabajo se realizó el muestreo en tres huertas con síntomas aparentes de blight y en ellas se seleccionaron 10, 10 y seis árboles, respectivamente. En un segundo trabajo se muestrearon cinco árboles de apariencia sana y cinco árboles de apariencia enferma sobre diferentes portainjertos. En el primer trabajo se realizaron pruebas de inyección de agua y en el segundo trabajo se realizó además la determinación del contenido de zinc en la madera del tronco. Los resultados más relevantes fueron: los árboles sospechosos de las tres huertas de naranjo Valencia/Volkameriana resultaron asociados con el blight en 60% (una huerta) y 100% (en dos huertas) con base a la prueba de inyección de agua; mientras que en los árboles de toronjo injertado en diversos portainjertos, los resultados fueron contradictorios, y no se encontró asociación alguna con el blight.

**Palabras clave:** Declinamiento, inyección de agua, zinc

---

<sup>439</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental "Mocochá". km 25 carr. Mérida-Motul, Mocochá, Yucatán. CP 97454.  
jasso.juan@inifap.gob.mx



## Introducción

En 1978, el gobierno del estado de Yucatán y el vivero de cítricos en California, EEUU “Willits and Newcomb”, establecieron un vivero de cítricos con el objetivo de mejorar la citricultura de la región; para ello, se produjeron plantas de naranjo con los portainjertos Taiwanica, limón Rugoso, limón Volkameriana, mandarina Cleopatra, limón *Macrophylla* y un naranjo Agrio brasileño. A partir de 1993, se manifestó un nuevo interés por utilizar portainjertos tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (VTC), ante la amenaza que esta enfermedad representaba para Yucatán y, en general para el país, ante la entonces cercana presencia de su vector el pulgón café (*Toxoptera citricida*). Los portainjertos utilizados en la región en las huertas comerciales de cítricos, a partir de 1993, son: Volkameriana, limón Rugoso, Cleopatra, citrange Troyer, citrange Carrizo, citrange C-35, *Macrophylla* y citrumelo Swingle. Estos dos momentos, son un indicativo de que en Yucatán se tiene la experiencia de 40 años en el uso de patrones en huertas comerciales, diferentes al naranjo Agrio. Sin embargo, este último sigue siendo el preponderante en la península, con una amplia aceptación por los citricultores, debido a su buen comportamiento en las condiciones agroecológicas de la región.

A la presencia de estos nuevos portainjertos en Yucatán, se le ha asociado la aparición del disturbio, conocido como “Blight” y es, precisamente en la región, donde se da el primer reporte del mismo. Wutscher *et al.* (1977a) detectaron la enfermedad en árboles de naranjo injertados sobre mandarina Cleopatra y Volkameriana. El blight es una enfermedad de gran importancia en las áreas citrícolas de la Florida, EEUU, Brasil, centro y Sudamérica, lugares donde es conocida como “Citrus blight”, “declinio”, declinamiento y marchitamiento repentino, respectivamente; su etiología es desconocida y se asocia a una disfunción del xilema (Vasconcellos y Castle, 1994).

Los árboles con blight muestran un declinamiento similar al provocado por un estrés hídrico. El primer síntoma visual es una detención del crecimiento y, a medida que la enfermedad avanza, el follaje se vuelve más escaso y se producen frutos pequeños; los árboles afectados presentan flujos vegetativos y florales fuera de



época y con frecuencia producen chupones en tronco y raíces (Derrick y Timmer, 2000). Los síntomas del blight no se distinguen fácilmente de padecimientos similares, razón por la cual, se han desarrollado diversas metodologías para su detección. Los árboles afectados por blight frecuentemente presentan deficiencias de zinc en las hojas, aunque esto no es síntoma de blight, sin embargo, el contenido de zinc en la madera y corteza de los árboles afectados por blight es significativamente más alto que en los árboles sanos o árboles afectados por otros desórdenes (Wutscher *et al.*, 1977a). Wutscher *et al.* (1977b) señalan que los árboles con blight muestran una cantidad promedio de 19.8 ppm de zinc, mientras que los árboles sanos muestran 3.6 ppm de zinc. Los árboles afectados muestran una concentración cinco veces mayor que la de los árboles sanos. Dado que las concentraciones de zinc en el árbol varían de acuerdo con el manejo de la huerta, la prueba para determinar la presencia de blight debe hacerse comparando árboles sanos y sospechosos de la misma huerta y manejo agronómico.

Los síntomas de estrés hídrico de los árboles con blight sugieren problemas con el transporte de agua, pues su xilema es taponado, lo que resulta en un bajo transporte de agua (Cohen, 1974). Una prueba de inyección de agua, la cual mide la cantidad de agua que puede inyectarse dentro del tronco de los árboles en un tiempo determinado, es útil para el diagnóstico de la enfermedad (Lee *et al.*, 1984); estos autores señalan que la cantidad de agua inyectada a árboles normales es cerca de 0.5 a 1.0 mL/segundo, mientras que en árboles afectados por blight es menor de 0.3 mL/segundo. Los tapones amorfos en los vasos del xilema en los árboles con blight, rara vez son vistos en árboles sanos, estando asociados con un flujo reducido de agua. Observaciones al microscopio del xilema de tapones amorfos (Childs, 1954; Cohen *et al.*, 1983; Brlansky, 1992) mostraron células considerablemente más pequeñas, en los árboles afectados por blight, que en aquellos árboles sanos (Vasconcellos y Castle, 1994), aunque esto no se ha utilizado para el diagnóstico.

El objetivo del presente trabajo fue asociar la presencia del blight en árboles de naranjo 'Valencia' y toronjo 'Río Red', mayores de 10 años e injertados en diferentes portainjertos, mediante las pruebas indirectas de inyección de agua y acumulación de zinc en el tronco.



## Materiales y métodos

### Período y área de estudio

Se realizaron dos muestreos, el primero en 2005, en tres huertas de naranjo 'Valencia' sobre patrón Volkameriana de más de 10 años de edad y el segundo en 2007, en un rancho de toronjos, dividido en bloques de 10 a 15 ha y donde cada bloque estaba injertado sobre diferente portainjerto. En las tres huertas de naranjo 'Valencia' se muestrearon 10, 10 y seis árboles, con síntomas parecidos al blight (follaje escaso, deficiencias de zinc, chupones de tronco y/o raíz y frutos pequeños). En el huerto de toronjo 'Río Red', se muestrearon cinco árboles de apariencia sana injertados en citrange Troyer, citrumelo Swingle, naranjo Agrio, mandarino Sun Chu Sha y dos en citrange Carrizo y cinco árboles de apariencia enferma por blight, injertados todos en citrange Carrizo. Los árboles se consideraron que podrían estar afectados por blight (Figura 1), después de descartar la presencia de otros factores que provocan síntomas similares, como son: la sequía, *Phytophthora* y cancro basal, causado por *Ustilina deusta*.

### Prueba de inyección de agua

La inyección de agua se realizó utilizando la metodología mencionada por diversos autores (Lee *et al.*, 1984; Roistacher, 1991; Batuman *et al.*, 2018), que consiste en medir la cantidad y velocidad de penetración del agua en el tronco, durante 30 segundos, presionando manualmente, y con fuerza, el émbolo de la jeringa. Para ello, es necesario hacer un orificio en el tronco del árbol a 10 a 30 cm por encima de la unión patrón injerto (dependiendo de la estructura del árbol a la cual inicia la formación de las ramas principales), con un taladro manual de pilas, con broca para madera de 1/8 de pulgada. En este orificio se inyectó el agua con una jeringa de 30 mL de capacidad, a la cual se le eliminó previamente la parte sobresaliente de la punta de inserción de la aguja (Figura 2). La cantidad de agua inyectada en 30 segundos se reporta en mL/segundo.





### Prueba de acumulación de zinc en el tronco

Esta prueba consistió en tomar una muestra de madera del tronco, en el mismo lugar donde se realizó la perforación para la inyección del agua, y usando una broca para madera de 1 cm de ancho se realizó la extracción de madera y se colocó en bolsa de papel. Esta muestra, que fue de 2 g, se mandó al laboratorio para la determinación de contenido de zinc.



**Figura 1. Árboles con presencia de blight.**



**Figura 2. Prueba de inyección de agua con jeringa, para diagnosticar blight en árboles de cítricos.**

### Resultados y discusión

#### Inyección de agua en el tronco de naranjo/Volkameriana

En el Cuadro 1 se muestran los resultados encontrados para naranjo, los cuales se describen a continuación:

- a) En la huerta uno, de los 10 árboles con aparentes síntomas de blight, en cuatro se pudo inyectar de 0.7 a 0.9 mL/segundo, valores mayores a los requeridos para ser catalogados como enfermos por blight, cuyo valor de referencia es de 0.3 mL/segundo o menos (Lee *et al.* 1984).



- b) En la huerta dos se dificultó inyectar el agua al tronco en todos los árboles sospechosos de presentar blight, pues en nueve de los árboles sólo se inyectó sólo 0.1 mL/segundo y, en el décimo, no pudo inyectarse el agua.
- c) En la huerta tres, los seis árboles muestreados arrojaron valores que indican que estaban afectados por blight (0.1 mL/segundo).

**Cuadro 1. Absorción de agua por árboles de naranja 'Valencia' injertados en limón Volkameriana, sospechosos de estar afectados por blight. Yucatán, mayo de 2005.**

No. Árbol	Inyección de agua (mL/segundo) <sup>z</sup>		
	Huerta 1	Huerta 2	Huerta 3
1	0.0	0.1	0.1
2	0.7	0.1	0.1
3	0.2	0.1	0.1
4	0.1	0.1	0.1
5	0.1	0.1	0.1
6	0.8	0.1	0.1
7	0.9	0.1	
8	0.1	0.1	
9	0.9	0.1	
10	0.1	0.0	
Incidencia de blight	60%	100%	100%

<sup>z</sup>La cantidad de agua inyectada a árboles normales es cerca de 0.5 a 1.0 mL/segundo, mientras que en árboles afectado por blight es menor de 0.3 mL/segundo (Lee *et al.*, 1984).

### **Inyección y penetración de agua en el tronco de toronjo 'Río Red' sobre diversos patrones**

En huertas de toronjo 'Río Red' sobre diferentes portainjertos con síntomas y sin síntomas por el blight, se encontraron resultados contradictorios, ya que en cuatro de los cinco árboles de apariencia sana, no se pudo inyectar agua en el volumen requerido (entre 0.5 a 1.0 mL/segundo) y cuatro de ellos tuvieron valores similares a los de árboles enfermos (Cuadro 2). Por el contrario, en los cinco árboles con síntomas parecidos al blight se pudo inyectar agua a niveles considerados para árboles de apariencia sana (0.6 a 1.2 mL/segundo).



### Acumulación de zinc en el tronco de toronjo 'Río Red sobre diversos patrones

Tres de los cinco árboles aparentemente sanos, tuvieron alta concentración de zinc (Cuadro 2); mientras que todos los árboles enfermos presentaron niveles de zinc marcadamente altos (14.6 a 31.1 ppm), dos de ellos, con valores mayores (30.9 y 31.1 ppm) al promedio indicado por Wutscher *et al.* (1977b), que corresponden a niveles de zinc en árboles enfermos, dos de ellos son demasiado altos en comparación a los reportados por Wutscher *et al.* (1977b) para diferentes huertas de diferentes edades y sobre diferentes portainjertos.

**Cuadro 2. Absorción de agua por árboles de toronjo 'Río Red' injertado en varios patrones, de apariencia sana y sospechosa de estar infectados por blight. Yucatán, julio de 2007.**

Patrón	Apariencia del árbol	Absorción de agua (mL/segundo)	Concentración de zinc (ppm) <sup>z</sup>
Swingle	Sano	0.5+	18.8+
Sun Chu Sha	Sano	0.3+	6.9
Carrizo	Sano	0.08	8.55
Troyer	Sano	0.08	14.3+
Agrio	Sano	0.2	22.8+
Carrizo	Enfermo	0.6+	19.4+
Carrizo	Enfermo	0.9+	14.6+
Carrizo	Enfermo	1.2+	30.9+
Carrizo	Enfermo	0.9+	31.1+
Carrizo	Enfermo	0.9+	19.6+

<sup>z</sup> Según Wutscher *et al.* (1977) la concentración promedio de zinc en árboles con blight es de 19.8 ppm de zinc, mientras que la de árboles sanos es de 3.6 ppm.

Los resultados sugieren que la combinación de naranja Valencia con el patrón de limón Volkameriana, es más susceptible de ser afectada por el blight. Para confirmar este supuesto, se requiere determinar cuál es el comportamiento del patrón Volkameriana en combinación con diferentes especies y variedades de cítricos y su relación con el blight.

Es importante comentar que, el declinamiento de los árboles de cítricos injertados sobre patrón Volkameriana, debido a la susceptibilidad al blight, es la causa principal de su rechazo como portainjerto de los cítricos en la Península de Yucatán, donde el tipo de suelos predominante es calcáreo, condición que hace a este





portainjerto la mejor opción disponible, dada su tolerancia a los carbonatos.

## Conclusiones

1. Los árboles sospechosos de las tres huertas de naranjo Valencia/Volkameriana resultaron asociados con el blight en 60% (una huerta) y 100% (en dos huertas) con base a la prueba de inyección de agua. 2. En árboles de toronjo injertado en diversos portainjertos, los resultados fueron contradictorios, y no se encontró asociación alguna con el blight.

## Literatura citada

- Batuman O., P. D. Roberts and R. H. Brlansky. 2018. Blight. p. 180. *In*: Florida Citrus Production Guide. <http://edis.ifas.ufl.edu>
- Brlansky. R. H. 1992. Cytology, histopathology and histochemistry of citrus blight. p. 237-245. *In*: Handbook of Cytology, Histology and Histochemistry for Fruit Tree Diseases. CRC Press Inc. Boca Raton, FL, USA.
- Childs, J. F. L. 1954. Observations on citrus blight. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 66:33-37.
- Cohen, M. 1974. Diagnosis of young tree decline, blight and sand hill decline of citrus by measurement of water uptake using gravity injection. *Plant Dis. Rep.* 58:801-805.
- Cohen, M., R. R. Pelosi and R. H. Brlansky. 1983. Nature and location of xylem blockage structures in trees with citrus blight. *Phytopathology* 73:1125-1130.
- Derrick, K. S. and L.W. Timmer. 2000. Citrus blight and other diseases of recalcitrant etiology. *Annual Review Phytopathology* 38:181-205.
- Lee, R. F., L. J. Marais, L. W. Timmer and J. H. Graham. 1984. Syringe injection of water into the trunk: a rapid diagnostic test for citrus blight. *Plant Disease* 68(6):511-513.





- Roistacher, C. N. 1991. Blight and related diseases. p. 57-61. *In*: Graft-Transmissible Diseases of Citrus.
- Vasconcellos, L. A. B. C. and W. S. Castle. 1994. Trunk xylem anatomy of mature healthy and blighted grapefruit trees on several rootstocks. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119(2):185-194.
- Wutscher, H. K., H. G. Campiglia, C. Hardesty and A. A. Salibe. 1977a. Similarities between marchitamiento repentino disease in Uruguay and Argentina and blight of citrus in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 90:81-84.
- Wutscher, H. K., M. Cohen and R. H. Young. 1977b. Zinc and water-soluble phenolic levels in the wood for the diagnosis of citrus blight. *Plant Dis. Rep.* 61(7):572-576.



# Biotecnología





## FILOGENIA DE LA ENZIMA ATP/ADP TRANSLOCASA DE *Candidatus* *Liberibacter*, AGENTE CAUSAL DEL HLB

Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>440\*</sup>, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>440</sup>, Mauricio Luna Rodríguez<sup>441</sup>, Edel Pérez López<sup>442</sup>

### Resumen

La bacteria causante del HLB, *Ca. Liberibacter* sp., es una bacteria obligada al floema de los cítricos y a diferentes sistemas del insecto vector, *Diaphorina citri*. Por lo tanto, el enfoque genómico ha sido muy útil para estudiar los mecanismos de patogenicidad. Dicho enfoque ha permitido identificar una copia homóloga del gen codificante de la enzima ATP/ADP translocasa, la cual tiene la capacidad de importar ATP y nucleótidos desde el hospedante, causando un parasitismo de energía considerable. Esta enzima ha sido relacionada con la actividad endoparasítica de patógenos animales y humanos, mucho más que con fitopatógenos. El presente trabajo analiza la relación evolutiva entre la secuencia de aminoácidos de la ATP/ADP translocasa entre *Ca. Liberibacter* y grupos como *Rickettsia* sp., y *Chlamydia* sp. Análisis filogenéticos muestran que la enzima está bien delimitada en clados correspondientes a las especies de proveniencia, sugiriendo que la variación en la enzima responde a un proceso coevolutivo. Asimismo, la filogenia muestra que el ancestro común más cercano a *Ca. Liberibacter* podría ser un endosimbionte no patogénico. Análisis de conservación de la secuencia de aminoácidos muestran que existen varios puntos en la secuencia que podrían estar relacionados con la variación específica. Este trabajo presenta

---

<sup>440</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Ixtacuaco. Km 4.5 carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan. Tlapacoyan, Ver. CP. 93650 \*Autor para correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx

<sup>441</sup> <sup>2</sup>Laboratorio de Genética e Interacción Planta-Microorganismo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana.

<sup>442</sup> <sup>3</sup>Department of Biology, University of Saskatchewan, Saskatoon Canada.



hipótesis del origen evolutivo de la capacidad de parasitismo energético del agente causal del HLB.

**Palabras clave:** coevolución, parasitismo de energía, HLB

## Introducción

El HLB se considera, actualmente, la enfermedad de mayor relevancia a nivel mundial en la producción citrícola, ya que causa la muerte de los árboles algunos años después de la infección. Se relaciona a la enfermedad con la infección de bacterias del género *Candidatus Liberibacter* (*Ca. L.*). Así, se ha observado que el HLB es causado por *Ca. L. africanus* en Sudáfrica (Roberts and Pietersen, 2017), por *Ca. L. americanus* en Brasil (Wulff *et al.*, 2014) y más extensamente por *Ca. L. asiaticus*, por ejemplo, en Estados Unidos de América (Manjunath *et al.*, 2008) y México (Flores-Sánchez *et al.*, 2015). Estas bacterias son patógenos obligados al floema de los cítricos o a los sistemas de su vector (Pelz-Stelinski and Killiny, 2016), por lo cual no se han logrado obtener cultivos axénicos de los mismos, aunque se han logrado avances (Merfa *et al.*, 2019). En aras de comprender los mecanismos moleculares que permiten el desarrollo del HLB, se han secuenciado en diversas ocasiones el genoma de los patógenos antes mencionados (Duan *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2013; Fagen *et al.*, 2014; Zheng *et al.*, 2014, 2015; Cai *et al.*, 2018).

Debido a la obtención de los genomas de las especies de *Ca. Liberibacter*, se ha descubierto la presencia de genes con alto potencial de patogenicidad en la interacción con la planta. Por ejemplo, Vahling *et al.* (2010) detectaron la presencia de un gen codificante para una enzima ATP/ADP translocasa, funcional y con alta afinidad al ATP y ADP. Esta enzima ha sido ampliamente relacionada con endosimbiontes intracelulares obligados, la cual tiene la capacidad de obtener ATP desde la célula del hospedante e importarlo dentro de su propia célula, lo cual es conocido como parasitismo energético (Schmitz-Esser *et al.*, 2004).





Lo anterior resulta especialmente de interés debido a que a la fecha no se conocía este tipo de habilidades parasitarias en fitopatógenos, sino más bien en patógenos humanos y de animales (Trentmann *et al.*, 2007). La historia evolutiva de esta característica patogénica sugiere que el origen de este gen proviene desde un endosimbionte ancestro al actual grupo de *Rickettsiales* y que, tentativamente, se mueve de forma horizontal entre otros grupos de patógenos obligados (Emelyanov, 2007). El presente trabajo tiene como objetivo abordar la relación evolutiva entre genes ATP/ADP translocasa de diferentes patógenos y los encontrados en el género *Candidatus Liberibacter*, incluyendo el patógeno causante del HLB de los cítricos.

## Materiales y métodos

**Obtención de secuencias del gen ATP/ADP Translocasa.** Utilizando como base la secuencia de aminoácidos reportada por Vahling *et al.* (2010) se llevó a cabo un análisis BLASTp para poder determinar las secuencias proteicas con mayor similitud en la base de datos del Genbank. Se seleccionaron todas aquellas pertenecientes a *Ca. L.* y a grupos como *Rickettsia sp.*, y *Chlamydia sp.*

**Alineamiento y análisis filogenéticos.** Una vez obtenidas las secuencias de aminoácidos se ejecutó un alineamiento múltiple utilizando el algoritmo ClustalW (gap open=15; gap extend=3) mediante el software Bioedit (Hall, 1999). Posteriormente se generó una búsqueda del árbol filogenético óptimo mediante el criterio de la Máxima Parsimonia, mediante el software T.N.T. (Goloboff *et al.*, 2008). La búsqueda fue mediante algoritmos compuestos (ratchet + sectorial search + drift) y se construyó un árbol consenso estricto. Se realizó un remuestreo mediante bootstrap (1000 iteraciones), utilizándose las opciones ofrecidas por el software.

**Conservación de las secuencias de la enzima ATP/ADP translocasa en *Ca. L.*** Se analizó la conservación entre las secuencias de aminoácidos de la enzima en estudio. Para esto el alineamiento se analizó para conservación por sitios específicos



mediante el software Jalview (Waterhouse *et al.*, 2009), adicionalmente se realizó un análisis de entropía posicional mediante la función:

$$H_{(x)} = -\sum f(b;l)\ln(f(b;l))$$

Dónde  $f(b;l)$  es la frecuencia con que cada aminoácido aparece en cada columna, siendo mínima cuando la posición está totalmente conservada y máxima cuando todos los aminoácidos están igualmente representados. El análisis se ejecutó en el software Bioedit (Hall, 1999).

## Resultados y discusión

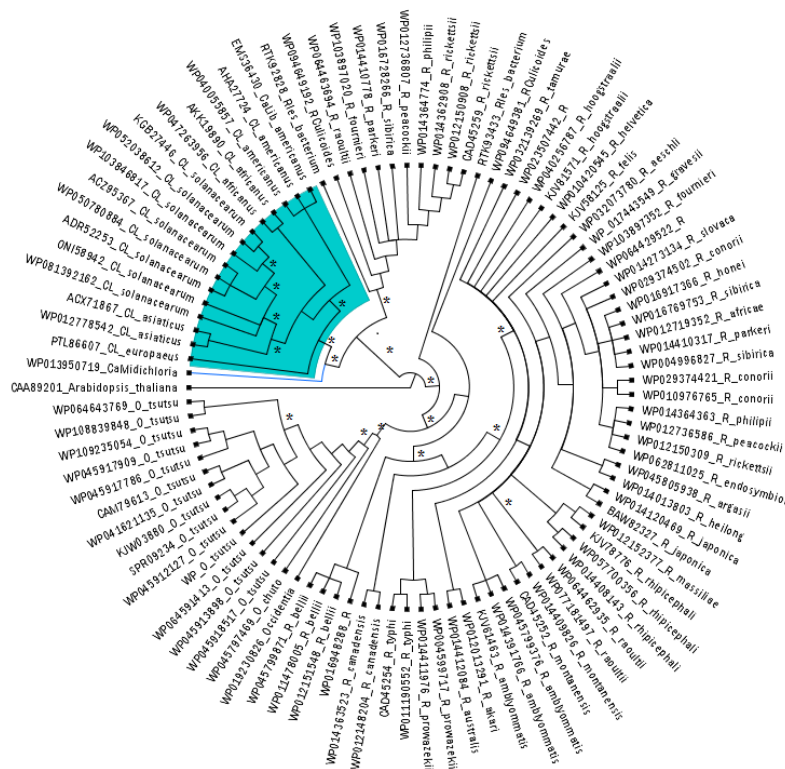
### Análisis filogenético de la enzima ATP/ADP translocasa

En total 39 secuencias de la enzima ATP/ADP translocasa fueron incluidas en el estudio, de las cuales se utilizaron, como grupos externos para enraizar el árbol filogenético, secuencias de enzimas de plastidios de *Arabidopsis thaliana*. El análisis filogenético permitió recuperar ocho árboles igualmente parsimoniosos ( $L=2502$ ), con los cuales se construyó un árbol consenso estricto (Figura 1).

Los resultados del análisis mostraron que todas las secuencias provenientes de *Ca. L.*, se aglomeran en un solo clado (remarcado en azul). Este clado es un grupo hermana con la enzima proveniente del endosimbionte *Candidatus* Midichloria mitochondrii, asociado a las garrapatas causantes de diversas enfermedades alrededor del mundo, la cual tiene una característica por demás interesante al ser una bacteria patógena intramitocondrial (Sassera *et al.*, 2006).

Es destacable que dentro del clado antes mencionado se ubican subclados bien definidos y con soporte bootstrap alto de acuerdo a cada especie del género. El ancestro hipotético basal del clado se comparte entre *Candidatus* Midichloria mitochondrii y *Ca. L. aeuropaeus*. Esto resulta de sumo interés ya que ambos organismos son considerados endosimbiontes no patogénicos en garrapatas (Najm *et al.*, 2012) y en perales (Raddadi *et al.*, 2011; Camerota *et al.*, 2012), respectivamente. Los subclados de *Ca. L. americanus* y *Ca. L. africanus* se encuentran igualmente bien definidos, los cuales son agentes patógenos causantes de HLB en Brasil (do Carmo

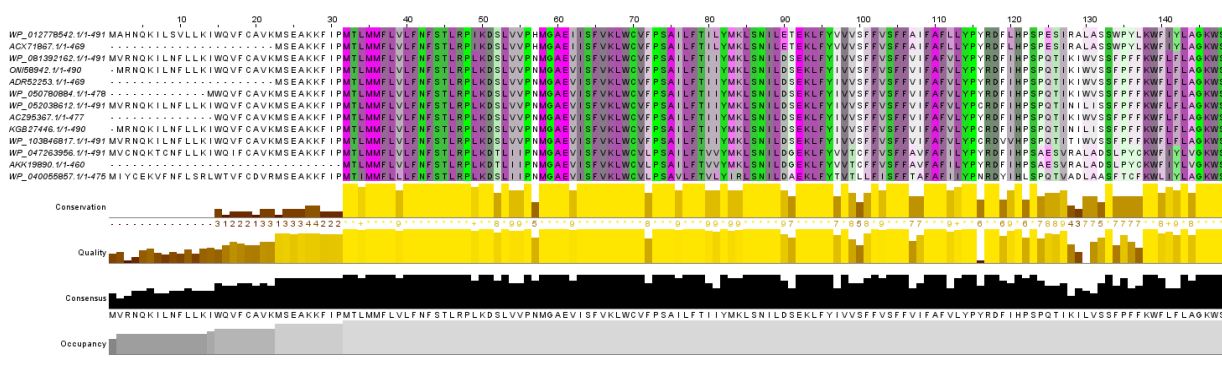
Teixeira *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2008) y en África (Lin *et al.*, 2006). Igualmente, la presencia de *Ca. L. solanacearum* y *Ca. L. asiaticus* como subclados bien definidos y soportados permite plantear dos hipótesis: a) la capacidad patogénica de algunas especies de *Ca. Liberibacter* puede ser una capacidad desarrollada desde un ancestro endófito no patogénico; y b) los subclados bien definidos por especie sugiere una coevolución con los hospederos.



**Figura 1. Análisis filogenético de la enzima ATP/ADP translocasa. Se muestra el árbol consenso de ocho árboles igualmente parsimoniosos (L=2502). Se muestra el clado generado de las especies de *Ca. Liberibacter* resaltado en azul. Los nodos marcados con un asterisco muestran soporte 100% mediante Bootstrap (1000 réplicas).**

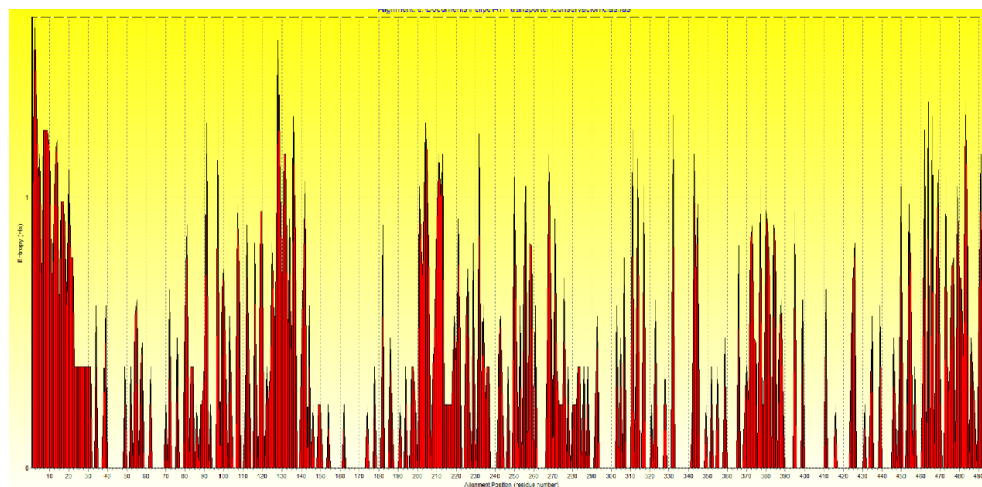
Las secuencias del clado *Ca. Liberibacter* mostraron un alto grado de conservación en algunas regiones y el motivo relacionado con el transporte de ATP se encuentra intacto en todas ellas (datos no mostrados). Sin embargo, algunas regiones son altamente variables, siguiendo un cierto patrón de acuerdo a la especie a que pertenece la secuencia de la enzima, lo cual podría generar un cambio en la

dinámica estructural y en la función de la proteína (Liu and Bahar, 2012). En la Figura 2 se muestran los sitios con mayor nivel de conservación (a color) y los que presentan una mayor variabilidad de acuerdo a la frecuencia en el alineamiento.



**Figura 2. Fragmento del alineamiento de secuencias de aminoácidos de la enzima ATP/ADP translocasa. La primera barra de histograma (Conservation) muestra el nivel de conservación de cada aminoácido por cada posición. Las columnas con barra menor indican alta variabilidad en la posición correspondiente.**

El análisis de entropía demuestra que varias posiciones de la secuencia de la enzima ATP/ADP translocasa contiene un nivel entrópico que sugiere una alta variabilidad en otras posibles secuencias; por tanto, de encontrarse nuevas especies dentro de *Ca. Liberibacter* con hospederos no reportados.



**Figura 3. Gráfica de la entropía de las posiciones de cada aminoácido en la secuencia de la enzima ATP/ADP translocasa.**





## Conclusiones

1. La filogenia de la enzima ATP/ADP translocasa demuestra que el origen de la enzima en el género *Cα. L.*, tiene un origen único y que, tentativamente, proviene de un ancestro endosimbionte no patogénico.
2. La formación de subclados bien definidos y soportados por el análisis bootstrap de acuerdo a las especies causantes del HLB sugieren eventos de coevolución con el hospedante de la capacidad de secuestrar ATP.
3. La variabilidad de las secuencias nucleotídicas muestra posibles puntos con alta entropía que podrían contener la información de la especificidad con el hospedero de la actividad ATP/ADP translocasa.

## Literatura citada

- Cai W., Z. Yan, J. Rascoe and M. J. Stulberg. 2018. Draft Whole-Genome Sequence of "Candidatus Liberibacter asiaticus" Strain TX1712 from Citrus in Texas. *Genome Announcements* 6:1-2.
- Camerota C., N. Raddadi, A. Pizzinat *et al.* 2012. Incidence of 'Candidatus Liberibacter europaeus' and phytoplasmas in *Cacopsylla* species (Hemiptera: Psyllidae) and their host/shelter plants. *Phytoparasitica* 40:213-221.
- do Carmo Teixeira D., C. Saillard, S. Eveillard *et al.* 2005. "Candidatus Liberibacter americanus", associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 55:1857-1862.
- Duan Y., L. Zhou, D. G. Hall *et al.* 2009. Complete Genome Sequence of Citrus Huanglongbing Bacterium, 'Candidatus Liberibacter asiaticus' Obtained Through Metagenomics. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 22:1011-1020.
- Emelyanov V. V. 2007. Suggested mitochondrial ancestry of nonmitochondrial ATP/ADP carrier. *Molecular Biology* 41:52-62.



- Fagen J. R., M. T. Leonard, C. M. McCullough *et al.* 2014. Comparative genomics of cultured and uncultured strains suggests genes essential for free-living growth of *Liberibacter*. PLoS ONE 9:1–11.
- Flores-Sánchez J. L., G. M. Aguilera, E. Loeza-Kuk *et al.* 2015. Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatán México. Revista Mexicana de Fitopatología 33:195–210.
- Goloboff P., J. S. Farris and K. C. Nixon. 2008. TNT, a free program for phylogenetic analysis. Cladistics 24:774–786.
- Hall T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium Series 41:95–98.
- Lin H., C. S. Han, B. Liu *et al.* 2013. Complete Genome Sequence of a Chinese Strain of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*.” Genome announcements 1:e00184-13.
- Lin H., G. Pietersen, C. Han *et al.* 2006. Complete Genome Sequence of “*Candidatus Liberibacter africanus*,” a Bacterium Associated with Citrus Huanglongbing Hong. Genome announcements 3:3–4.
- Liu Y. and I. Bahar. 2012. Sequence evolution correlates with structural dynamics. Molecular Biology and Evolution 29:2253–2263.
- Manjunath K. L., S. E. Halbert, C. Ramadugu, S. Webb, R. F. Lee. 2008. Detection of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in *Diaphorina citri* and Its Importance in the Management of Citrus Huanglongbing in Florida. Phytopathology 98:387–396.
- Merfa M. V., E. Pérez-López, E. Naranjo, M. Jain, D. W. Gabriel, L. De La Fuente. 2019. Progress and Obstacles in Culturing ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, the Bacterium Associated with Huanglongbing. Phytopathology 109(7):1092-1101.
- Najm N. A., C. Silaghi, L. Bell-Sakyi, K. Pfister, L. M. F. Passos. 2012. Detection of bacteria related to *Candidatus Midichloria mitochondrii* in tick cell lines. Parasitology research 110:437–442.
- Pelz-Stelinski K. S. and N. Killiny. 2016. Better Together: Association with “*Candidatus Liberibacter Asiaticus*” Increases the Reproductive Fitness of Its Insect Vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Annals of the Entomological Society of America 109:371–376.



- Raddadi N., E. Gonella, C. Camerota *et al.* 2011. 'Candidatus Liberibacter europaeus' sp. nov. that is associated with and transmitted by the psyllid *Cacopsylla pyri* apparently behaves as an endophyte rather than a pathogen. *Environmental Microbiology* 13:414–426.
- Roberts R. and G. Pietersen. 2017. A novel subspecies of 'Candidatus Liberibacter africanus' found on native *Teclea gerrardii* (Family: Rutaceae) from South Africa. *Antonie van Leeuwenhoek* 110:437–444.
- Sassera D., T. Beninati, C. Bandi *et al.* 2006. "Candidatus *Midichloria mitochondrii*", an endosymbiont of the tick *Ixodes ricinus* with a unique intramitochondrial lifestyle. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 56:2535–2540.
- Schmitz-Esser S., N. Linka, A. Collingro *et al.* 2004. ATP/ADP Translocases: A Common Feature of Obligate Intracellular Amoebal Symbionts Related to Chlamydiae and Rickettsiae. *Journal of Bacteriology* 186:683–691.
- Teixeira D. C., C. Saillard, C. Couture *et al.* 2008. Distribution and quantification of *Candidatus Liberibacter americanus*, agent of huanglongbing disease of citrus in São Paulo State, Brasil, in leaves of an affected sweet orange tree as determined by PCR. *Molecular and Cellular Probes* 22:139–150.
- Trentmann O., M. Horn, A. C. T. van Scheltinga, H. E. Neuhaus, I. Haferkamp. 2007. Enlightening Energy Parasitism by Analysis of an ATP/ADP Transporter from Chlamydiae. *PLOS Biology* 5(9):e231.
- Vahling C. M., Y. Duan and H. Lin 2010. Characterization of an ATP translocase identified in the destructive plant pathogen "Candidatus *Liberibacter asiaticus*." *Journal of Bacteriology* 192:834–840.
- Waterhouse A. M., J. B. Procter, D. M. A. Martin, M. Clamp, G. J. Barton. 2009. Jalview Version 2-A multiple sequence alignment editor and analysis workbench. *Bioinformatics* 25:1189–1191.
- Wulff N. A., S. Zhang, J. C. Setubal *et al.* 2014. The complete genome sequence of "Candidatus *Liberibacter americanus*", associated with Citrus huanglongbing. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 27(2):163–176.
- Zheng Z., X. Deng and J. Chen. 2014. Whole-Genome Sequence of "Candidatus *Liberibacter asiaticus*" from Guangdong, China. *Genome announcements* 2(2):e00273-14.



Zheng Z., X. Sun, X. Deng and J. Chen. 2015. Whole-Genome Sequence of “Candidatus Liberibacter asiaticus” from a Huanglongbing-Affected Citrus Tree in Central Florida. *Genome Announcements* 3(2):e00169-15.





## ANÁLISIS BIOINFORMÁTICO DE EFECTORES DE PATOGENICIDAD POTENCIALES DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>443\*</sup>, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>443</sup>, Nelly Abigail González Oviedo<sup>444</sup> y Jacel Adame García<sup>445</sup>

### Resumen

El HLB actualmente es la enfermedad de mayor importancia en la citricultura, causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas). La imposibilidad de aislarla ocasiona que comprender sus mecanismos patogénicos sea una tarea por demás complicada. Estudios recientes identificaron 16 proteínas con el péptido, señal necesaria para ser segregadas extracelularmente en la planta y, tentativamente, causar la enfermedad. El presente estudio tuvo como objetivo realizar un análisis bioinformático de dichas proteínas con el enfoque de predicción de la función mediante ontología génica (GO) y la detección de dominios conservados. Se observó que de las 16 proteínas analizadas no todas se encuentran en diferentes cepas infectivas reportadas en la literatura. El análisis GO relacionó diferentes proteínas con el proceso biológico de actividad energética y patogénica, especialmente CLIBASIA\_03315 y CLIBASIA\_05115. El análisis de dominios permitió observar un dominio  $\beta$  Anhidrasa carbónica, tentativamente relacionado con los daños ocasionados al cloroplasto y, además, se encontró un dominio PAAR asociado al sistema secretor T6SS. Nuestros resultados aportan información sobre la posible función de los potenciales efectores de patogenicidad presentes en *Candidatus Liberibacter*.

---

<sup>443</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Ixtacuaco. Km 4.5 carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan. Tlapacoyan, Ver. CP. 93650 \*Autor para correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx

<sup>444</sup> Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana. Av. Sin nombre No. 868 121, Zona Universitaria, Xalapa Enríquez, Ver. CP. 91090

<sup>445</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. A El Paraíso S/N, Campestre, Úrsulo Galván, Ver. CP. 91667.



**Palabras clave:** ontología génica, HLB, bioinformática

## Introducción

Actualmente la citricultura mundial se enfrenta a uno de sus mayores retos en la historia, el HLB (McCollum & Baldwin, 2016). Esta enfermedad es causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (Flores-Sánchez *et al.*, 2015), patógeno obligado al floema de los cítricos (Ding *et al.*, 2015) y a diferentes sistemas de su vector el psílido *Diaphorina citri* (Ghanim *et al.*, 2017). Debido a lo anterior, a la fecha ha sido imposible obtener cultivos axénicos de CLas (Davis and Brlansky, 2007; Jain *et al.*, 2017), lo que imposibilita realizar pruebas de virulencia y patogenicidad, así como los postulados de Koch, para confirmar el papel de la bacteria en la etiología de la enfermedad (Chen *et al.*, 2011).

Dada la importancia de conocer los mecanismos por los cuales CLas ocasiona la enfermedad, se ha obtenido el genoma completo del patógeno (Duan *et al.*, 2009; Zheng *et al.*, 2015). Esto ha permitido el estudio y la caracterización de diversos elementos genéticos de CLas mediante herramientas bioinformáticas y experimentales (Coyle *et al.*, 2018). Se tienen grandes avances en el entendimiento de la interacción molecular entre CLas y la planta. Por ejemplo, en trabajos realizados se observó la presencia de una enzima ATP translocasa funcional, lo que sugiere que uno de los mecanismos que utiliza el patógeno es el parasitismo de energía proveniente de la planta (Vahling *et al.*, 2010). Sin embargo, también se ha observado la presencia de estructuras de sistemas secretores en la bacteria (Hao *et al.*, 2013), lo que indica que la utilización de proteínas de virulencia está altamente relacionada con la activación de los síntomas en la planta (Pitino *et al.*, 2018).

Las proteínas de virulencia o efectores juegan un papel trascendental en la interacción planta patógeno de acuerdo con el modelo zigzag (Jones & Dangl, 2006), al ser éstas las encargadas de romper con la resistencia adquirida por el hospedero; así como también de ser objetivos para la activación de resistencia de la planta (Silva *et al.*, 2018). En el caso de las bacterias fitopatógenas, los efectores se



liberan mediante el Sistema Secretor Tipo III (Tang *et al.*, 2006; Chang *et al.*, 2014). Sin embargo, en el caso de CLas, las estructuras que conforman dicho sistema están ausentes, mientras que los elementos de la ruta general de secreción (GSP/Sectranslocon) se encuentran completos (Duan *et al.*, 2009). También se han detectado en el genoma de CLas numerosas proteínas potenciales con el péptido señal requerido para su secreción (Prasad *et al.*, 2016), incluso algunas han sido evaluadas mediante expresión transitoria en plantas modelos y se han observado los síntomas característicos de la enfermedad (Pitino *et al.*, 2016). Sin embargo, la mayoría de dichas proteínas se encuentran aún sin conocimiento de su función en la interacción entre la planta y el patógeno.

Predecir la función de proteínas desconocidas es uno de los principales objetivos actuales de la bioinformática. Uno de los enfoques más utilizados actualmente para la predicción de la función de proteínas es la Ontología Génica (GO), la cual consiste en la sistematización de tres ontologías: 1) el proceso biológico a que se relaciona la proteína, 2) el componente celular donde se encuentra la proteína, y 3) la función molecular que tiene la proteína (Ashburner *et al.*, 2000; Huntley *et al.*, 2014). Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar, mediante herramientas bioinformáticas, un análisis de la ontología génica de proteínas de CLas que son potenciales efectores de patogenicidad.

## Materiales y Métodos

**Efectores de patogenicidad potenciales.** Se utilizaron los genes reportados por Pitino *et al.* (2016), seleccionados a partir de *Candidatus Liberibacter asiaticus* cepa Psy62 (Duan *et al.*, 2009), con base en los siguientes criterios: 1) presencia de un péptido señal en su estructura, 2) longitud menor a 250 aminoácidos, y 3) no existir una caracterización de la función en NCBI. Se determinó la presencia de copias de dichos genes en los genomas de CLas cepa gxpsy (Lin *et al.*, 2013), CLas cepa ishi-1 (Kato *et al.*, 2014), CLas cepa A4 (Zheng *et al.*, 2014) y CLas cepa FL17 (Zheng *et al.*, 2015) mediante BLAST en la plataforma del NCBI.



**Determinación de la Ontología Génica.** Con el objetivo de predecir la posible función de las proteínas de los genes antes mencionados, se utilizó el enfoque de ontología génica (GO) (Ashburner *et al.*, 2000) y se determinaron las ontologías relacionadas con el Proceso Biológico (BP), Componente Celular (CC) y Función Molecular (MF). Para realizar la búsqueda se utilizó un enfoque basado en la propagación de la afinidad y la arquitectura de los dominios en las secuencias de aminoácidos, utilizando el software en línea PANDA (<http://dna.cs.miami.edu/PANDA/>) (Wang *et al.*, 2018), con las opciones ofrecidas por default. Los resultados fueron consultados con la base de datos Quick GO (<https://www.ebi.ac.uk/QuickGO/term/GO:0016020>) de la European Bioinformatics Institute.

**Búsqueda de dominios conservados y estructura proteica.** Se determinó la presencia de dominios funcionales en las diferentes secuencias de los genes en estudio. Esto se desarrolló mediante el uso del software en línea MOTIF search (<https://www.genome.jp/tools/motif/>) para buscar en la base de datos de Dominios Conservados (CDD) del NCBI, para lo cual se utilizaron las opciones ofrecidas por el software. En el caso de que más de un dominio fuera identificado, se descartaron aquellos no relacionados con procariontes y se puso atención especial en aquellos que pudieran mostrar relación con virulencia en otros organismos. Se determinó la posible estructura de las proteínas con potencial actividad patogénica proveniente de la bacteria, para esto se utilizó el software Phyre<sup>2</sup> (Protein Homology/analogy Recognition Engine V 2.0) (Kelley *et al.*, 2015). Los resultados se visualizaron en el software EzMol 1.22 (<http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/~ezmol/>). Dada la importancia experimental de la proteína CLIBASIA\_05315, se realizó un BLAST del dominio detectado y se generó un alineamiento múltiple con las secuencias obtenidas, mediante el algoritmo Muscle; el alineamiento fue analizado para conservación por sitios específicos mediante el software Jalview (Waterhouse *et al.*, 2009).





## Resultados y discusión

Las 16 proteínas identificadas como potenciales efectores de patogenicidad por Pitinio *et al.* (2016) se analizaron para determinar su posible función en la interacción que causa la enfermedad HLB. Del análisis de componente celular, se observó que nueve de las 16 proteínas tentativamente se ubican en la membrana. La predicción de algunas proteínas fue muy incierta, por ejemplo, el caso de CLIBASIA\_02470, la cual sólo arrojó sugerencias de localizarse en membrana; sin embargo, no se obtuvo ningún dato de algún proceso biológico o función molecular relevante. Algunas de las proteínas fueron relacionadas con procesos biológicos asociados a la energética celular (CLIBASIA\_05315, CLIBASIA\_00460, CLIBASIA\_03695), lo cual es de gran interés pues se considera que el parasitismo de energía es esencial en el proceso de la enfermedad (Vahling *et al.*, 2010). Los resultados de la ontología génica se resumen en la Cuadro 1.

**Cuadro 1. Predicción de la función basado en Ontología Génica de las proteínas potenciales como efectores de patogenicidad de *Candidatus Liberibacter asiaticus* descritas por Pitino *et al.* (2016).**

CLIBASIA	Proceso Biológico		Componente Celular		Función Molecular	
	Anotación GO	Descripción	Anotación GO	Descripción	Anotación GO	Descripción
05315	0019402	Proceso metabólico del galactitol	0005886	Membrana plasmática	046961	Transporte de protones y actividad ATPasa
05320	0051782	Regulación negativa de la división celular	0009276	Pared Celular Gram negativas	-	-
00460	0045454	Homeostasis redox celular	0005623	Célula	0009055	Transferencia de electrones
00525	0006457	Plegamiento de proteínas	0016272	Complejo Prefoldin	0051082	Enlaces proteicos
00530	0009082	Biosíntesis de cadenas ramificadas de aminoácidos	0016021	Componente integral de la membrana	-	-
02215	0010603	Regulación de mRNA en el citoplasma	0010494	Gránulos de estrés citoplásmico	0042834	Enlace de peptidoglicanos
02470	0008150	Proceso biológico	0016020	Membrana	0008408	Actividad 3'-5' exonucleasa
03230	0006974	Respuesta celular ante el daño al ADN	0016020	Membrana	0042834	Enlace de peptidoglicanos
03695	0006754	Proceso biosintético del ATP	0016020	Membrana	0008146	Sulfotransferasa
04025	0055114	Proceso oxido-reducción	0016020	Membrana	0042834	Enlace de peptidoglicanos



CLIBASIA	Proceso Biológico		Componente Celular		Función Molecular	
	Anotación GO	Descripción	Anotación GO	Descripción	Anotación GO	Descripción
04040	0009636	Respuesta a sustancias tóxicas	0016021	Membrana	0003779	Enlaces de actina
04320	0009245	Proceso biosintético del lípido A	0043231	Membrana intracelular	0004565	Actividad $\beta$ -galactosidasa
04330	0046785	Polimerización de microtúbulos	0016020	Membrana	0015631	Enlaces de tubulina
04425	0016043	Organización de los componente celulares	0005623	Célula	0017048	Catálisis de GTP
04560	0015948	Metanogénesis	0016020	Membrana	0042834	Enlace de peptidoglicanos
05115	0009405	Patogénesis	0016020	Membrana	0000166	Enlace de nucleótidos

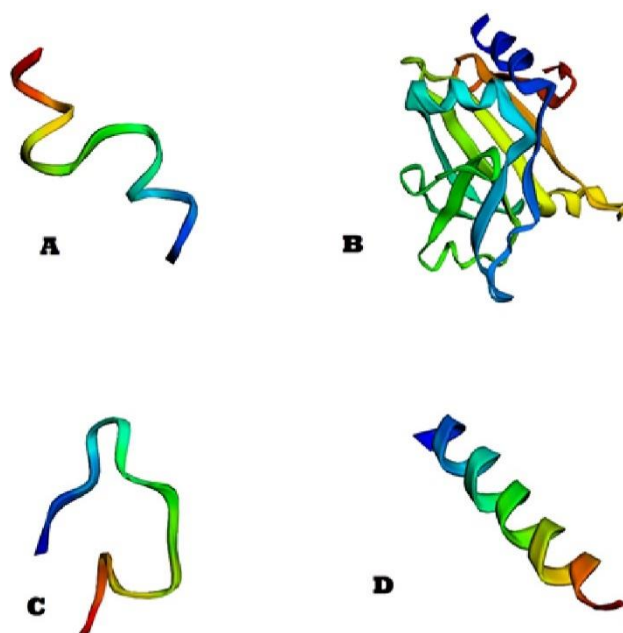
La proteína CLIBASIA\_00460 está relacionada con la capacidad de transferencia de electrones (Tabla 1) y está presente en todos los genomas de CLAs analizados (Cuadro 2). Por lo que resulta muy interesante que en el análisis de dominios se localice un dominio conservado PAAR (prolina-alanina-alanina-arginina), el cual se ha observado que se une al sistema VgrG spike como una extensión cónica, formando un tipo de mecanismo contraíble similar al que se presenta en los bacteriófagos (Shneider *et al.*, 2014).

**Cuadro 2. Presencia de los diferentes genes con potencial de efectores de patogenicidad en diversos genomas de *Candidatus Liberibacter asiaticus* reportados en la literatura.**

CLIBASIA	<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>				
	Psy62	gxpsy	Ishi-1	FL17	A4
05315	+	+	+	+	+
05320	+	+	-	+	+
00460	+	+	+	+	+
00525	+	+	-	+	+
00530	+	-	-	-	-
02215	+	+	+	+	+
02470	+	+	+	+	+
03230	+	+	-	+	+
03695	+	+	+	+	+
04025	+	+	+	+	+
04040	+	-	-	-	+
04320	+	-	+	-	+
04330	+	+	+	+	+
04425	+	+	+	+	+
04560	+	-	-	+	+
05115	+	+	+	+	+



Éste pertenece al sistema secretor tipo VI (T6SS) y le otorga la capacidad de liberar diferentes tipos de moléculas tóxicas a la planta (Cianfanelli *et al.*, 2016), con un alto grado de eficiencia y especificidad (Bondage *et al.*, 2016). La estructura proteica observada en nuestros resultados (Figura 1) es muy similar a las que se han presentado en otras investigaciones de las proteínas asociadas al T6SS (Shneider *et al.*, 2016). Estos resultados sugieren que la proteína CLIBASIA\_00460 puede estar asociada a la liberación de efectores durante el desarrollo del HLB mediados por T6SS, el cual ha demostrado ser parte esencial en el proceso de desarrollo de otras enfermedades en otros cultivos (Kamber *et al.*, 2017), pues le confiere ventajas en la adecuación y colonización de los hospederos (Bernal *et al.*, 2018).



**Figura 1. Modelos especulativos de la estructura tridimensional de cuatro proteínas con actividad efectora potencial de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. A) CLIBASIA\_00460; B) CLIBASIA\_05115; C) CLIBASIA\_05315; y D) CLIBASIA\_04040.**

La proteína CLIBASIA\_05115 está relacionada con el proceso biológico de la patogénesis, mientras que se predice la localización en la membrana y la función molecular relacionada con la unión entre nucleótidos. Por lo tanto, esta proteína es



de futuro interés en el estudio de la interacción entre CLas y la planta (Cuadro 1); sin embargo, no se detectaron dominios conservados (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Dominios conservados presentes en los genes con potencial de efectores de patogenicidad de *Candidatus Liberibacter asiaticus*.**

CLIBASIA	Dominio Conservado NCBI-CDD	Descripción
05315	beta_CA_cladeA	Anhidrasa carbónica. Enzimas que tienen participación en la hidratación del CO <sub>2</sub> durante la fotosíntesis.
05320	-	-
00460	PAAR_1	Prolina-alanina-alanina-arginina PAAR dominio. Forma parte del complejo T6SS formando una extensión cónica del mecanismo VgrG. Está relacionado con la liberación de moléculas tóxicas.
00525	PRK10760	Mureína hidrolasa B.
00530	SMC_prok_A	Proteína de segregación de cromosomas (SMC). Actúa en la organización y segregación de cromosomas en procariontes.
02215	FabH	3-oxoacyl sintetasa III. Relacionada con el transporte de lípidos y metabolismo.
02470	YecT	Pertenece a la familia DUF1311. Función sin caracterizar.
03230	Na_H_antiport_2	Pertenece a los genes de antiporte de membrana Na <sup>+</sup> -H <sup>+</sup> , presentes en la membrana.
03695	SPAN	Presentación superficial de proteínas antigénicas. Está relacionada con la liberación de factores de virulencia en mamíferos.
04025	-	-
04040	DUF2397	Dominio conservado en proteínas con función desconocida. Se ha observado en un amplio rango de bacterias, entre ellas <i>Ralstonia solanacearum</i> .
04320	-	-
04330	Imm45	Proteínas que presentan este dominio forman parte de los sistemas polimórficos de toxinas en las bacterias.
04425	DUF4456	Domino de función desconocida.
04560	PTKc_ALK_LTK	Actividad catalítica.
05115	-	-

Un caso de especial interés en la interacción patogénica del HLB es la proteína CLIBASIA\_05315. Ésta demostró localizarse muy cercana a los cloroplastos, al realizarse la expresión transitoria en *Nicotiana bethamiana* (Pitino *et al.*, 2016).





Asimismo, está reportado que causa algunos de los principales síntomas del HLB como la clorosis y la acumulación de almidón en el mismo modelo (Pitino *et al.*, 2018). Por lo tanto, la detección de un dominio correspondiente a una  $\beta$  anhidrasa carbónica ( $\beta$ -CA) es de gran importancia y relevante en la comprensión de los mecanismos de acción de CLas (Cuadro 3).

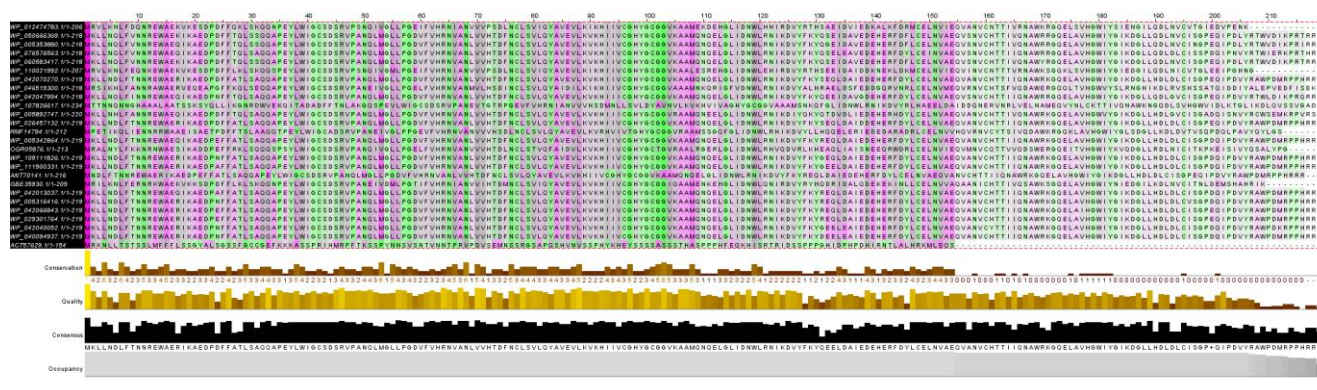
Las enzimas  $\beta$ -CA forman parte de diversos procesos en las células, entre ellos la respiración y la fotosíntesis, mediando la reacción reversible  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3$  (Ganai, 2017). Sin embargo, se ha observado que dichas enzimas están relacionadas con muchos otros procesos fisiológicos como la fijación del  $\text{CO}_2$ , biosíntesis de lípidos y aminoácidos, establecimiento de las plántulas y respuesta al estrés (DiMario *et al.*, 2017). La comprensión del papel de estas enzimas en la activación de resistencia hacia enfermedades aún no se comprende bien; sin embargo, la evidencia experimental sugiere que participa activamente como receptor de ácido salicílico (Medina-Puche *et al.*, 2017) y genera la activación de Resistencia Sistémica Adquirida (SAR) (Klessig *et al.*, 2018). Por lo que se considera que el rol de las  $\beta$ -CA está relacionado con una protección contra el estrés oxidativo en la planta (Floryszak-Wieczorek and Arasimowicz-Jelonek, 2017).

Estudios recientes señalaron que la acumulación de ATP y  $\text{H}_2\text{O}_2$  en plantas infectadas con HLB, se deben a un incremento significativo en la actividad de biosíntesis de compuestos oxidantes relacionados con la protección de la planta y a una disminución de los elementos detoxificantes de la misma. Por lo cual, CLas genera un estrés oxidativo que daña las células de la planta (Pitino *et al.*, 2017), daño en el cual parece estar intrincadamente involucrada la proteína CLIBASIA\_05315 (Pitino *et al.*, 2018). El hecho de que dicha proteína contenga un dominio relacionado con las  $\beta$ -CA, sugiere que su papel en la activación de la enfermedad es el de efector de patogenicidad (Jones y Dangl, 2006), pues de alguna manera irrumpe la actividad de las  $\beta$ -CA presentes en el cloroplasto. Lo que altera su actividad fotosintética y ocasiona la acumulación de compuestos oxidantes, e inhibe su papel en la activación de SAR.

Estudios previos reportaron que se ha detectado la presencia de  $\beta$ -CA en diferentes bacterias patogénicas (Supuran and Capasso, 2017), especialmente en patógenas



de humanos (Tobal and Balieiro, 2013; Stefanucci *et al.*, 2018). Aunque, la presencia de estas enzimas ha sido observada en plagas y patógenos de importancia agrícola, para los cuales representa un posible objetivo en el desarrollo de estrategias de control químico (Zolfaghari Emameh *et al.*, 2014). Sin embargo, los análisis de conservación (Figura 2) muestran claramente que el dominio encontrado en la proteína CLIBASIA\_05315 es diferente a lo encontrado en otras bacterias. Por lo tanto, es necesaria la evidencia experimental de la presencia del dominio de  $\beta$ -CA en la proteína CLIBASIA\_05315, pues esto podría ayudar a comprender, con mayor cabalidad, los mecanismos mediante los cuales se desarrolla la patogenicidad en plantas con HLB, así como también diseñar posibles mecanismos de control de la enfermedad.



**Figura 2. Análisis de la conservación de cada posición en el alineamiento múltiple del dominio  $\beta$ -CA encontrado en la proteína CLIBASIA\_05315 (última fila).**

## Conclusiones

1. El análisis de ontología génica (GO) permitió observar que de las 16 proteínas propuestas por Pitino *et al.* (2016), algunas están tentativamente asociadas a la energética celular, membranas y transferencia de electrones.
2. Los dominios detectados sugieren que la presencia de  $\beta$ -CA en CLIBASIA\_05315 está relacionada con su afinidad al cloroplasto y la alteración fisiológica



previamente demostrada. A su vez, el dominio PAAR en la proteína CLIBASIA\_05115 sugiere la activa participación del T6SS durante el desarrollo del HLB.

## Literatura Citada

- Ashburner M., C. A. Ball, J. A. Blake, D. Botstein, H. Butler, J. M. Cherry *et al.* 2000. Gene Ontology: tool for the unification of biology. *Nat Genet.* 25(1): 25-29
- Bernal P., M. A. Llamas and A. Filloux. 2018. Type VI secretion systems in plant-associated bacteria. *Environ Microbiol.* 20:1–15.
- Bondage D. D., J. S. Lin, L. S. Ma, C. H. Kuo and E. M. Lai. 2016. VgrG C terminus confers the type VI effector transport specificity and is required for binding with PAAR and adaptor–effector complex. *Proc Natl Acad Sci U. S. A.* 113(27):E3931-40
- Chang J. H., D. Desveaux and A. L. Creason. 2014. The ABCs and 123s of Bacterial Secretion Systems in Plant Pathogenesis. *Annu Rev Phytopathol.* 52:317–345.
- Chen J., X. Deng, E. L. Civerolo, R. F. Lee, J. Jones, C. Zhou *et al.* 2011. Candidatus *Liberibacter* Species”: Without Koch’s Postulates Completed, Can the Bacterium be Considered as the Causal Agent of Citrus Huanglongbing (Yellow Shoot Disease) ? *Acta Phytopathologica Sin.* 41:113–117.
- Cianfanelli F. R., Alcoforado Diniz J., Guo M., De Cesare V., Trost M. and Coulthurst S. J. 2016. VgrG and PAAR Proteins Define Distinct Versions of a Functional Type VI Secretion System. *PLOS Pathog.* 12(6):1–27.
- Coyle J. F., G. L. Lorca and C. F. Gonzalez. 2018. Understanding the Physiology of *Liberibacter asiaticus*: An Overview of the Demonstrated Molecular Mechanisms. *J Mol Microbiol Biotechnol.* 3610:116–127.
- Davis M. J. and R. Brlansky. 2007. Culturing Fastidious Prokaryotes—Points to Consider when Working with Citrus Huanglongbing or Greening. *Proc Fla State Hort Soc Proc Fla State Hort Soc.* 120:136–137.
- DiMario R. J., H. Clayton, A. Mukherjee, M. Ludwig and J. V. Moroney. 2017. Plant Carbonic Anhydrases: Structures, Locations, Evolution, and Physiological Roles. *Mol Plant.* 10:30–46.





- Ding F., Y. Duan, C. Paul, R. H. Brlansky and J. S. Hartung. 2015. Localization and Distribution of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in citrus and periwinkle by direct tissue blot immuno assay with an anti-ompa polyclonal antibody. *PLOS One*. 10:1–17.
- Duan Y, Zhou L, Hall DG, Li W, Doddapaneni H, Lin H, Liu L, Vahling CM, Gabriel DW, Williams KP, *et al.* 2009. Complete Genome Sequence of Citrus Huanglongbing Bacterium, ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ Obtained Through Metagenomics. *Mol Plant-Microbe Interact*. 22:1011–1020.
- Flores-Sánchez JL, Aguilera GM, Loeza-Kuk E, López-Arroyo JI, Domínguez-Monge S, Acevedo-Sánchez G, Robles-García P. 2015. Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatán México. *Rev Mex Fitopatol Mex J Phytopathol*. 33:195–210.
- Floryszak-Wieczorek J, and Arasimowicz-Jelonek M. 2017. The multifunctional face of plant carbonic anhydrase. *Plant Physiol Biochem*. 112:362–368.
- Ganai B. A. 2017. Carbonic Anhydrase: Mechanism, Structure and Importance in Higher Plants. 7:17–23.
- Ghanim M, Achor D, Ghosh S, Kontsedalov S, Lebedev G, Levy A. 2017. “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” Accumulates inside Endoplasmic Reticulum Associated Vacuoles in the Gut Cells of *Diaphorina citri*. *Sci Rep*. 7:1–9.
- Hao G, Boyle M, Zhou L, Duan Y. 2013. The Intracellular Citrus Huanglongbing Bacterium, “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” Encodes Two Novel Autotransporters. *PLOS One*. 8:1–10.
- Huntley RP, Sawford T, Martin MJ, O’Donovan C. 2014. Understanding how and why the Gene Ontology and its annotations evolve: The GO within UniProt. *Gigascience*. 3:1–9.
- Jain M, Munoz-Bodnar A, Gabriel DW. 2017. Concomitant Loss of the Glyoxalase System and Glycolysis Makes the Uncultured Pathogen “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” an Energy Scavenger. Drake HL, editor. *Appl Environ Microbiol*. 83(23): e01670-17.
- Jones JDG, Dangl JL. 2006. The plant immune system. *Nature*. 444:323–329. HASTA AQUÍ!





- Kamber T, Pothier JF, Pelludat C, Rezzonico F, Duffy B, Smits THM. 2017. Role of the type VI secretion systems during disease interactions of *Erwinia amylovora* with its plant host. *BMC Genomics*. 18:1–12.
- Katoh H, Miyata SI, Inoue H, Iwanami T. 2014. Unique features of a Japanese “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” strain revealed by whole genome sequencing. *PLOS One*. 9.
- Kelley LA, Mezulis S, Yates CM, Wass MN, Sternberg MJE. 2015. The Phyre2 web portal for protein modeling, prediction and analysis. *Nat Protoc*. 10:845.
- Klessig DF, Choi HW, Dempsey DA. 2018. Systemic Acquired Resistance and Salicylic Acid: Past, Present, and Future. *Mol Plant-Microbe Interact*. 31:871–888.
- Lin H, Han CS, Liu B, Lou B, Bai X, Deng C, Civerolo EL, Gupta G. 2013. Complete Genome Sequence of a Chinese Strain of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*.” *Genome Announc*. 1(2):e00184-13.
- McCollum G, Baldwin E. 2016. Huanglongbing: Devastating Disease of Citrus. *Hortic Rev*. 44.
- Medina-Puche L, Castelló MJ, Canet JV, Lamilla J, Colombo ML, Tornero P. 2017.  $\beta$ -carbonic anhydrases play a role in salicylic acid perception in *Arabidopsis*. *PLOS One*. 12:1–29.
- Pitino M, Allen V, Duan Y. 2018. *Las* $\Delta$ 5315 Effector Induces Extreme Starch Accumulation and Chlorosis as Ca. *Liberibacter asiaticus* Infection in *Nicotiana benthamiana*. *Front Plant Sci*. 9:1–11.
- Pitino M, Armstrong CM, Cano LM, Duan Y. 2016. Transient Expression of *Candidatus Liberibacter Asiaticus* Effector Induces Cell Death in *Nicotiana benthamiana*. *Front Plant Sci*. 7:982
- Pitino M, Armstrong CM, Duan Y. 2017. Molecular mechanisms behind the accumulation of ATP and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in citrus plants in response to “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” infection. *Hortic Res*. 4:1–8.
- Prasad S, Xu J, Zhang Y, Wang N. 2016. SEC-translocon dependent extracytoplasmic proteins of *Candidatus liberibacter asiaticus*. *Front Microbiol*. 7:1–9.
- Shneider MM, Buth SA, Ho BT, Basler M, Mekalanos JJ, Petr G, Leiman. 2014. PAAR-repeat proteins sharpen and diversify the Type VI secretion system spike. *Nature*. 500:350–353.



- Silva MS, Arraes FBM, Campos M de A, Grossi-de-Sa M, Fernandez D, Cândido E de S, Cardoso MH, Franco OL, Grossi-de-Sa MF. 2018. Review: Potential biotechnological assets related to plant immunity modulation applicable in engineering disease-resistant crops. *Plant Sci.* 270:72–84.
- Stefanucci A, Angeli A, Dimmito MP, Luisi G, Del Prete S, Capasso C, Donald WA, Mollica A, Supuran CT. 2018. Activation of  $\beta$ - and  $\gamma$ -carbonic anhydrases from pathogenic bacteria with tripeptides. *J Enzyme Inhib Med Chem.* 33:945–950.
- Supuran CT, Capasso C. 2017. An overview of the bacterial carbonic anhydrases. *Metabolites.* 7(4):E56
- Tang X, Xiao Y, Zhou JM. 2006. Regulation of the type III secretion system in phytopathogenic bacteria. *Mol Plant Microbe Interact.* 19:1159–1166.
- Tobal JM, Balieiro ME da SF. 2013. Role of carbonic anhydrases in pathogenic microorganisms: A focus on *Aspergillus fumigatus*. *J Med Microbiol.* 63:15–27.
- Vahling CM, Duan Y, Lin H. 2010. Characterization of an ATP translocase identified in the destructive plant pathogen “*Candidatus Liberibacter asiaticus*”. *J Bacteriol.* 192:834–840.
- Wang Z, Zhao C, Wang Y, Sun Z, Wang N. 2018. PANDA: Protein function prediction using domain architecture and affinity propagation. *Sci Rep.* 8:1–10.
- Waterhouse AM, Procter JB, Martin DMA, Clamp M, Barton GJ. 2009. Jalview Version 2-A multiple sequence alignment editor and analysis workbench. *Bioinformatics.* 25:1189–1191.
- Zheng Z, Deng X, Chen J. 2014. Whole-Genome Sequence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” from Guangdong, China. *Genome Announc.* 2:e00273-14.
- Zheng Z, Sun X, Deng X, Chen J. 2015. Whole-Genome Sequence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” from a Huanglongbing-Affected Citrus Tree in Central Florida. *Genome Announc.* 3:e00169-15.
- Zheng Z., Sun X, Deng X, Chen J. 2015. Whole-Genome Sequence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” from a Huanglongbing-Affected Citrus Tree in Central Florida. *Genome Announc.* 3:e00169-15.
- Zolfaghari Emameh R, Barker H, Hytönen VP, Tolvanen MEE, Parkkila S. 2014. Beta carbonic anhydrases: Novel targets for pesticides and anti-parasitic agents in agriculture and livestock husbandry. *Parasites and Vectors.* 7:1–11.



## FRAGMENTOS DE RESTRICCIÓN DE LONGITUD POLIMÓRFICA DEL GEN p20 PARA DIFERENCIACIÓN DE AISLADOS DE CTV

E. Iobana Alanís Martínez<sup>446</sup>, Patricia Rivas Valencia<sup>447\*</sup>, Eufrosina Cora Valencia<sup>446</sup> y  
Emiliano Loeza Kuk<sup>448</sup>

### Resumen

El Citrus Tristeza Virus (CTV) es un patógeno presente en México desde 1983. El tipo de aislado prevalente en las zonas citrícolas ha sido de tipo moderado (T30), con detecciones de aislados severos en algunos estados como Nuevo León y recientemente en Veracruz. El objetivo del estudio fue caracterizar aislados de CTV para la diferenciación de aislados y el empleo de iniciadores específicos para la determinar la presencia de mezclas de este virus. Se evaluaron 39 muestras procedentes de 6 localidades de Veracruz, detectándose la presencia de aislados tipo T30, VT, T68 y T3 o la mezcla de éstos. La presencia de variaciones en el gen p20 permitió obtener fragmentos de restricción que discriminan al aislado moderado tipo T30 de los aislados severos, aun cuando haya mezclas de aislado severo con moderado en una misma planta.

**Palabras clave:** aislado severo, iniciadores específicos, detección

---

<sup>446</sup> Estación Nacional de Epidemiología, Cuarentena y Saneamiento Vegetal, Dirección General de Sanidad Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

<sup>447</sup> Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales. rivas.patricia@inifap.gob.mx

<sup>448</sup> Campo Experimental Mocochá, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.



## Introducción

La producción de cítricos en México se enfrenta a diversos patógenos que representan grandes desafíos en términos de vigilancia, detección y manejo. La detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en nuestro país obligó a establecer un enfoque integral en la ejecución de las campañas fitosanitarias, considerando la presencia e impacto de los patógenos asociados a cítricos. En ese sentido, la Dirección General de Sanidad Vegetal a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, ejecutan acciones de vigilancia activa de los patógenos de importancia cuarentenaria y económica.

El virus de la tristeza de los cítricos (*Citrus Tristeza Virus*, CTV) es un patógeno presente en México desde 1983. La detección de CTV se ha reportado en plantas que no presentan síntomas (Iracheta *et al.*, 2010). El tipo de aislado prevalente en las zonas citrícolas es de tipo moderado (T30) (Rivas-Valencia *et al.*, 2010) con detecciones de aislados severos en algunos estados como Nuevo León (Mendoza *et al.*, 2003) y Veracruz.

Las secuencias genómicas disponibles en este momento corresponden a aislamientos que inducen diferente sintomatología (Albiach-Martí *et al.*, 2000). Los aislados de CTV pertenecen a siete grupos de secuencias: T36, VT, T3, T68, ruptura de resistencia (RB), NC (New Clade) y T30 (Dawson *et al.* 2015). La detección de aislamientos severos de CTV es necesaria para reforzar la operación de la campaña de CTV en todo el país (Iracheta *et al.*, 2010).

En México se han realizado diversos trabajos de investigación enfocados en la determinación de los tipos de aislados presentes en las diferentes zonas productoras de nuestro país. Las metodologías empleadas para la caracterización de éstos se basan en la amplificación por RT-PCR en punto final de uno o varios genes, seguida del análisis de secuencia, análisis de polimorfismo conformacionales de cadena sencilla (SSCP) (Rivas *et al.*, 2017) y fragmentos de restricción de longitud polimórfica (RFLP´s) (Mendoza *et al.*, 2003). También se dispone de iniciadores específicos para la detección de aislados moderados y aislados severos (Ayllón *et al.*, 2001).





Mendoza *et al.* (2003) utilizaron RFLP's del gen p25 para discriminar los aislados débiles de los severos a partir de la digestión con la enzima *Hae* III, que genera un sólo patrón. Los aislados severos presentan sitios para la enzima *Hae* III y la enzima de restricción *Kpn* I discriminó las razas que ocasionan picado de tallo de las que inducen el declinamiento. Este ensayo es una herramienta de gran utilidad para la caracterización de los aislados, pero requiere el empleo de dos enzimas de restricción. El objetivo del estudio fue caracterizar aislados de CTV por medio de los fragmentos de restricción de longitud polimórfica del gen p20 para la diferenciación de aislados tipo moderado y severo, y el empleo de iniciadores específicos para la determinar la presencia de mezclas de aislados.

## Materiales y métodos

Se evaluaron 39 muestras procedentes de 6 localidades de Veracruz, 37 de éstas corresponden a naranja dulce sobre naranjo agrio y 2 de mandarina sobre naranjo agrio. Se incluyó en el análisis el aislado débil T505 (T30) del Banco de patógenos de la Estación Nacional de Epidemiología, Cuarentena y Saneamiento Vegetal (ENECUSAV). Se extrajo RNA de 150 mg de tejido compuesto de corteza, nervadura y pedicelo con el Kit SV Total RNA isolation (Promega) de acuerdo a las instrucciones de fabricante. Las muestras se sometieron a RT-PCR en dos pasos. La síntesis de cDNA se realizó con 3  $\mu$ L de RNA, 0.5  $\mu$ g de Oligo dT (12-18 Primer, Invitrogen), 100U de M-MLV Reverse Transcriptase (Invitrogen) y 60  $\mu$ M dNTP's. Para la PCR se emplearon diferentes pares de iniciadores dirigidos al gen p20, gen p25 e iniciadores específicos para los diferentes aislados T30/VT/T3/T36/T68 de la región genómica K17 (Cuadro 1).

La PCR se realizó en un volumen final de 25  $\mu$ L con los siguientes reactivos: Taq DNA Buffer PCR 1X, MgCl<sub>2</sub> 0.75 mM, dNTP's 0.2 mM, Platinum Taq DNA polymerase 1U (Invitrogen, USA), 10  $\mu$ M de cada primer y 3  $\mu$ L de cDNA sintetizado con oligo dT. El programa de amplificación fue el siguiente: 96°C por 3 min, 35 ciclos de 95°C por 30 s, 56°C por 30 s y 72°C por 45 s, seguido de una extensión final a 72°C por 4 min. Se



verificó la presencia del fragmento mediante electroforesis en geles de agarosa al 2%, la tinción se realizó con bromuro de etidio (5 mg/L) y los geles se analizaron en el fotodocumentador Gel Doc (Bio-Rad, USA).

**Cuadro 1. Iniciadores específicos para diferentes aislados del *Citrus Tristeza Virus* (CTV).**

Iniciadores	Secuencia	Fragmento (pb)	Referencia
P20-F	ACA ATA TGC GAG CTT ACT TTA	561	Rubio <i>et al.</i> , 2001
P20-R	AAC CTA CAC GCA AGA TGG A		
P25-D	CGG AAC GCA ACA GAT CAA CG	645	Lee <i>et al.</i> , 1996
P25-R	ATT ATG GAC GAC GAA ACA AA		
kT30-F	GTT GTC GCG CCT AAA GTT CGG CA	409	Hilf <i>et al.</i> , 2005
kT30-R	TAT GAC ATC AAA AAT AGC TGA A		
kVT-F	GTT GTC GCG CTT TAA GTT CGG TA		
kVT-R	TAC GAC GTT AAA AAT GGC TGA A		
kT36-F	CAA CAC ATC AAA AAT AGC TAG T		
kT36-R	GTT TTC TGC TTT GAA GCG GAA A		
kT3-F	GTT ATC ACG CCT AAA GTT TGG T		
kT3-R	CAT GAC ATC GAA GAT AGC CGA A		
kT68-F	CCT TTT CGC AGC TAA AGT GCA GC	571	Matos <i>et al.</i> , 2013
kT68-R	CTT ATC AAA GGC TTT AGC ACT T		

Se obtuvieron fragmentos de restricción del gen p20 con la enzima *TaqI* (T/CGA) y del gen p25 con la enzima *HaeIII* (GG/CC), empleándose 3  $\mu$ L del producto de PCR y 2U unidades de la enzima con un periodo de incubación de 16 horas a 39°C. La visualización de los fragmentos se realizó mediante geles de acrilamida al 8%, la tinción se realizó con bromuro de etidio (5 mg/L) y los geles se analizaron en el fotodocumentador Gel Doc (Bio-Rad, USA).

Adicionalmente, se obtuvo la secuencia parcial del gen p25 para compararlas con las secuencias ya registradas en el Gen Bank (NCBI).

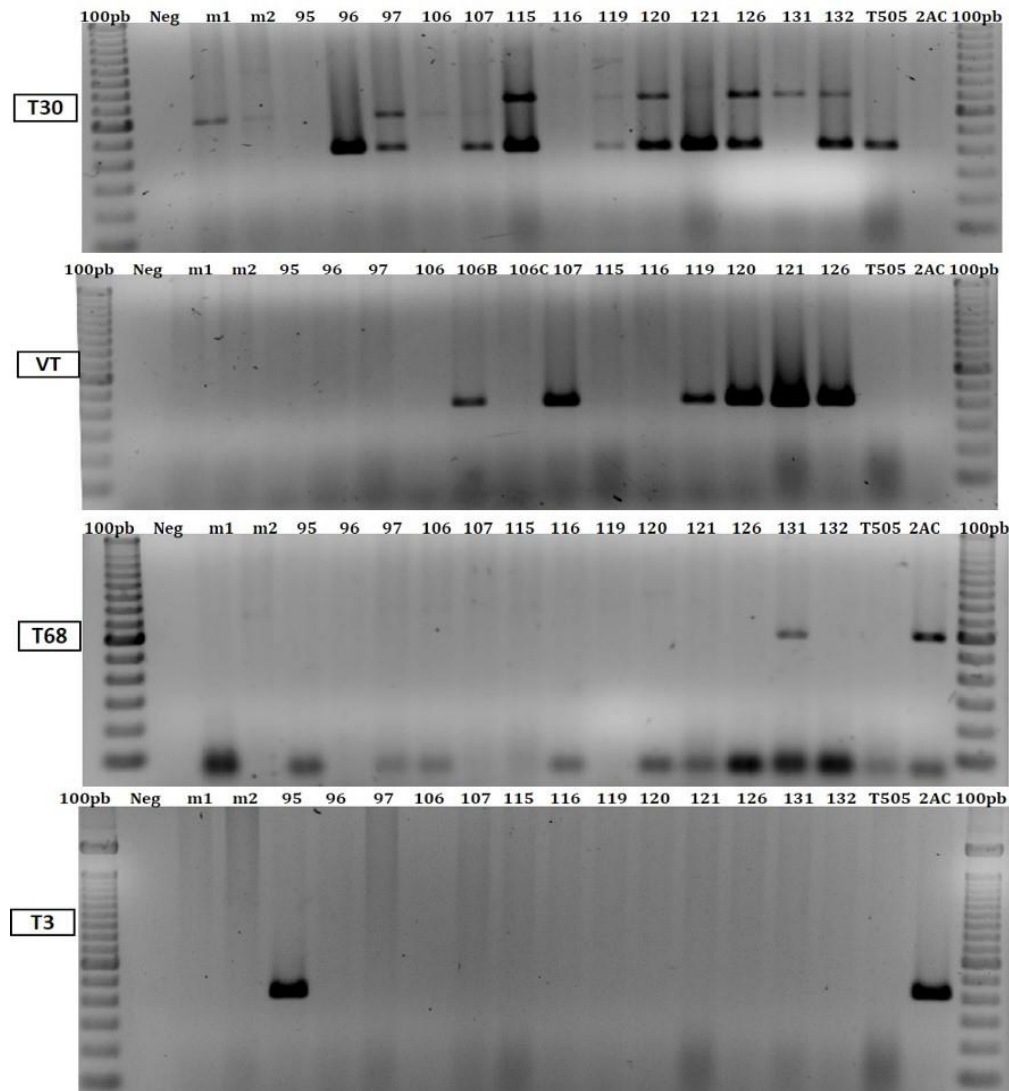
## Resultados y discusión

### Amplificación del gen p20, p25 y PCR específica

Se confirmó la presencia de CTV en las muestras analizadas empleando indicadores dirigidos al gen P20 y P25, los cuales generan un fragmento de 561 y 645 pb,



respectivamente. De igual forma, todas las muestras se sometieron a PCR específica con 5 pares de iniciadores dirigidos a la región genómica K17 para la determinación de mezclas de aislados. La Figura 1 presenta la detección de los aislados T30, VT, T68 y T3 en las muestras analizadas.



**Figura 1. Detección del aislado T30, VT, T68 y T3 en muestras procedentes de diferentes zonas de Veracruz, empleando los iniciadores específicos de la región K17. Sobre cada carril se encuentra la clave de 14 muestras. T505 corresponde al aislado T30 de la colección del Banco de patógenos de la ENECUSAV. A los extremos del gel se localiza el marcador de peso molecular 100 pb (Invitrogen).**

El tipo de aislado predominante en las muestras analizadas corresponde al T30 (moderado), que hasta el momento es el aislado prevalente en otras regiones



estudiadas (Rivas *et al.*, 2017). Las infecciones simples se presentaron de la siguiente manera: T30:10 muestras, T3:8 muestras, VT: 2 muestras, y T68: 1 muestra. Así también, se detectaron las siguientes mezclas de aislamientos: VT/T30:15 muestras, T68/T3: 2 muestras, y T3/T30: 1 muestra. En el Cuadro 2 se muestra el tipo de aislamiento y las mezclas de éstos por localidad. Se observa que la prevalencia como se indicó previamente es del aislado T30 (moderado), además de la presencia de aislados de tipo severo (VT, T3 y T68). Sin embargo, los aislados de tipo severo se encontraron con mayor frecuencia en la mezcla, lo cual puede ser un indicio de la presencia de aislados severos recientemente y la coexistencia de aislados con inducción diferencial de sintomatología.

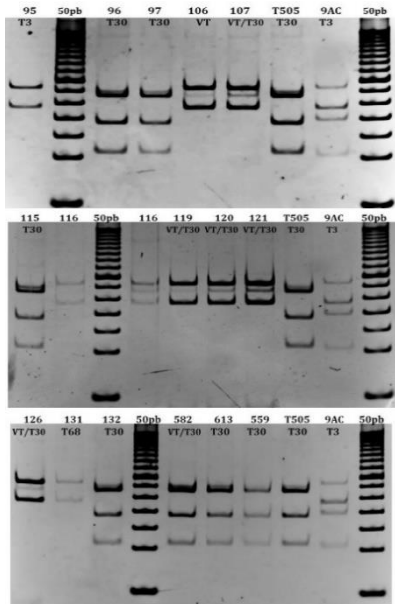
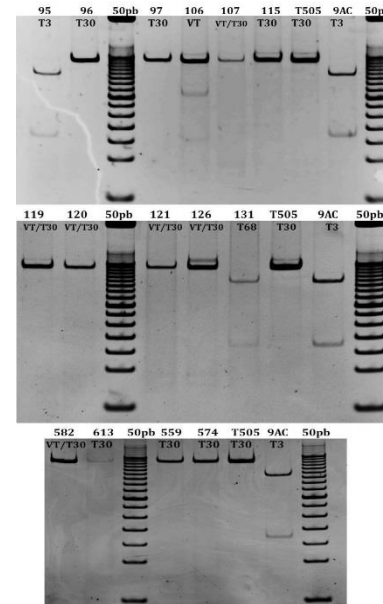
**Cuadro 2. Incidencia de diferentes aislamientos de CTV obtenidos por PCR empleando iniciadores dirigidos a la región K17.**

	T30	VT/T30	T3/T30	VT	T3	T68	T68/T3	T36	Total de muestras
Cazones	4	5	1	1	8	1	2		22
Tihuatlán		9		1					10
Tuxpan		1							1
Temapache	1								1
Ixhhuatlan de Madero	2								2
Gutiérrez Zamora	3								3
Total	11	15	1	2	8	1	2	0	39

### Fragmentos de restricción de longitud polimórfica

A partir de la amplificación del gen p20 y p25, se generaron fragmentos de restricción con la enzima *TaqI* y *HaeIII*, respectivamente. La Figura 2 muestra los fragmentos generados de la digestión de ambos genes. El gen p20 presenta un patrón de fragmentos que discrimina el aislado moderado T30 de los aislados T3, VT y T68, incluso cuando hay presencia del T30. El gen p25 no exhibe sitio de corte para el aislado T30 y muestra dos sitios de corte para los aislados severos T3 y T68, pero cuando está presente la mezcla de VT con T30 no hay restricción del fragmento, probablemente debido a la prevalencia del haplotipo moderado en la mezcla.



**A: P20, enzima *TaqI***

**B: p25, enzima *HaeIII***


**Figura 2. A) Fragmentos de restricción del gen p20 obtenidos con la enzima *TaqI*. B) Fragmentos de restricción del gen p25 obtenidos con la enzima *HaeIII*. La primera hilera en cada uno de los geles corresponde a la clave de la muestra, la segunda hilera corresponde al tipo o tipos de aislados detectados por PCR convencional con los iniciadores especificados de la región K17. 50pb: marcador de peso molecular (Invitrogen).**

**Análisis de secuencia**

Se obtuvo la secuencia del gen p25 de 13 muestras procedentes de Cazones de Herrera, 1 de Tuxpan, 1 de Tamapache y 2 de Ixhuatlán de Madero. El Cuadro 3 muestra el porcentaje de alineamiento que presentaron las secuencias obtenidas al realizar la búsqueda correspondiente en el Gen Bank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>), el tipo de aislado detectado por PCR convencional con los iniciadores específicos y el tipo de aislado (severo o moderado) al que se asocia el patrón de restricción de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio con la digestión del gen p20 y con el reporte del Mendoza *et al.* (2003).

Por otro lado, se obtuvo el árbol filogenético incluyendo en el análisis secuencias del gen p25 de aislados severos VT: HM573451, GQ475563, EU076703, U56902, KC841804; T36: DQ272579, AY340974 y moderados T30: KC517491, Y18420, KC841784. La Figura 3 muestra las relaciones generadas con el gen P25. El árbol se construyó



con el programa Mega 6 (Tamura *et al.*, 2013), usándose el método de Neighbor-Joining (Saitou and Nei, 1987).

El árbol muestra clados diferenciados de aislados de tipo moderado (1), severo (3) y la mezcla de severo/moderado (1).

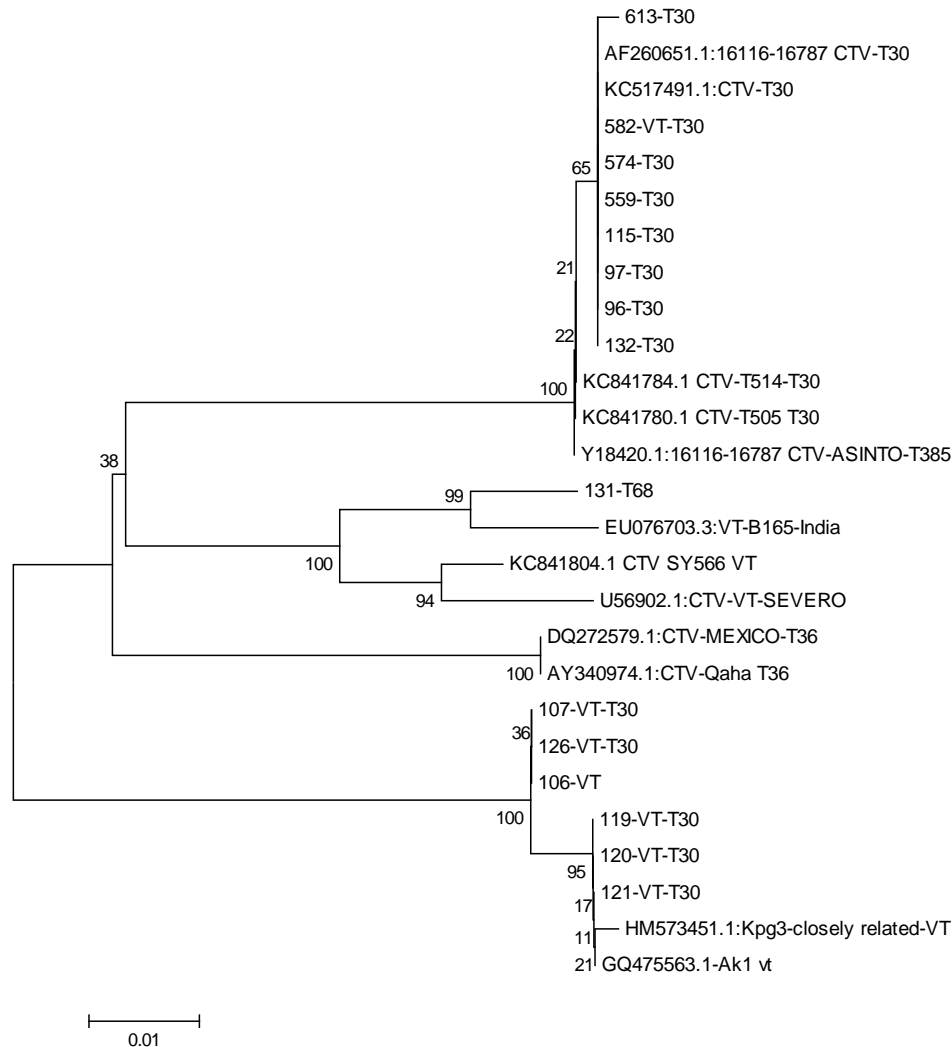
**Cuadro 3. Tipo de aislado presente en las muestras: T30, VT, T3 y T68 de acuerdo al alineamiento de las secuencias del gen p25 con el Gen Bank, PCR específica con los iniciadores de la región K17 y RFLP´s del gen p20 digerido con la enzima *TaqI* y p25 digerido con la enzima *HaeIII*.**

Localidad	Clave	Secuencia			PCR específica T30/VT/T3/T68/T36	RFLP´s Gen p20	RFLP´s Gen p25	
		% similitud	Número de accesión	Genotipo				
Cazones	1AC				<b>T3</b>	Severo	Severo	
	2AC				<b>T3/T68</b>	Severo	Severo	
	3AC				<b>T3</b>	Severo	Severo	
	4AC				<b>T3</b>	Severo	Severo	
	5AC	<b>No secuenciado</b>				<b>T3</b>	Severo	Severo
	6AC					<b>T3/T68</b>	Severo	Severo
	7AC					<b>T3/T30</b>	Severo	Severo
	8AC					<b>T3</b>	Severo	Severo
	9AC					<b>T3</b>	Severo	Severo
	10AC					<b>T3</b>	Severo	Severo
		95	98	MG983915	<b>T68</b>	T3	Severo	Severo
			98	KU900355	<b>VT</b>			
		96	100	KC517491	<b>T30</b>	<b>T30</b>	Moderado	Moderado
		97	100	KC517491	<b>T30</b>	<b>T30</b>	Moderado	Moderado
		106	99	HM573451 GQ475563	<b>closely VT</b>	<b>VT</b>	Severo	Moderado
			99		<b>VT</b>			
					<b>VT</b>			
		107	99	HM573451 GQ475563	<b>closely VT</b>	<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado
			99		<b>VT</b>			
					<b>VT</b>			
	115	100	KC517491	<b>T30</b>	<b>T30</b>	Moderado	Moderado	
	116	99	KC517491	<b>T30</b>	<b>NEG</b>	Severo	Moderado	
	119	100	GQ475563 KY882462	<b>VT</b>	<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	
		99		<b>VT</b>				
	120	100	GQ475563	<b>VT</b>	<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	
	121	100	GQ475563	<b>VT</b>	<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	
	126	100	GQ475563	<b>VT</b>	<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	
	131	100	MG983916 KU900355	<b>T68</b>	<b>T68</b>	Severo	Severo	
		100		<b>T68/VT</b>				
	132	100	KC517491	<b>T30</b>	<b>T30</b>	Moderado	Moderado	
Tihuátlan	1AT				<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	
	2AT	<b>No secuenciado</b>				<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado
	3AT				<b>VT/T30</b>	Severo	Moderado	



Localidad	Clave	% similitud	Secuencia		PCR específica T30/VT/T3/T68/T36	RFLP's Gen p20	RFLP's Gen p25
			Número de accesión	Genotipo			
	4AT				VT	Severo	Moderado
	5AT				VT/T30	Severo	Moderado
	6AT				VT/T30	Severo	Moderado
	7AT				VT/T30	Severo	Moderado
	8AT				VT/T30	Severo	Moderado
	9AT				VT/T30	Severo	Moderado
	10AT				VT/T30	Severo	Moderado
Tuxpan	582	100	KC517491	T30	VT/T30	Moderado	Moderado
Temapache	613	100	KC517491	T30	T30	Moderado	Moderado
Ixhuatlan de	559	100	KC517491	T30	T30	Moderado	Moderado
Madero	574	100	KC517491	T30	T30	Moderado	Moderado
	981				T30	Moderado	Moderado
Gutiérrez	982	<b>No secuenciado</b>			T30	Moderado	Moderado
Zamora	984				T30	Moderado	Moderado
Enecusav	T505	<b>No secuenciado</b>			T30	Moderado	Moderado

La muestra 116 de Cazones de Herrera presentó resultados negativos para todos los tipos de aislados evaluados por PCR específica. Sin embargo, la secuencia obtenida se asocia con T30 y el patrón de restricción del gen p20 es similar al de muestras con mezcla de VT/T30. Esta situación podría deberse a la presencia de un nuevo aislado con características moleculares diferentes. Por otro lado, 15 muestras mostraron resultados por PCR a la mezcla VT/T30 y 2 a VT. Los patrones de restricción del p25 con la enzima *HaeIII* no reconocen ningún sitio de corte, solamente se encuentran sitios de corte en los aislados T3 y T68 (T3/T30 o T3/T68). En cambio, los fragmentos de restricción del gen p20 con la enzima *TaqI* presentes en los aislados severos VT, T3, T68, ya sea en infección simple o mixta, son diferentes a los del aislado moderado T30. Solamente en la muestra 582 de Tuxpan, el patrón de restricción, tanto del gen p20 como del gen p25, mostró similitud con el aislado T30, situación que puede deberse a la proporción de haplotipos de uno y otro en la muestra, ya que la secuencia confirma la presencia del genotipo T30 y la PCR específica muestra la presencia de VT/T30.



**Figura 3. Árbol filogenético de la secuencia del gen p25 de muestras procedentes de cuatro localidades de Veracruz: 96-T30, 97-T30, 115-T30, 116-T30, 132-T30, 559-T30, 574-T30, 582-T30, 613-T30, 106-VT, 107-VT, 119-VT, 120-VT, 121-VT, 126-VT, 131-T68-VT y secuencias de aislados de CTV severos (VT, T36) y moderados (T30).**

## Conclusiones

1. La presencia de variaciones en el gen p20 permitió obtener fragmentos de restricción que discriminan al aislado moderado tipo T30 de los aislados severos, aun cuando haya mezclas de aislado severo con moderado en una misma planta.





2. Considerando que el aislado que prevalece en México es el tipo T30, esta metodología proporciona una herramienta de diagnóstico de gran utilidad, debido a que es más eficiente en términos de costo y tiempo. Si el patrón de restricción es semejante al que generan los aislados severos, dependiendo de los objetivos, se puede obtener la secuencia o bien someter la muestra a PCR específica para la determinación de los tipos de aislados que pudieran estar coexistiendo.

### Literatura citada

- Albiach, M. M. R., M. Mawassi, S. Gowda, T. Satyanarayana and M. E. Hilf. 2000. Sequences of Citrus tristeza virus separated in time and space are essentially identical. *J. Virol.* 74:6856–65
- Ayllón, M. A., C. López, J. Navas C., S.M. Garnsey, R. Guerri, R. Flores and P. Moreno. 2001. Polymorphism of the 5' terminal region of citrus tristeza virus (CTV) RNA: Incidence of three sequences types in isolates of different origin and pathogenicity. *Archives of Virology* 146(1):27-40.
- Dawson, W., M. Bar-Joseph, S. M. Garnsey and P. Moreno. 2015. Citrus Tristeza Virus: Making an ally from an Enemy. *Annual Review of Phytopathology* 2015 53:1137-15
- Hilf, M. E, V. A. Mavrodieva and S. M. Garnsey. 2005. Genetic marker analysis of a global collection of isolates of Citrus tristeza virus: characterization and distribution of CTV genotypes and association with symptoms. *Phytopathology* 95:909-917.
- Iracheta, C. M. M, I. H. Almeyda, B. Cevik, B. Niblett, R. F. Lee and M. A. Rocha. 2010. Serological and Molecular Tools for strain discrimination of Citrus tristeza virus Isolates from Nuevo León, México. *Agrociencia* 44:449-460.
- Lee, R. F., H. R. Pappu, M. A. Rocha P. V. J. Febres, K. L. Manjunath, O. V. Nikolaeva, A. V. Karasev, B. Cevik, M. Akbulut, D. Benscher, E. J. Anderson, M. Price, F. Ochoa and C. L. Niblett. 1996. Progress on strain differentiation of Citrus Tristeza Virus. *Rev. Mex. Fitopatol.* 14:79-87.



- Matos, L. A., M.E. Hilf, X.A. Cayetano, A. O. Feliz, S.J. Harper and S.Y. Folimonova. 2013. Dramatic change in Citrus tristeza virus populations in the Dominican Republic. *Plant Dis.* 97:339-345
- Mendoza, A., C. Salazar, O. Alvarado, M.A. Cruz, and H. Becerra. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislamientos del virus tristes de los cítricos en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26:223-230.
- Rubio, L., M. A. Ayllón, P. Kong, A. Fernandez, M. L. Polek, J. Guerri, P. Moreno and B.W. Falk. 2001. Genetic variation of Citrus tristeza virus isolates from California and Spain: evidence for mixed infections and recombination. *J. Virol.* 75:8054-8062.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4:406-425
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski and S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- Rivas V. P., E. Loeza K., G. Mora A., N. Ruiz G., D. L. Ochoa M., A. Gutiérrez E. and V. Febres. 2010. Análisis espaciotemporal de aislados del Citrus tristeza virus de Yucatán y Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 493-507.
- Rivas, V. P., E. Loeza K., S. Domínguez M., C. T. Lomas B. 2017. Chronic infection of the citrus tristeza virus in Citrus sinensis/C. aurantium trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, septiembre-diciembre 2017 XXIII(3):187-202



## DETECCIÓN DE CLas MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE INICIADORES ESPECÍFICOS EN ÁRBOLES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>449\*</sup>, Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>449</sup>,  
Cinthia Guadalupe López Sosa<sup>450</sup>, Jacel Adame García<sup>450</sup> y Carlos Hernández  
Guerra<sup>451</sup>

### Resumen

El método de detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) se basa en la PCR utilizando iniciadores OI1/OI2c, que amplifican un fragmento del gen 16S del ADNr de CLas agente causal de la enfermedad HLB, sin embargo, en ocasiones no es posible detectar a la bacteria en muestras asintomáticas o con síntomas iniciales de la enfermedad, por esa razón el objetivo de este trabajo fue la detección de CLas, mediante la evaluación de iniciadores OI1/OI2c comparados con iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, estos últimos amplifican una región del gen *Clibasia\_02425* que codifica para proteínas de membrana externa presentes en CLas. Se utilizaron 15 muestras de limón Persa (asintomáticas, con síntomas iniciales y síntomas típicos del HLB), colectadas en una huerta de Veracruz, las cuales fueron sometidas a una PCR anidada por su mayor sensibilidad en la detección de CLas para demostrar que las muestras utilizadas portaban a la bacteria, detectando en un 99% a CLas en las muestras analizadas, en base a esto, se realizaron PCR convencionales con iniciadores OI1/OI2c y F-C6XFB8/R-C6XFB8 permitiendo detectar a la bacteria en un 46 y 86% respectivamente. Para determinar la sensibilidad de los iniciadores se realizaron diluciones del ADN de las muestras a 1:10 y 1:30, logrando detectar a CLas en un 72 y 59% respectivamente con los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, además, los amplicones se mostraron mas intentos y con espectros estables a diferencia de

<sup>449</sup> Centro de Investigación Golfo Centro INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco.

<sup>450</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván ext. Tlapacoyan.

<sup>451</sup> Asesor independiente en cítricos



los obtenidos con iniciadores O11/O12c. La especificidad fue determinada con el empleo de otras bacterias en la PCR, amplificando fragmentos de 901 pb correspondientes a la región del gen *Clibasia\_02425* de CLas. Estos resultados demuestran la ensibilidad y especificidad de los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, para la detección temprana del HLB.

**Palabras clave:** HLB, gen *Clibasia\_02425*, bacteria

## Introducción

La exportación de cítricos de México es una de las actividades económicas más relevantes para el sector agrícola nacional, destacando la exportación de limón, la cual ha incrementado considerablemente en los últimos años (Ruíz *et al.*, 2016). México es el segundo productor de limón a nivel mundial. Los estados de Veracruz, Michoacán y Oaxaca son los principales productores de este cultivo (SIAP, 2017). Sin embargo, la citricultura del país se ha visto afectada fuertemente por la enfermedad de Huanglongbing (HLB), la cual es causada por el agente *Candidatus Liberibacter* spp., que es una  $\alpha$ -protobacteria de tipo gram negativa, que se desplaza a través de los poros de los tubos cribosos del floema de la planta impidiendo el paso de nutrientes (Mora *et al.*, 2014). En México está presente la especie *Candidatus Liberibacter asiaticus*, la cual es transmitida por el insecto denominado psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*) (Bové, 2006).

Esta enfermedad fue descrita por primera vez en México en el 2009 en la península de Yucatán (Flores *et al.*, 2015), y actualmente se encuentra distribuida en todos los estados citricultores de México (SENASICA, 2018). El HLB representa una seria amenaza para las regiones cítricas del mundo (Bové, 2006), y es considerada aún más devastadora que el VTC y hasta el momento no existe ningún tipo de tratamiento para los árboles infectados. Es por ello que la detección temprana, permitirá tomar las acciones adecuadas para el control de la enfermedad (Garza *et al.*, 2017).





Los métodos de detección se basan en el empleo de técnicas moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) punto final y PCR tiempo real (QT-PCR) desarrollada por Li *et al.*, (2006, 2007), usando iniciadores específicos que amplifican las secuencias de los genes 16S ribosomales y los genes proteínicos (operon-B) (Teixeira *et al.*, 2005). Sin embargo, en ocasiones aún con esta técnica no es posible detectar a la bacteria en muestras asintomáticas o con síntomas iniciales de la enfermedad debido a la baja concentración y la distribución irregular del patógeno en las plantas hospedantes. Por esta razón el objetivo de este trabajo fue la detección de CLas en muestras de limón Persa mediante la evaluación de los iniciadores O11/O12c universales (Jagoueix *et al.*, 1994) comparados con iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 (Rodríguez, 2015), que amplifican una región del gen *Clibasia\_02425* que codifica para proteínas de membrana externa presentes en CLas. Utilizando como control una PCR anidada (Lin *et al.*, 2010), por su mayor sensibilidad en la detección de CLas demostrando la presencia de la bacteria en las muestras utilizadas.

## **Materiales y métodos**

Durante el periodo de julio 2018 a febrero 2019, se realizó la siguiente investigación en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz.

### **Material Vegetal**

Se utilizaron 15 muestras de limón Persa, compuestas por 10 hojas cada una, las cuales fueron divididas de la siguiente manera 5 muestras con síntomas iniciales, 5 muestras con síntomas típicos, y 5 muestras sin síntomas de la enfermedad, colectadas en una huerta en el Mpio. de Misantla, Ver. Las muestras fueron envueltas en hojas de papel rotuladas y se almacenaron en hielera para su traslado al Laboratorio. Como controles positivos en las pruebas de PCR se utilizó ADN



proveniente de un árbol infectado con HLB, proveniente del Mpio. Tecoman, Colima, y como negativo se utilizó una planta sana resguardada en el C.E. Ixtacuaco.

### **Extracción de ADN genómico de *Candidatus Liberibacter asiaticus***

Para la extracción de ADN se siguió el método CTAB modificado por Rodríguez y colaboradores (2010), el cual consistió en lo siguiente: se lavó el material vegetal con agua y se secó, se retiraron los peciolo y nervaduras centrales, para cortar finamente con una navaja estéril (para que la sabia tuviera mayor exposición con la solución de extracción). Se colocaron 500 mg de material vegetal en un tubo eppendorf de 2 mL adicionando 1.5 mL de buffer 2-ME/CTAB (2% de 2-mercaptoethanol, 2% de bromuro deciltrimetil-amonio, 100 mM Tris-HCl pH 8, 20 mM EDTA pH 8, 1.4 M NaCl, 1% p/v polivinilpirrolidona), previamente precalentado a 65 °C. Se incubó a 65 °C por 2 horas con vortex cada 30 minutos. Posteriormente se extrajeron 800 µl de sobrenadante a un tubo eppendorf estéril de 2 ml, adicionando 800 µl de SEVAG (cloroformo-alcohol isoamílico 24:1) homogenizando la muestra por inversión. Se centrifugó a 13000 rpm/10 minutos a temperatura ambiente. Se recuperaron 500 µl de sobrenadante en un tubo nuevo estéril de 1.5 ml, adicionando 250 µl de acetato de amonio (7.5 M) y 300 µl de isopropanol. Se dejó precipitar 24 h a -20°C. Se centrifugó a 13000 rpm/20 minutos. Se desechó el sobrenadante rápidamente para evitar el desprendimiento de la pastilla, y se lavó dos veces con 1 mL de etanol frío al 70 %, centrifugando a 13000 rpm/10 minutos a 4°C y se dejó secar la pastilla a temperatura ambiente, se hidrató con 50 µl de agua mQ estéril. Por último. se almacenó el ADN a -20 °C hasta que fue utilizado.

### **Determinación de la integridad y calidad del ADN genómico**

Para determinar la integridad del ADN genómico extraído, se realizó electroforesis en gel de agarosa al 0.8 % en TAE 0.5 X, teñido con 0.5 µg/mL de una solución de bromuro de etidio, a 95 Volts durante 60 min en cámara de electroforesis horizontal (Bio-Rad), y se visualizó en un fotodocumentador Bio Rad. La calidad del ADN se determinó mediante la pureza y concentración en un equipo Nanodrop colocando 2 µl de de acuerdo a las condiciones recomendadas por el fabricante (Thermo



Scientific). Valores de 1.8-2.0 en la relación  $DO_{260}/DO_{280}$  indican una pureza óptima, valores inferiores a 1.8 son considerados como indicadores de contaminación.

### **PCR- anidada control interno para la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus***

Como control interno para la detección de la bacteria se realizó una PCR anidada, utilizando iniciadores internos/externos I-F (5'CGA TTG GTG TTC TTG TAG CG-3') / I-R (5'AAC AAT AGA AGG ATC AAG CAT CT-3') y O-F (5' CGG TGA ATG TAT TAA GCT GAG GCG TTC C-3') /O-R (5' TAC CCA CAA CAA AAT GAG ATA CAC CAA CAA CTT C-3') (Lin *et al.*, 2010). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un volumen de 10 uL, a una concentración final de 0.75 U de GoTaq® Flexi ADN Polymerase (Promega), 1.25 X Buffer, 0.25 mM dntp's, 1.8 mM  $MgCl_2$ , iniciadores 0.5 pM (cada uno), 200 ng de ADN. Las condiciones utilizadas para la amplificación fueron 95°C a 10 mn, 20 ciclos de 95°C, 67°C, 72°C a 30 s, 45 s, 45 s, posteriormente 35 ciclos a 95°C, 57°C, 72°C a 30 s, 45 s, 45 s y una extensión final de 72°C por 10 min. La reacción se llevó a cabo en un termociclador (Techne).

### **PCR utilizando iniciadores O11 y O12c**

Se emplearon los iniciadores O11 (5'-GCG CGT ATG CAA TAC GAG CGG CA-3') y O12c (5'- GCC TCG CGA CTT CGC AAC CCA T- 3') diseñados sobre la secuencia del gen ribosomal 16S de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, que amplifican un fragmento de un tamaño aproximado de 1160 pares de bases (pb), (Jagoueix *et al.*, 1994). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un volumen final de 12 uL, utilizando 1.25 U de GoTaq® Flexi ADN Polymerase (Promega), 1X Buffer, 0.2 mM dntp's, 1.5 mM  $MgCl_2$ , iniciadores 20 pM cada uno, y 200 ng ADN. Las condiciones utilizadas para la amplificación fueron 94°C a 3 min, 35 ciclos de 94°C, 62°C, 72°C a 30 s, 30 s, 60 s, y una extensión final de 72°C por 10 mn. La reacción se llevó a cabo en un termociclador (Techne).

PCR utilizando iniciadores diseñados a partir de un fragmento del gen *Clibasia\_02425* que codifica para proteínas de membrana externa.



Se utilizaron los iniciadores F-C6XFB8 (5' TGT GTA GTC GTT TTG GTG C 3') /R-C6XFB8 (5' CGA CAG CCA CTT GTT TTG A 3') diseñados por Rodríguez (2015) a partir del gen *Clibasia\_02425* que codifica para proteína con capacidad antigénica localizada en la membrana externa de CLas (utilizando la cepa psy62) (Duan *et al.*, 2009). Estos iniciadores amplifican fragmentos de un peso molecular aproximado de 901 pb. La síntesis se realizó en el laboratorio de servicios del IBT UNAM, y las condiciones de reacción en las PCR´s fueron: 25 pM para cada iniciador, 1X Buffer, 0.2 mM dNTP's, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 1.25 U GoTaq® Flexi ADN Polymerase (Promega). La concentración del ADN utilizados en las PCR´s fue de 200 ng de ADN en un volumen final por reacción de 12 µl. El programa de amplificación para los iniciadores C6XFB8 fue: 94°C por 3 min, 35 ciclos a 94°C, 55°C, 72°C a 30 s, 30 s y 60 s, con una extensión final de 72°C por 10 min. Las reacciones se realizaron en un termociclador Techne.

Estimación de sensibilidad de iniciadores OI1-OI2c y F-C6XFB8/R-C6XFB8 y determinación de la intensidad del fragmento amplificado

Para determinar la sensibilidad de los iniciadores empleados, se realizaron diluciones para conocer si a bajas concentración del ADN, puede ser detectada la bacteria CLas. Se realizaron dos diluciones 1:10 y 1:30, diluyendo 1µl de ADN en 9µl de agua y 1µl de ADN en 29µl de agua respectivamente. Posteriormente se realizó PCR-punto final utilizando los 2 pares de iniciadores. Para determinar la intensidad del amplicon se empleó el software ImageLab mostrándose en gráficas los fragmentos amplificados con iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, comparados con los obtenidos mediante OI1/OI2c.

### **Determinación de la especificidad de los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8**

Para determinar la especificidad de los iniciadores F-C6XFB8/RC6XFB8, se realizó PCR utilizando cepas de bacterias *Bacillus sp.* y *Pseudomonas sp.*, para ser comparadas contra la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus*.

### **Electroforesis**

Los productos de las PCR´s fueron separados por electroforesis en geles de agarosa al 1.5 % teñido con 0.5 µg/mL de una solución de bromuro de etidio, utilizando como

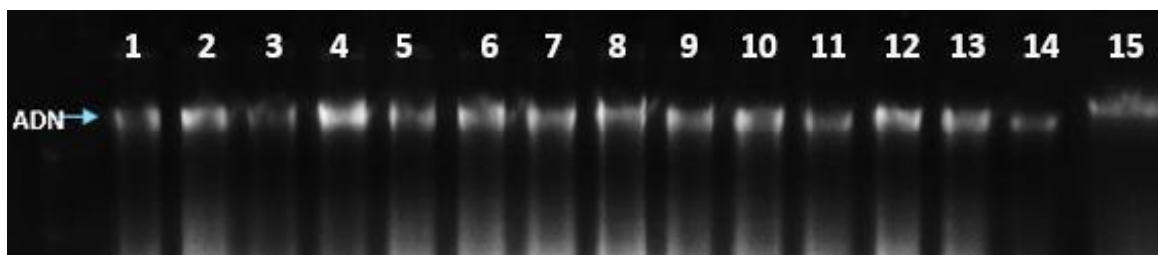




solución de corrida TAE 0.5 X a 64 volts por 5 minutos y 95 volts por 40 minutos y analizados en un fotodocumentador Bio-Rad. Para establecer el peso molecular de los fragmentos amplificados, se utilizó el marcador de peso molecular TrackIt™ 100 bp ADN Ladder (Invitrogen).

## Resultados y discusión

Se obtuvieron extracciones de ADN integros y puros con valores de 1.8-2.0 en la relación  $DO_{260}/DO_{280}$ , a excepción de las muestras 2, 5 y 13, que presentaron valores de 1.61, 1.71 y 1.63 respectivamente, los cuales, fueron considerados aceptables ya que algunos autores señalan que una relación de 1.60-1.80 en la relación  $DO_{260}/DO_{280}$ , el ADN puede considerarse aceptable, y un valor menor a 1.6 indica una posible contaminación por fenoles y proteínas, un valor mayor a 2.1 podría deberse a la presencia de ARN en la muestra. Buttler en el 2001 mencionó que la extracción de ADN con un método adecuado minimiza los problemas de contaminación puesto que no se requiere extraer todo el ADN allí presente sino obtenerlo en una cantidad y calidad suficiente sobre todo cuando éste va a ser utilizado para pruebas moleculares. Las concentraciones obtenidas de ADN se presentaron en un rango de 257 a 490  $ng\ \mu l^{-1}$ , las cuales coinciden con las obtenidas por Rodriguez en el 2015 (Figura 1, Tabla 1).



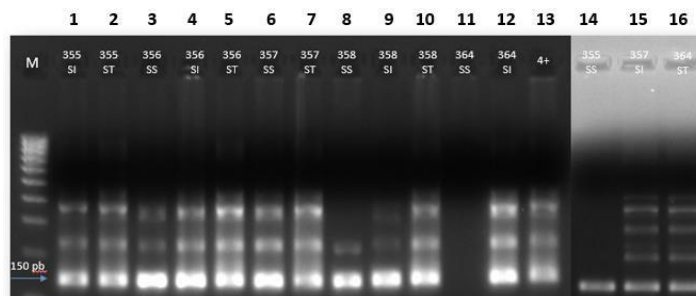
**Figura 1. Extracción de ADN de nervaduras de limón Persa infectadas con HLB, mediante el método CTAB. Electroforesis en gel de agarosa al 0.8 %, TAE 0.5 X. Carril 1-15). ADN de limón persa infectado con HLB.**



Como control interno para la detección de CLas se realizó una PCR anidada por su máxima sensibilidad y especificidad, utilizando iniciadores internos/externos I-F /I-R y O-F /O-R, se lograron amplificaciones aproximadas de 150 pb como lo señalaron Lin y colaboradores (2010), para las muestras en estudio, a excepción de la muestra 11 correspondiente al árbol 358, con síntomas iniciales de la enfermedad HLB, este resultado posiblemente se deba a una mala manipulación de la muestra, puesto que con este método es posible detectar muy bajas concentraciones de CLas hasta 5 copias como lo describe Lin y colaboradores en el 2010, debido a que los productos de la primera amplificación los hacen un molde ideal para la segunda amplificación aumentando la sensibilidad y la especificidad en la detección de la bacteria (Benyon *et al.*, 2008), sin embargo, al compararla con una PCR convencional presenta las desventajas de ser mas costosa por el material utilizado, y el tiempo se incrementa por la segunda reacción (Llop *et al.*, 2000) (Figura 2).

**Tabla 1. Calidad y concentración de ADN de las muestras utilizadas.**

No. de muestra	Sintomatología	ng/ $\mu$ l	260/280
1	355 sin síntoma	528.5	2.01
2	355 síntoma inicial	326.0	1.61
3	355 síntoma típico	384.2	1.93
4	356 sin síntoma	490.7	1.86
5	356 síntoma inicial	304.0	1.71
6	356 síntoma típico	419.3	1.92
7	357 sin síntoma	441.9	1.79
8	357 síntoma inicial	415.5	1.86
9	357 síntoma típico	279.9	1.79
10	358 sin síntoma	501.1	1.81
11	358 síntoma inicial	311.1	1.87
12	358 síntoma típico	416.1	1.97
13	364 sin síntoma	723.5	1.63
14	364 síntoma inicial	257.0	1.80
15	364 síntoma típico	301.1	1.83



**Figura 2. Electroforesis en gel de agarosa al 2 % en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen) de amplificados de muestras obtenidas para *Candidatus Liberibacter asiaticus*. M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 1-12/14-16). Muestras de árboles de limón Persa. Carril 13). Control positivo.**

Los resultados obtenidos de la PCR punto final utilizando los iniciadores universales O11-O12c (Jagoueix *et al.*, 1996), y con 200 ng de ADN amplificaron con productos aproximadas de 1160 pb correspondientes al gen 16S en el 46 % de las muestras (3, 6, 8, 9, 12, 14, 15 y 16, las muestras sin síntomas 1, 4, 7, 10 y 13 no fueron amplificadas) respecto a la PCR anidada (Figura 3, Tabla 2).



**Figura 3. Amplificación del gen 16S ADNr de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2 % en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador molecular 100 pb (Promega). Carril 1-15). Muestras de árboles de limón Persa. Carril 16). Control positivo. Carril 17). Control negativo.**

Con la dilución 1:10 se obtuvieron amplificaciones aproximadas de 1160 pb en las muestras 3, 6, 8, 9, 14, 15 y 16, lo que corresponde a un 39 % de amplificación (Figura 4, Tabla 2).

Para la dilución 1:30 se tomarón las muestras que amplificaron en la dilución 1:10 con fragmentos para las muestras 8, 9, 14, correspondiente a un 20% de amplificación (Figura 5, Cuadro 2).



Con estos resultados se puede decir que a concentraciones bajas de la bacteria los iniciadores utilizados no logran detectar a CLas, a diferencia de la PCR anidada, además, se puede observar que la intensidad de banda es mucho menor en las diluciones, nuestros resultados corresponden con los obtenidos en 2018 por Rodríguez y colaboradores, quienes señalaron que en la práctica en ocasiones no es posible detectar a la bacteria en muestras asintomáticas o con síntomas iniciales, mediante iniciadores O11/O12c. Louzada y colaboradores en el 2016 señalaron que la prueba de PCR con estos iniciadores causa duda en la detección de falsos positivos y negativos, lo cual resulta en desventaja puesto que este proceso es crítico para la detección temprana de la bacteria y crucial para el manejo del HLB.

**Tabla 2. Resultados de las PCR´s para la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus***

No. De muestras	PCR anidada	O11/O12c	O11/O12c 1:10	O11/O12c 1:30	F-C6XFB8/R-C6XFB8	F-C6XFB8/R-C6XFB8 1:10	F-C6XFB8/R-C6XFB8 1:30
1 SS	+	-	-	0	+	-	+
2 SI	+	-	-	0	+	+	+
3 ST	+	+	+	-	+	+	+
4 SS	+	-	-	0	+	+	-
5 SI	+	-	-	0	+	+	+
6 ST	+	+	+	-	+	+	-
7 SS	+	-	-	0	+	+	+
8 SI	+	+	+	+	+	+	+
9 ST	+	+	+	+	+	+	+
10 SS	+	-	-	0	-	-	-
11 SI	-	-	-	0	+	-	-
12 ST	+	+	-	0	+	+	+
13 SS	+	-	-	0	-	-	-
14 SI	+	+	+	+	+	+	-
15 ST	+	+	+	0	+	+	+
Control +	+	+	+	+	+	+	+
Contol -	-	-	-	-	-	-	-

SS. Sin síntoma, SI. Síntoma inicial y ST. Síntoma típico.

Por otro lado, los resultados obtenidos de PCR convencional utilizando los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 lograron amplificaciones de aproximadamente 901 pb correspondientes a un fragmento del gen *Clibasia\_02425* de CLas, en el 86 % de

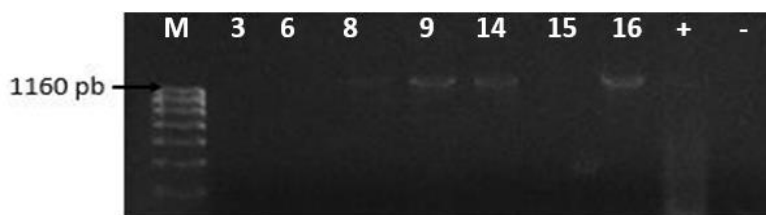




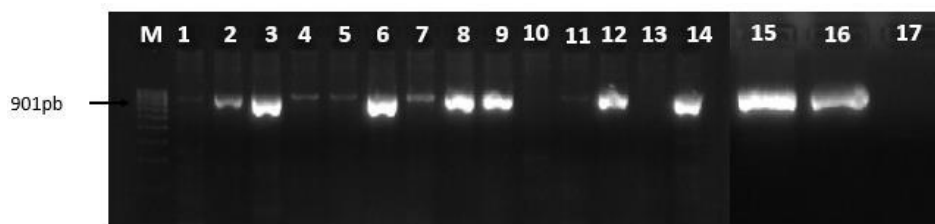
las muestras (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15), amplificando en muestras sin síntomas, síntomas iniciales y sintomáticas (Figura 6, Tabla 2).



**Figura 4.** Amplificación del gen 16S ADNr de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, con dilución 1:10. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2% en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 1-15). Muestras de árboles de limón Persa. Carril 16). Control positivo. Carril 17). Control negativo.

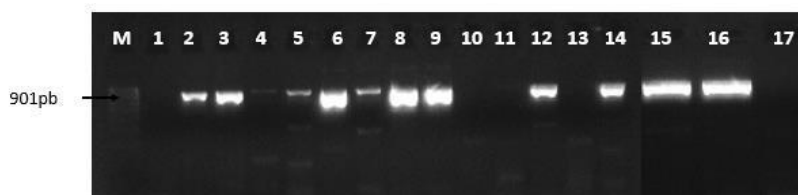


**Figura 5.** Amplificación del gen 16S ADNr de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, con dilución 1:30. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2 % en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 3,6,8,9,14 y 15). Muestras de árboles de limón Persa. Carril 16 y +). Control positivo. Carril -). Control negativo.



**Figura 6.** Amplificación del gen *Clibasia\_02425* de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2 % en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 1-15). Muestras de árboles de limón persa. Carril 16). Control positivo. Carril 17). Control negativo.

La diluciones 1:10 y 1:30 utilizando este juego de iniciadores también amplificaron fragmentos aproximados de 901 pb, correspondientes a un 72 % y 59 % en las muestras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15 (Figura 7) y 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 12 y 15 (Figura 8), respectivamente (Tabla 2).



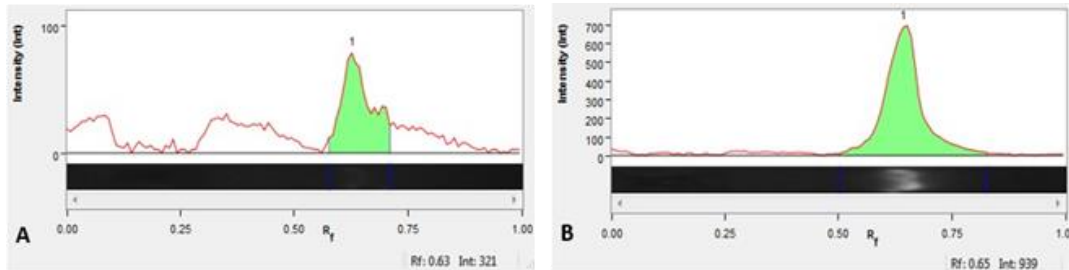
**Figura 7. Amplificación del gen *Clibasia\_02425* de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, con dilución 1:10. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2% en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 1-7). Muestras de árboles de limón persa. Carril 8). Control positivo. Carril 9). Control negativo.**



**Figura 8. Amplificación del gen *Clibasia\_02425* de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, con dilución 1:30. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2 % en TAE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador moelcular TrackIt™ 100 bp (Invitrogen). Carril 1-7). Muestras de árboles de limón persa. Carril 8). Control positivo. Carril 9). Control negativo.**

Estos resultados corroboran los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2018), en donde lograron amplificaciones en una muestra de limón Persa sin síntomas, infectada con HLB, además, al disminuir la concentración de ADN con las diluciones 1:10 y 1:30, se lograron amplificaciones en muestras sin síntomas (Tabla 2), y la intensidad para algunas bandas sigue presentándose alta, con los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, lo que indica la sensibilidad de estos iniciadores para la detección de CLa, aun en bajas concentraciones. El espectro obtenido con el software ImageLab, de las muestras 3 y 13, utilizando iniciadores O11/OI2c y F-C6XFB8/R-C6XFB8

respectivamente, correspondientes a muestras con síntomas de la enfermedad HLB, para la muestra 3 (A) se obtuvo un valor de intensidad de 321 y para la muestra 13 (B) la intensidad fue el triple con un valor de 939, además, el pico del espectro fue mas estable. Corroborando una vez más la sensibilidad de los iniciadores para la detección de CLas (Figura 9).



**Figura 9. Intensidad de bandas del gen 16S ADNr y *Clibasia\_02425*. A). Intensidad de carril 3 con el par de iniciadores O11/O12c. B). Intensidad de carril 13 con el par de iniciadores FC6XFB8/R-C6XFB8.**

Los resultados de la PCR para determinar la especificidad del juego de iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 utilizando ADN de cepas de bacterias *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., y de CLas, solo se obtuvieron amplificaciones para esta última, demostrando que los iniciadores son específicos para CLas y no para otras bacterias (Figura 10).



**Figura 10. Amplificación del gen *Clibasia\_02425* de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Las muestras fueron analizadas en un gel de agarosa al 2% en TBE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). M). Marcador molecular Lambda (Promega). Carril 1 y 3). Ceba *Bacillus* sp. Carril 2 y 4). Ceba *Pseudomonas* sp. Carril 5). Ceba CLas. Carril 6). Control negativo.**

Lacoste, en el 2014 señaló que los iniciadores deben ser elegidos de modo que tengan una secuencia única dentro del ADN que será analizado, como en el caso de



los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, los cuales fueron diseñados específicamente para amplificar fragmentos de los genes *Clibasia\_02425* que codifican para proteínas de membrana externa con capacidad antigénica de CLas. Estos iniciadores amplifican fragmentos de un peso molecular aproximado de 901 pb (Rodríguez, 2015), lo cual permitió un diagnóstico confiable y sensible para identificar al HLB en etapa temprana de la enfermedad.

## Conclusiones

Los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 diseñados a partir del gen *Clibasia\_02425* resultaron mas sensibles al detectar a CLas en las muestras analizadas en un 86 % que los iniciadores OI1/OI2c, que detectaron a la bacteria en un 46 %.

Los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 lograron detectar a CLas en bajas concentraciones (dilución 1:30) las muestras analizadas en un 59 % comparadas con los iniciadores OI1/OI2c, que detectaron a la bacteria en un 20 %.

Los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 logrando detectar en muestras sin síntomas comparados con los iniciadores OI1/OI2c, los cuales no detectaron a la bacteria.

Los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 mostraron amplicones mas intensos y estables comparados con OI1/OI2c.

Los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 resultaron específicos para CLas al no mostrar amplificaciones en otras bacterias.

Por lo tanto los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 permiten un diagnostico confiable y sensible para identificar al HLB en etapa temprana de la enfermedad

## Agradecimientos

Recursos fiscales INIFAP.





## Literatura citada

- Benyon, L., Zhou, L., Weathersbee, A., Duan, Y., 2008. Nested PCR is essential for the detection of extremely low titer of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' from citrus and its vector psyllid *Diaphorina citri*. *Phytopathology* 98, S21.
- Bové J. M. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*. 88: 7-37. doi: <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v88i1.828>
- Buttler, J. 2001. *Forensic DNA Typing; Biology and Technology behind STR Markers*. Academic, California, USA. 322 p.
- Duan YP, Zhou LJ, Hall DG, Li WB, Doddapaneni H, Lin H, Liu L, Vahling CM, Gabriel DW, Williams KP, Dickerman A, Sun Y and Gottwald T. 2009. Complete genome sequence of citrus huanglongbing bacterium, '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' obtained through metagenomics. *Mol Plant Microbe Interact* 22: 1011-1120. <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-8-1011>
- Flores J. L., Mora G., Loeza E., López J. I., Domínguez S., Acevedo G. y Robles P. (2015). Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatán México. *Revista mexicana de fitopatología*. Volumen 33. Num. 2. Texcoco, México.
- Garza-Saldaña J. J., Varela-Fuentes S. y Gómez-Flores W. (2017). Métodos para la detección presuntiva de Huanglongbing (HLB) en cítricos. *Ciencia UAT*. Ciudad Victoria. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582017000100093&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582017000100093&script=sci_arttext)
- Jagoueix S., Bové J. M. y Garnier M. (1994). The Phloem-Limited Bacterium of Greening Disease of Citrus Is a Member of the  $\alpha$  Subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of systematic Bacteriology*. 44: 379-386.
- Jagoueix S., Bové J. M. y Garnier M. (1996). PCR detection of the two '*Candidatus liberobacter*' species associated with greening disease of citrus. *Molecular and Cellular Probes*. Vol. 10.
- Lacoste M. G. (2014). Diseño de oligonucleótidos. Curso de posgrado. Recuperado de: <https://qbpatologica.files.wordpress.com/2014/08/diseo-de-primers-2014.pdf>



- Llop, P., Bonaterra, A., Penalver, J., Lopez, M.M., 2000. Development of a highly sensitive nested-PCR procedure using a single closed tube for detection of *Erwinia amylovora* in asymptomatic plant material. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 2071–2078.
- Li. W., Hartung J. S. y Levy L. (2006). “Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus Huanglongbing”, *J. Microbiol. Methods*, Número 66.
- Li. W., Hartung J. S. y Levy L. (2007). Evaluation of DNA amplification methods for improved detection of “*Candidatus Liberibacter* species” associated with citrus huanglongbing. *Plant Dis.*
- Lin H., Chen C., Doddapaneni H., Duan Y., Civerolo E., Bai X and Zhao X. (2010). A new diagnostic system for ultra-sensitive and specific detection and quantification of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the bacterium associated with citrus Huanglongbing. *Journal of Microbiological Methods* 81.
- Louzada E.S., Vazquez O.E., Braswell W.E., Yanev G., Devanaboina M., Kunta M. (2016). Distribution of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ above and below ground in Texas citrus. *Phytopathology* 106:702–709
- Mora G., Robles P., López J. I., Flores J., Acevedo G., Domínguez S., Gutiérrez A., Loeza E. y González R. (2014). Situación actual y perspectiva del manejo del HLB de los cítricos. *Revista mexicana de fitopatología*. Volumen 32. Num. 2 Texcoco, México. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092014000200108](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200108)
- Rodríguez Quibrera C.G., Alanís Martínez E.I, Velázquez Monreal J., Almeyda León I.H., 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. En Memoria electrónica del 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León. Diciembre 2010.
- Rodríguez C.G. (2015). Identificación de proteínas con función antigénica en *Candidatus Liberibacter asiaticus* relacionadas con el Huanglongbing y su posible interacción en limón Mexicano. Tesis de Maestría. CBG-IPN. Pp 113



- Rodríguez C. G., Almeyda I. H., Álvarez M. G., Hernández C. y Mendoza A. (2018). Detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR-punto final, utilizando iniciadores diseñados a partir de los genes *Omp* y *Clibasia\_02425*. XXI Reunión Científica – Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2018, Boca del Río Veracruz.
- Ruíz R., Vela G. V. y Moreno R. G. (2016). Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales. No. 6. Recuperado de: [https://www.uv.mx/icp/files/2017/12/horizontes\\_06\\_art09.pdf](https://www.uv.mx/icp/files/2017/12/horizontes_06_art09.pdf)
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2018). Segundo informe mensual nacional: Huanglongbing de los cítricos. Sanidad vegetal. SENASICA, en Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SIAP. (2017). Limón: casi 2.44 millones de toneladas en 2016. Blog. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/limon-casi-2-44-millones-de-toneladas-en-2016>
- Teixeira, D., Danet L., Martins C., Junior J., Yamamoto T., Lopez A., Bassanezi B., Ayres J., Saillard C. y Bové J. M. (2005). Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus*' *Liberibacter* species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes*.



## CARACTERIZACIÓN MOLECULAR MEDIANTE AFLP´S DE CLONES DE LIMÓN PERSA EN VERACRUZ

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>452\*</sup>, Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>452</sup>, Sergio Alberto Curti Díaz<sup>452</sup>, Moisés Cortés Cruz<sup>453</sup> y Blanca Amalia Amaro González<sup>453</sup>

### Resumen

Es posible que Veracruz sea el estado donde se encuentra la mayor diversidad genética de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), sin embargo, la falta de información sobre la caracterización de los cultivares existentes es una de las principales causas del uso limitado de las accesiones o colectas conservadas en bancos de germoplasma. En el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, se han seleccionado, evaluado y colectado 31 árboles de interés agronómico de huertas comerciales de Veracruz y Puebla, que sobresalen por su alta producción y calidad de fruta, deseable para el mercado nacional y de exportación. Especial atención representan cinco clones de limón Persa, aparentemente diferentes: Doble Persa, Chino, Peruano, Arbolito y Persa común. Éstos, son de interés para productores y empacadores debido a la calidad de frutos que producen: tamaño grande, color verde intenso y cáscara gruesa y rugosa. Con el objetivo de caracterizar genéticamente estos clones, se realizó un análisis molecular mediante AFLP´s, cuyos resultados de la matriz binaria fueron sometidos a un Análisis de Correspondencia (AC) y la distancia genética entre los clones se determinó utilizando el método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages), mediante el software PAST 3.4. La agrupación en el AC identificó tres grupos diferentes con un 76.45 % de variación: Persa común, Peruano y Chino fueron clasificados en un grupo, y como grupos independientes se aislaron al doble Persa y Arbolito. El mismo patrón se observó en el análisis UPGMA, mostrando que

---

<sup>452</sup> Centro de Investigación Golfo Centro INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco.

\*[rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx](mailto:rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx)

<sup>453</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.





la distancia genética entre los miembros del grupo Persa común, Peruano y Chino es menor con relación a los otros dos clones. Los resultados sugieren que los cinco materiales pertenecen a tres grupos genéticos. Esta es la primera investigación que se tiene sobre la caracterización molecular de limón Persa en el estado de Veracruz, por lo que se requiere corroborarla con otros marcadores moleculares y validarla mediante su caracterización agronómica en campo.

**Palabras clave:** variabilidad genética, cultivares, cítricos, *Citrus latifolia*

## Introducción

En México se producen tres especies de limones: 1) limón Mexicano o Agrio (*Citrus aurantifolia*); 2) limón Persa (*Citrus latifolia*), también llamado “limón sin semilla”; y 3) limón Italiano (*Citrus limon*), llamado “limón amarillo” (SAGARPA 2018). La exportación de limón Persa, es una de las actividades económicas más relevantes para el sector agrícola nacional, colocando a México entre los países líderes en producción y exportación de este cultivo; Estados Unidos de Norteamérica es el principal receptor del producto, seguido de Japón (Ruiz *et al.*, 2016).

El desarrollo de la agroindustria y la creación de nuevos cultivares de cítricos, dependen de los recursos genéticos existentes. Mientras mayor sea la diversidad y riqueza de los materiales disponibles, mayor será la posibilidad de contar con cultivares que se adapten a nuevas áreas agroecológicas, a diferentes condiciones de cultivo, a limitantes ambientales específicas o bien, cultivares con mayor potencial productivo y calidad de fruta. Los clones de limón Persa más difundidos en Brasil, son el IAC-5 o Peruano y Quebra galho (Pio *et al.*, 2005); IVIA-124 e IVIA-227 en España; SRA-58, SRA-359, y SRA-617 en Francia y USDA No. 1 y USDA No. 2, en Estados Unidos (De Mattos *et al.*, 2003). En México, a pesar de que existe una gran extensión plantada con este frutal, y se considera que existen clones de este cultivo, no se ha realizado una caracterización genética que permita corroborarlo. Es muy posible que en el estado de Veracruz exista la mayor diversidad genética de limón



Persa, pero el aprovechamiento del conocimiento de esa variabilidad es incipiente, por la falta de la caracterización de los presuntos clones, razón por la que no se promueve el uso de las accesiones o colectas resguardadas en bancos de germoplasma. A pesar de la importancia de la caracterización morfológica de cultivares de cítricos en México, es necesario complementarla con la caracterización molecular, para su identificación correcta. Una buena caracterización de los materiales introducidos en los bancos de germoplasma y, su documentación respectiva, evitan resguardar materiales duplicados, lo que permite coleccionar otros materiales promisorios, para ser usados en los procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Ganopoulos *et al.*, 2015).

En los últimos años, la utilización de técnicas moleculares ha permitido complementar la información obtenida a través de la caracterización morfológica de las especies cultivadas o cultivos (Demey *et al.*, 2003). El uso de marcadores moleculares ha sido un instrumento valioso y preciso para evaluar la diversidad genética de los cítricos y sus géneros relacionados, incluyendo marcadores isoenzimáticos SRAP, RAPD, AFLP, SSR, entre otros. Las principales ventajas de los marcadores AFLPs, es que no se necesita información previa sobre el genoma de la especie a analizar, además de que por cada reacción, se pueden obtener decenas de datos moleculares. Una de sus desventajas es que se requiere habilidad técnica para implementación y equipo especializado para su ejecución. Esta metodología genera datos dominantes y ha sido empleada en diferentes aplicaciones, desde la elaboración de mapas genéticos, análisis de filogenia, identificación de cultivares hasta estudios de diversidad genética, entre otros. Asimismo, permite la caracterización de individuos dentro de una población, por lo que es muy útil para analizar la paternidad y estudios de flujo genético. Los marcadores dominantes, como los RAPDs, son menos eficaces en el estudio de genética de poblaciones; sin embargo, esta desventaja puede subsanarse con la gran cantidad de polimorfismos que se pueden detectar (Tapia, 2009). El objetivo del presente estudio fue caracterizar genéticamente cinco "clones" de limón Persa y determinar la distancia genética entre ellos.



## **Materiales y métodos**

### **Materiales evaluados y descripción del área.**

Los materiales fueron identificados y colectados en la región cítrica de Veracruz en 2009 y se encuentran resguardados en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP; se colectaron en huertas comerciales por mostrar diferencias morfológicas en hoja, frutos y arquitectura del árbol y son conocidos por los productores por alguna característica distintiva, de la manera siguiente: 1. Arbolito, por ser de copa redonda, 2. Peruano, por su uniformidad en el color verde oscuro, 3. Chino, por lo “curvado” del borde de sus hojas, 4. Doble Persa, por su mayor tamaño de la fruta y hojas, y 5. Persa común, que es el mayormente cultivado por los productores y que es la referencia comparativa de las características mencionadas en los otros clones. De ellos se tiene un ensayo establecido en julio del 2017 en el C.E. Ixtacuaco, localizado en el Mpio. de Tlapacoyan, Veracruz, en un suelo profundo, franco arenoso y ligeramente alcalino (pH 7.2), con temperatura media anual de 24°C, su precipitación pluvial anual es de 1765.9 mm y su altitud de 137 m.

### **Caracterización molecular**

La caracterización molecular inicial, que se realizó en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP, ubicado en Tepatitlán, Jalisco, consistió en lo siguiente:

### **Extracción de ADN**

La extracción del ADN se realizó utilizando 100 mg de hoja fresca mediante el método del CTAB optimizado por Rodríguez *et al.*, (2010). El ADN aislado fue disuelto en solución amortiguadora TE y almacenado a -20°C, hasta su uso.

### **Determinación de la calidad e integridad del ADN**

La pureza y concentración de las muestras de ADN fueron determinadas mediante espectrofotometría, con el equipo NanoDrop 2000™ (Thermo Scientific), mediante



los parámetros de las relaciones A260/280 y A260/230. La integridad del ADN fue analizada mediante electroforesis al 1% de agarosa, teñido con GelRed, en buffer TBE 0.5 X. En cada carril se cargaron 100 ng de ADN genómico, empleando como marcador de referencia el fago Lambda sin cortar (100 ng). Las condiciones de electroforesis fueron: 100 V durante 45 min, los geles se visualizaron con luz UV y las imágenes se capturaron con el sistema de fotodocumentación KODAK Gel Logic 100 (Kodak, Rochester, NY, EE. UU.).

### **Determinación de la viabilidad del ADN**

Se realizó una PCR para amplificar el gen *rcbL* con iniciadores *rcbIR/rcbIF*, la concentración final de la reacción consistió en: 0.8 X Red Taq, 0.4 uM de cada uno de los iniciadores, 15 ng de ADN, en un volumen final de reacción de 5 ul. Se utilizó un programa que consistió en 95°C por 10 min, 35 ciclos 95°C, 55°C, 72°C a 40 s, 40 s y 50, con una extensión final por 10 min a 72°C, en equipo Termociclador Techne. El producto de la PCR fue analizado mediante electroforesis al 2 % de agarosa teñido con GelRed, en buffer TBE 1 X. En cada carril se cargaron 3 ul de producto de PCR, a 80 V por 30 min. Las imágenes se capturaron con el sistema de fotodocumentación KODAK Gel Logic 100 (Kodak, Rochester, NY, EE. UU.).

**Polimorfismos en los Fragmentos de Amplificación (AFLP's).** Se utilizó el protocolo de Vos *et al.* (1995) modificado. Las muestras de ADN genómico de 150 ng fueron utilizadas en la reacción de digestión-ligación, con concentraciones finales de: 1X de amortiguador *MseI*, 2.36 U de la enzima *MseI*, 1.4 U de la enzima *EcoRI*, 50 mM NaCl, 1 X del amortiguador de T4 DNA ligasa, 5 mM del adaptador *MseI* (GACGATGAGTCCTGAG), 0.5 mM del adaptador *EcoR I* (AATTGGTACGCAGTC), 20 U de T4 DNA ligasa y agua bidestilada, en un volumen final de 11 ul. La reacción de digestión-ligación fue incubada a 37°C durante 3 h, con un paso final de 15 min a 70°C para inactivar la reacción enzimática. Posteriormente, se hizo la reacción de pre-amplificación, para la cual se tomaron 3 ul de la reacción de D/L y se adicionaron los iniciadores *Mse I + C* y *EcoR I + A* a una concentración final de 0.25 uM, cada uno, 1 X RedTaq ReadyMix™, para un volumen final de 25 ul. La pre-amplificación





consistió en 95°C por 5 min, 25 ciclos 94°C, 60°C, 72°C a 20 s, 30 s, 2 min y extensión final por 10 min a 72°C. Con el producto de la pre-amplificación se hizo una dilución 1:10 con TE, de la que se tomaron 2.5 ul para preparar 10 ul de mezcla para la amplificación selectiva de los fragmentos pre-amplificados; en éste, se emplearon inicialmente 20 pares de iniciadores a concentraciones finales de 0.3 uM cada uno (Cuadro 1), con 3 nucleótidos selectivos en el extremo 3´ para *EcoRI* y 4 para *MseI*, y Red Taq 1 X. El programa de PCR para esta etapa fue de 94°C por 5 min, seguido de 30 ciclos de 94°C, 62°C y 72°C, a 20 s, 1 min y 1:30 min, respectivamente, y una extensión final de 72°C a 10 min.

**Cuadro 1. Secuencia y combinaciones de iniciadores AFLP utilizado para caracterizar genéticamente cinco clones de limón Persa.**

Identificación de iniciadores	<i>EcoRI</i>	<i>MseI</i>
AFLP1	AGG	CACA
AFLP2	AGG	CAGG
AFLP3	AGG	CAGC
AFLP4	AGG	CACC
AFLP5	AGG	CACG
AFLP6	ACG	CACA
AFLP7	ACG	CAGG
AFLP8	ACG	CAGC
AFLP9	ACG	CACC
AFLP10	ACG	CACG
AFLP11	ACC	CACA
AFLP12	ACC	CAGG
AFLP13	ACC	CAGC
AFLP14	ACC	CACC
AFLP15	ACC	CACG
AFLP16	AAG	CACA
AFLP17	AAG	CAGG
AFLP18	AAG	CAGC
AFLP19	AAG	CACC
AFLP20	AAG	CACG

### Electroforesis vertical

Los productos amplificados por PCR de la amplificación selectiva, fueron separados en geles de poliacrilamida al 6 % con tinción de nitrato de plata. Se colocaron 5 ul del producto de PCR en cada carril y, en los extremos del gel, se colocó un marcador



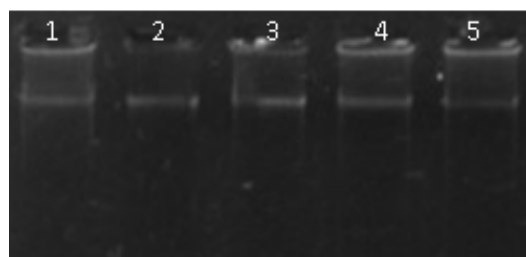
de peso molecular de 100 pb (PROMEGA). Se utilizó buffer TBE 1 X por 3.5 h, a 150 Volts. Las imágenes de los geles fueron capturadas con el sistema KODAK Gel Logic 100 (Kodak, Rochester, NY, EE. UU.) y la determinación de los pesos moleculares de los fragmentos amplificados fue realizada de manera visual, considerando los fragmentos conocidos del marcador molecular de 100 pb. Con estos datos se construyó la matriz de datos binarios de presencia y ausencia (1/0).

### **Análisis bioestadísticos**

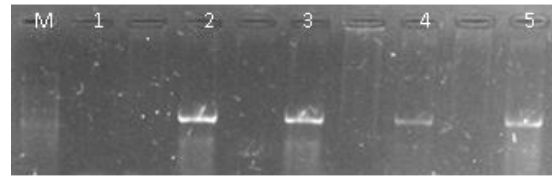
Con el fin de determinar la similitud genética de los clones, basados en la matriz binaria obtenida de los análisis AFLP, se realizaron dos análisis bioestadísticos mediante el software Past 3.4. En primer lugar, se realizó un Análisis de Correspondencia (AC) para datos nominales. Asimismo, se determinó la distancia genética de los clones mediante UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages), basado en distancias euclidianas, utilizando el coeficiente de distancia de Jacquard.

### **Resultados y Discusión**

El ADN obtenido se observó libre de impurezas (Figura 1) y los productos de PCR del gen *rcbL* permitieron la amplificación de bandas definidas y de buena intensidad, a excepción de la muestra 1, que se observó muy tenue (Figura 2). Sin embargo, las cinco extracciones de ADN se consideraron para seguir con los análisis de AFLP's.

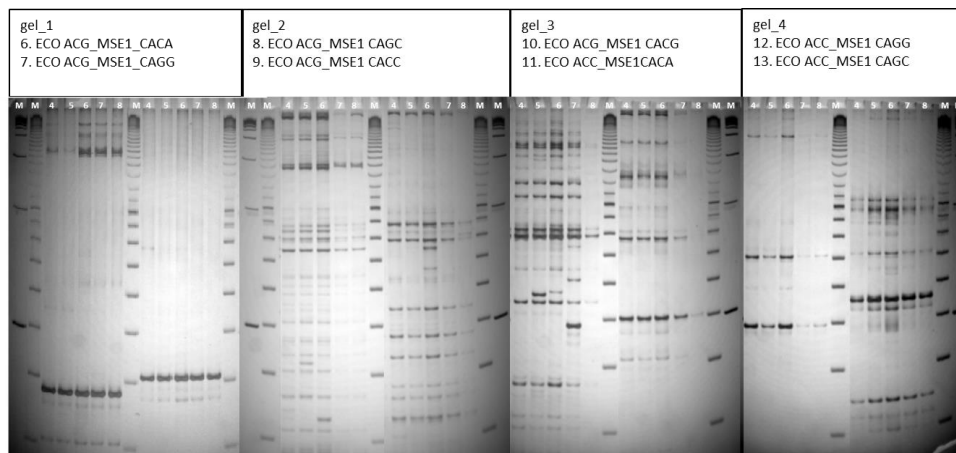


**Figura 1. Extracción de ADN de cinco clones. Carriles: 1) Arbolito, 2) Peruano, 3) Chino, 4) doble Persa y 5) Persa común.**



**Figura 2. Amplificación mediante PCR del gen *rcbL*. Carriles: M) Marcador, 1) Arbolito, 2) Peruano, 3) Chino, 4) doble Persa y 5) Persa común.**

Para el desarrollo de AFLP´s, se seleccionaron ocho combinaciones de iniciadores con base en su polimorfismo y reproducibilidad los cuales fueron: ECO-ACG + MseI-CACA, ECO-ACG + MseI-AGG, ECO-ACG + MseI-CAGC, ECO-ACG + MseI-CACC, ECO-ACG + MseI-CACG, ECO-ACC + MseI-CACA, ECO-ACC + MseI-CAGG, ECO-ACC + MseI-CAGC. En la Figura 3 se puede observar los patrones obtenidos de las combinaciones realizadas.



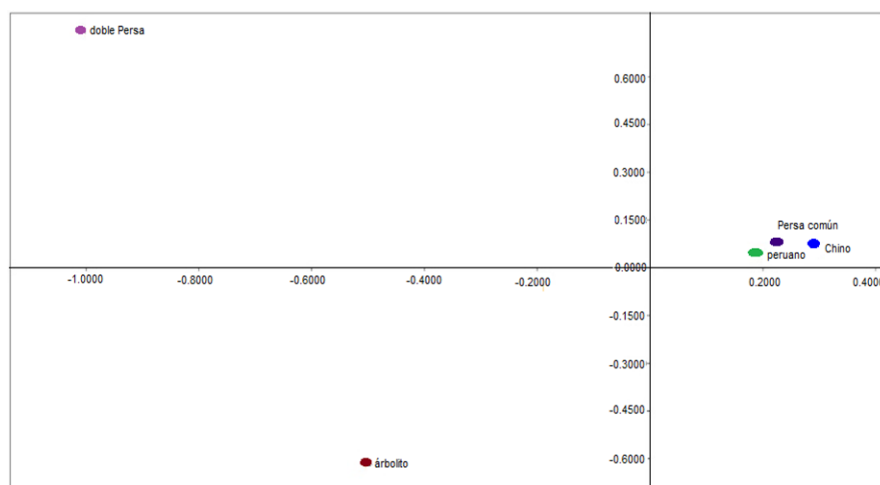
**Figura 3. Patrones obtenidos mediante AFLP´s, utilizando ocho combinaciones de cebadores. Carriles: M). Marcador molecular, 4). limón Persa común, 5). Chino, 6). Peruano, 7). Arbolito y 8). doble Persa.**

Para realizar la matriz se registraron las bandas obtenidas como presencia (1) y ausencia (0), en comparación con las bandas de la escalera de ADN colocada en cada extremo. La similitud genética entre las clones se calculó con el software PAST 3.4, aplicando el Análisis de Correspondencia (AC) para datos nominales y la determinación de distancia genética (agrupamientos) de los clones mediante el método UPGMA. La información molecular de diversidad y distancia genética es



utilizada para determinar la variabilidad en colecciones y ha sido también utilizada en programas de mejoramiento, así como para evaluar redundancia y deficiencia de los bancos de germoplasmas (Newbury y Ford, 1993).

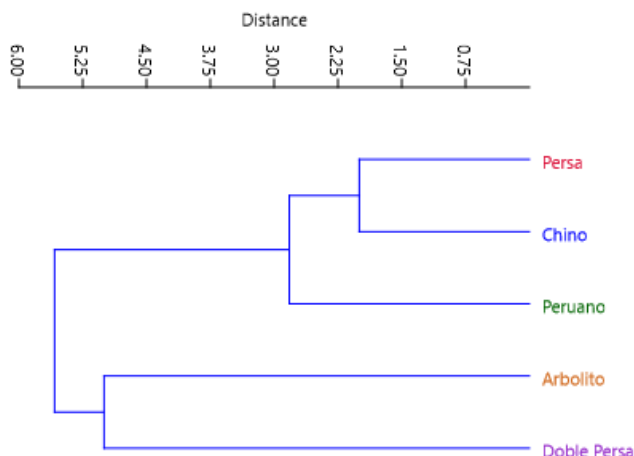
El análisis de correspondencia, que explica un 76.45% de la variación total, mostró que los clones Peruano, Persa común y Chino fueron agrupados, mientras que el doble Persa y Arbolito, se aislaron como grupos independientes (Figura 4).



**Figura 4. Análisis de correspondencia. Se muestra que los clones peruanos, Persa común y chino se agrupan; mientras que el doble Persa y arbolito se comportan como clones aislados.**

Estos resultados concuerdan con los obtenidos mediante el análisis de distancias genéticas utilizando el algoritmo del método UPGMA basado en distancias euclidianas, el cual señaló que los clones persa común y chino son genéticamente más cercanos, a su vez, dicho grupo es cercano al clon peruano, mientras que los clones arbolito y doble Persa están fuera del grupo principal. Estos resultados sugieren que los materiales persa, chino y peruano forman parte del mismo grupo genético; mientras que arbolito y doble persa son genéticamente diferentes al grupo principal y entre ellos (Figura 5).





**Figura 5. Dendrograma generado de acuerdo con los índices de distancia, utilizando los datos obtenidos de los cebadores mediante AFLP´s.**

Los AFLP´s son una herramienta ampliamente utilizada en la caracterización de variedades y cultivares de cítricos en el mundo, estas son especialmente útiles en especies que no se tiene secuenciado su genoma, tal como es el caso del limón Persa. En este trabajo, se muestra evidencia genética que sugiere que, de los cinco clones tentativos, existen tres grupos genéticos, uno de ellos, Persa común, que está compuesto por Persa común, Peruano y Chino. Este tipo de caracterizaciones en cítricos ha permitido tener una idea más clara de la diversidad genética real en las accesiones (Dorji y Yapwattanaphun, 2015), ya que en ocasiones la diversidad morfológica de las plantas no corresponde con su diversidad genética (Tapia *et al.*, 2005).

En un estudio de la caracterización genética de limas ácidas, recientemente se demostró mediante el uso de los AFLP´s que el limón Persa y el limón mexicano son genéticamente más similares, respecto a otros cultivares y parientes silvestres (Al-Nadabi *et al.*, 2018). Esta es la primera investigación de caracterización genética mediante AFLP´s de materiales de limón Persa en el estado de Veracruz o, al menos, se desconoce si existen otras. Sin embargo, es necesario confirmar los presentes resultados, usando otros marcadores moleculares, como los ISSR (Hassanzadeh *et al.*, 2017; Narayan *et al.*, 2018). Además, es recomendable reforzar el análisis de diversidad genética obtenido en este trabajo, mediante la



caracterización agronómica en campo, de los cinco clones de limón Persa estudiados.

## Conclusiones

1. Los análisis de caracterización genética de los materiales de limón Persa permitieron identificar tres posibles grupos genéticos, lo cual sugiere la presencia de tres clones de limón Persa: Arbolito, doble Persa y Persa común (Persa común, Peruano y Chino).

## Agradecimientos

Los autores agradecen al fondo de recursos fiscales del INIFAP por el apoyo al proyecto número 1655153263. Se agradece también, por la identificación y colecta en campo, en 2009, de los cinco materiales de limón Persa, al Ing. José Alfredo Sandoval Rincón; así como la recolección de muestras y la generación de matrices de datos a Carlos Hernandez Guerra y Nelly Abigail González Oviedo.

## Literatura citada

- Al-Nadabi H., Khan M., Al-Yahyai R. A. and Al-Sadi A. M. 2018. AFLP Fingerprinting analysis of citrus cultivars and wild accessions from oman suggests the presence of six distinct cultivars. *Agriculture (Pol'nohospo-dárstvo)*. 64 (4): 173–182.
- Demey, J. R., A. Y. Zambrano, F. Fuenmayor y V. Segovia. 2003. Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. *Interciencia*. 28(12):684-689.



- Dorji, K. y Yapwattanaphun C. 2015. Assessment of the genetic variability amongst mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) accessions in Bhutan using AFLP markers. *BMC Genetics* 16:39.
- Ganopoulos, I., Xanthopoulou A., Mastrogianni A., Drouzas A., Kalivas A., Bletsos F., et al. 2015. Resolution Melting (HRM) analysis in eggplant (*Solanum melongena* L.): A tool for microsatellite genotyping and molecular characterization of a Greek Genebank collection. *Biochemical Systematics and Ecology*, 58: 64-71.
- Hassanzadeh, K. H. H., S. Rastegar, B. Golein, M. Golmohammadi, and A. Aboutalebi J. 2017. Genetic Diversity In Persian Lime (*Citrus Latifolia* Tanaka) Accessions Using Morphological And Molecular Markers. *Agriculture & Forestry*, 63(3): 221-231.
- Newbury, H. and B. Ford L. 1993. The use of RAPD for assessing variation in plants. *Plant Growth Regulator* 12:43-51.
- Pio, R. M., O. Figueiredo J., S. Stuchi E., and A. B. Cardoso S. 2005. Variedades de Copas de Citros. In: Mattos Junior, D., Pio, R.M., De Negri, J. D., Pompeu Junior, J. (Ed.). *Citros*. Campinas: Instituto Agronômico e FUNDAG. p 929.
- Rodríguez, Q. C. G., E. I. Alanís M., J. Velázquez M., I. H. Almeyda L. 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. En Memoria electrónica del 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León. Diciembre 2010.
- Ruiz, R. R., G. V. Vela H. y R. G. Moreno L. 2016. Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. *Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales*. Año 3, Número 6. p 9
- SAGARPA 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)
- Tapia, F. K. L. 2009. Bases moleculares de la diversidad genética de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y su efecto en el perfil del aceite esencial de limón. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas. p 103.



- Tapia, C. E., M. A. Gutiérrez E., M. L. Warburton, A. Santacruz V. y A. Villegas M. 2005. Characterization of mandarin (*Citrus* spp.) using morphological and AFLP markers. *Interciencia* 30 (11):687-693.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. Van de Lee, M. Hornes *et al.* 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acid Research* 23 (21):4407-4414.





# Socioeconomía





## LIMÓN MEXICANO: SITUACIÓN ACTUAL, INVESTIGACIÓN Y PERSPECTIVAS

Mario Orozco Santos<sup>454\*</sup>, José Joaquín Velázquez Monreal<sup>454</sup>, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez<sup>454</sup>, M. Manuel Robles González<sup>455</sup>, José Concepción García Preciado<sup>454</sup>, Karina de la Paz García Mariscal<sup>454</sup> y Silvia Heréndira Carrillo Medrano<sup>454</sup>

### Resumen

México es el principal productor de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en el mundo, con una superficie superior a las 95 mil hectáreas, localizadas principalmente en el trópico seco a lo largo de la costa del Pacífico. La investigación en esta especie cítrica inició en los años 70's y ha sido enfocada a las principales limitantes que afectan su producción con relación a portainjertos, densidades de plantación, mejoramiento genético (variedades e híbridos), nutrición, irrigación, manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, nuevos sistemas de producción, postcosecha, entre otros. Los resultados generados han impactado positivamente en la productividad y la calidad de la fruta. El rendimiento promedio anual en 1970 fue de 9.3 t/ha y para el año 2018 de 14.9 t, aunque se han documentado casos de huertos de alta tecnología, con más de 35 t/ha. El limón mexicano ha enfrentado serias amenazas de plagas y enfermedades que han puesto en riesgo su permanencia como actividad agrícola, como son los casos de mosca prieta (*Aleurocanthus woglumi*), gomosis (*Phytophthora parasítica*), "bacteriosis" (ahora mancha foliar causada por *Alternaria limicola*), minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella*), virus tristeza de los cítricos y actualmente el **huanglongbing (HLB)**. Gracias a la investigación multidisciplinaria en el cultivo, se ha logrado diseñar estrategias de manejo para los diferentes problemas a los que se ha enfrentado la citricultura. El caso más reciente ha sido el HLB, considerada la enfermedad más destructiva de los cítricos a escala mundial, de la cual se ha

<sup>454</sup> Grupo de investigación de Cítricos. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. \* orozco.mario@inifap.gob.mx

<sup>455</sup> Investigador del INIFAP, Campo Experimental Tecomán hasta el año 2011.



generado tecnología de producción para convivir con la enfermedad en huertos adultos y en nuevas plantaciones para seguir produciendo limón mexicano de manera sustentable y rentable bajo un ambiente endémico de HLB.

**Palabras clave:** *Citrus aurantifolia*, huanglongbing, tecnología de producción

## Introducción

México es el primer productor de limón mexicano, *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle (botánicamente es una lima ácida) en el mundo, con una superficie cultivada en 2018 de 95,078 ha, una producción de 1´151,331 t de fruta y un valor cercano a los 6,523 millones de pesos (SAGARPA, 2019). La producción de esta especie cítrica tiene gran importancia socioeconómica en los estados de Michoacán, Colima, Oaxaca y Guerrero al generar gran cantidad de empleos en las diferentes actividades relacionadas con la producción de plantas en vivero, manejo agronómico, cosecha, empaque, industria y comercialización (Robles-González et al., 2014a). Las condiciones más favorables para el crecimiento de los árboles y alta producción de fruta con excelente calidad se dan en clima tropical seco, las cuales se presentan a lo largo de la costa del pacífico mexicano. En México, el desarrollo comercial y expansión del cultivo se dio a partir de los años 30-40's (Medina et al., 2001). Durante todo este tiempo, la problemática que ha enfrentado esta especie frutal, ha sido diversa y continua. Periódicamente, se han presentado amenazas y problemas de tipo técnico y socioeconómico que han puesto en riesgo su permanencia como actividad económica (Orozco-Santos et al., 2014). Este trabajo se realizó con la finalidad de hacer un análisis retrospectivo del cultivo del limón mexicano, desde su establecimiento como actividad comercial hasta su situación actual. Además, se aporta información sobre las tecnologías generadas por la investigación en los últimos 48 años y el impacto que ha tenido en la productividad de los huertos. Finalmente, se hace una discusión de la problemática que enfrenta



este frutal y cuáles serían las perspectivas de investigación a corto, mediano y largo plazo.

### **Limón Mexicano en México**

Las primeras huertas de limón mexicano se establecieron en el estado de Michoacán en 1912 (Missiaen, 1981). En el estado de Colima, su cultivo se inició a partir de 1920, sin embargo, su desarrollo comercial ocurrió hasta los años 40's (Oseguera-Velázquez, 1973). En 1950 se registraron 10,527 ha en el país, con un volumen de producción de 70,000 t y un rendimiento promedio de 6.7 t/ha. A partir de esta fecha, se registró un incremento continuo en superficie, producción y rendimiento promedio de fruta, de tal manera que para 1970 se habían establecido 22,698 ha con una producción total de 210,714 t y un rendimiento de 9.3 t/ha, lo que equivale a un 39% más que en 1950 (Cuadro 1). Para 2000 se cultivaban 95,491 ha con una producción superior a los 1.2 millones de t y un rendimiento promedio nacional de 13.5 t/ha. Este aumento significativo en rendimiento superó en un 100 y 45%, la productividad de las plantaciones registrada en los años 1950 y 1970, respectivamente. Esta mejora en producción es atribuible a la disponibilidad de tecnologías generadas por la investigación y que fueron adoptadas por la mayoría de los productores (Coelim, 2002). Con el inicio del siglo XXI, la superficie de este frutal tuvo ligeros decrementos, de tal forma que para el año 2005 se explotaban 93,551 ha, mientras que en el 2010 se registraron 84,420 ha y para el 2015 se reportaron 78,935 ha. Sin embargo, el rendimiento promedio nacional se mantuvo estable entre las 13.1 a las 14,2 t/ha. A partir del año 2015, se han tenido incrementos significativos en superficie nacional, de tal manera que para 2018 se registraron 95,078 ha, lo que representa un incremento del 20.5%. Estos incrementos están relacionados con la mejoría de los precios de la fruta en los últimos años, gran parte es debido a los efectos negativos sobre la producción de fruta de limón mexicano ocasionados por la enfermedad del huanglongbing (HLB). En 2014 la producción anual fue de casi 975 mil t, con un valor de la producción de 4,513 millones de pesos. En cambio, en 2018 se cosecharon 1.151 millones de t con un ingreso de 6,523 millones de pesos. El precio promedio anual de la fruta en 2009 (antes de la llegada





del HLB) fue de \$ 2.87/kg, mientras que para los años 2014 y 2018 fue de 4.77 y 5.67 \$/kg, respectivamente (SAGARPA, 2019).

**Cuadro 1. Comportamiento de la superficie plantada, producción de fruta y rendimiento medio del limón mexicano. 1950 - 2015.**

Año	Superficie plantada (Ha)	Volumen de Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1950	10,527	70,000	6.7
1960	14,162	115,000	7.1
1970	22,698	210,714	9.3
1980	57,311	564,972	9.8
1990	72,216	685,350	9.5
2000	95,491	1'228,960	13.5
2005	93,551	1,222,814	13.6
2010	84,420	1'039,056	13.1
2011	86,215	1'192,317	14.7
2012	83,318	1'041,349	13.4
2013	81,222	1'007,037	13.3
2014	78,653	974,982	13.5
2015	78,935	1'015,182	14.2
2016	81,329	1'008,417	14.3
2017	89,795	1'120,973	14.8
2018	95,078	1'151,331	14.9

Fuente: Coelim, 2002; SADER, 2019.

En los últimos 15 años, el cultivo de limón mexicano se ha enfrentado a la siguiente problemática: inestabilidad de precios de la fruta, incremento de los costos de producción y plagas y enfermedades, entre otras limitantes, que han afectado su rentabilidad y desmotivado a muchos citricultores que han optado por abandonar el cultivo y cambiar a la caña de azúcar y, en menor proporción, a hortalizas (sandía y melón) y papaya. En el caso particular del estado de Colima, esta situación se ha estado revirtiendo debido a la caída de los precios de la caña de azúcar a partir del 2014, con el consecuente abandono de las plantaciones cañeras en el municipio de Tecomán. Aunado a esto, la expectativa de la mejoría de precios de la fruta del limón mexicano y la tecnología generada de manejo agronómico del cultivo para convivir con el HLB han ocasionado el retorno a esta actividad, por muchos productores, que han establecido nuevas plantaciones. En 2011 la producción anual de fruta fue de



472,875 t con un valor de 1,355 millones de pesos (promedio de \$2.86/kg), mientras que, en 2018, se produjeron 258,843 t con valor de 1,850 millones de pesos (media de \$7.15/kg). Se estima que para 2019 se incrementará la superficie plantada en 2,000 a 2,500 ha.

## Productividad del Limón Mexicano

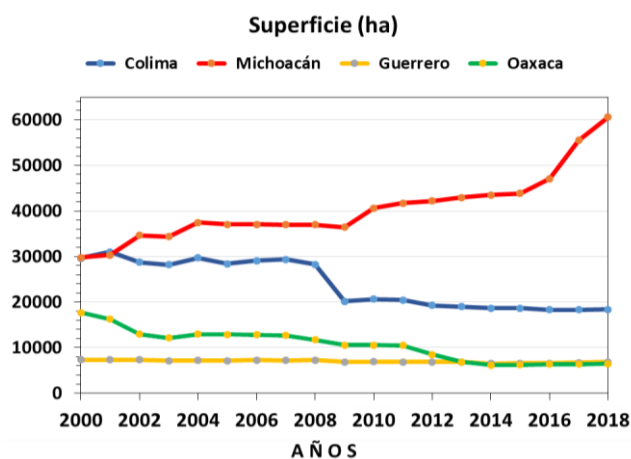
**Superficie.** A principios del presente siglo, el estado de Colima era el mayor productor de esta especie cítrica, por lo que llegó a considerarse “La capital mundial del Limón Mexicano”. Hasta 2008, la superficie fluctuó alrededor de las 30,000 ha y a partir del 2009 se redujo significativamente a 20,158 ha debido a los precios bajos de la fruta, costos altos de producción y problemas de plagas y enfermedades que causaron que los productores cambiaran el limón por otros cultivos alternativos. La superficie de limón mexicano fue impactada ligeramente por la presencia del HLB, ya que en 2010 se registraron 20,606 ha y para 2018 18,371 ha, una diferencia de un poco más de 2,000 ha (Figura 1) (SAGARPA, 2019).

En Michoacán, la actividad limonera ha venido aumentando de manera continua durante los últimos tres lustros. En 2000 se registró una superficie plantada de 29,733 ha y en 2015 y 2018 se reportaron 42,931 y 60,570 ha, lo que representa un incremento de 44 y 104%, respectivamente, que lo ha llevado a ser el primer productor de este frutal en el país (Figura 1). En Oaxaca, la actividad limonera ha venido decreciendo en este siglo (Figura 1), pues en 2000 se tenían 17,712 ha y en 2018 se reportaron 6,416 ha, lo que representa un decremento de casi una tercera parte a lo registrado a principios de la pasada década. Las causas de esta situación son numerosas, entre ellas la desmotivación de los productores por los precios bajos de la fruta, costos altos de producción y problemas fitosanitarios.

La producción de limón mexicano en Guerrero se concentra principalmente en los municipios de Acapulco, Coyuca de Benítez y San Marcos. La superficie se ha mantenido prácticamente sin cambio durante el presente siglo registrándose 7,291 ha en 2,000 y 6,853 ha en 2018 (Figura 1). La mayor parte de las huertas se cultivan en condiciones de temporal y con un nivel tecnológico bajo. En los últimos tres años,



se han establecido nuevas plantaciones comerciales en la zona de “tierra caliente” (municipios de Arcelia, Ajuchitlán del Progreso, Coyuca de Catalán y Cutzamala de Pinzón) con mayor tecnología (sistemas de riego presurizados, altas densidades y manejo agronómico), incrementando así sus rendimientos de fruta. Se estima que actualmente existen alrededor de 500 ha de nuevas plantaciones (comunicación personal Ing. Natividad Zamora, CESAVEGRO).



**Figura 1. Comportamiento de la superficie establecida con limón Mexicano en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca durante el período 2000 al 2018 (Fuente: SAGARPA, 2019).**

**Rendimiento.** En la Figura 2 se presenta información sobre el comportamiento del rendimiento promedio de fruta en los cuatro estados productores de limón mexicano en los últimos 18 años (SAGARPA, 2019). El estado de Colima, históricamente ha sido el pionero en investigación y generación de tecnología de manejo agronómico del cultivo, lo cual se ve reflejado en la productividad de las huertas del año 2000 hasta el 2012. En este período, los rendimientos promedio fluctuaron de 13 a 24 t/ha, siendo los más elevados al compararse con el resto de los estados productores. Sin embargo, a causa de la llegada del HLB a la entidad en abril del 2010, la productividad ha venido declinado significativamente (Robles-González *et al.*, 2013). En tan solo tres años, el HLB se diseminó de una manera explosiva en todos los municipios productores del estado, hasta alcanzar el 100% de incidencia, de tal manera que sus 5 millones de árboles en producción están

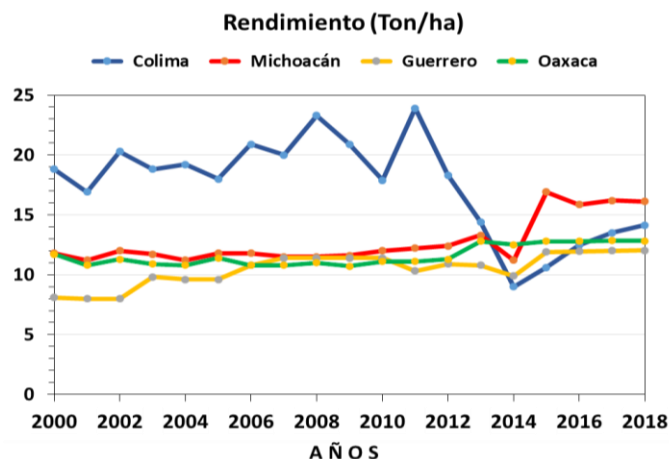


afectados en mayor o menor grado por la enfermedad. El rendimiento promedio por hectárea en 2011 antes del HLB, fue de 23.0 t, mientras que en 2013, 2014 y 2015, fue de 14.4 t, 9.0 t y 11.6 t, respectivamente (época de convivencia con la enfermedad), lo que representa un abatimiento de la productividad de 40, 62 y 51%, en el mismo orden. Sin embargo, en los últimos tres años la productividad ha mejorado por la aplicación de mejores tecnologías de manejo agronómico y los productores han aprendido a convivir con el HLB. De esta manera en 2017 se registró un rendimiento promedio de 13.5 t/ha y para el 2018 fue de 14.2 t/ha (SAGARPA, 2019).

En el estado de Michoacán, los rendimientos promedio de fruta se mantuvieron relativamente estables durante el período 2000 al 2013 (de 11.2 a 13.3 t/ha) y a partir de 2015 el rendimiento repuntó hasta 16.9 t/ha, y así se ha mantenido a la fecha (Figura 2). A pesar que el HLB se detectó en diciembre del 2010 no ha impactado de manera significativa la productividad del limón mexicano como sucedió en Colima, lo cual puede atribuirse a una mejora en el manejo agronómico de los huertos y un abatimiento de las poblaciones del insecto vector por aplicaciones constantes de insecticidas (organofosforados, piretroides y neonicotinoides) desde la llegada de la enfermedad hasta la fecha.

En el caso de Guerrero, los rendimientos de fruta han sido los más bajos de toda la región productora de limón mexicano en el período 2000 al 2005, registrando de 8.0 a 9.8 t/ha (Figura 2). A partir del 2010, la productividad de las huertas se incrementó de 10.3 a 11.9 t/ha. Para 2015, se tuvo un incremento cercano al 50% con relación al año 2000 (SIAP, 2019).





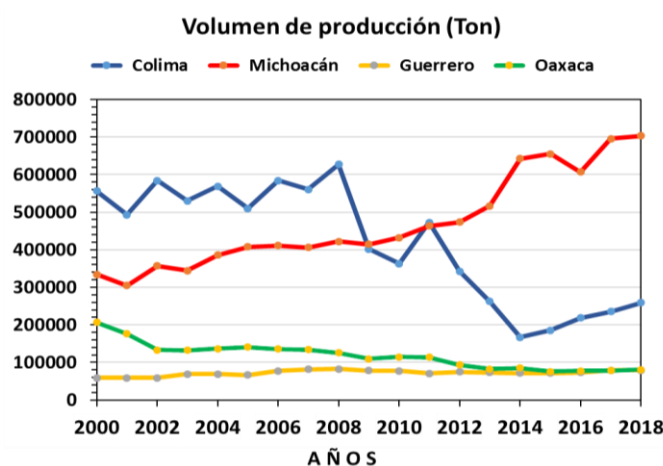
**Figura 2. Rendimiento promedio de fruta de limón mexicano en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca durante el período 2000 al 2018 (Fuente: SIAP, 2019).**

En esta entidad, la mayoría de las plantaciones son de temporal, por lo que los productores han logrado mantener su cultivo de manera rentable a pesar de esta limitante. El HLB apareció en marzo del 2013 y de acuerdo con las estadísticas, hasta el momento no ha impactado significativamente la producción del limón mexicano. En Oaxaca, los rendimientos promedio se mantuvieron sin mucha variación del 2000 al 2012, con 10.7 a 11.7 t/ha pero, se incrementaron hasta casi 13 t/ha en 2015, rendimiento que se mantiene a la fecha (SAGARPA, 2019). A pesar de que el HLB se detectó en abril del 2014, no ha impactado negativamente la producción a la fecha. En Oaxaca, como en el resto de los estados productores, se ha mejorado el manejo agronómico del cultivo, a raíz de la llegada de esta enfermedad.

En la Figura 3 se muestran los volúmenes de producción de fruta de limón mexicano en Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca durante el período 2000 al 2018 (SAGARPA, 2019). En la primera década del siglo XXI, Colima aportó la mayor cantidad de fruta, con volúmenes que oscilaron entre 493 a 627 mil t. El segundo lugar lo ocupó Michoacán con una producción ascendente en el transcurso de los años, llegando a producir 334 mil t en 2000 y 432 mil t en 2010. En Guerrero, la producción se mantuvo entre 58 a 83 mil t. En cambio, en Oaxaca la producción ha venido descendiendo, de 207 mil t en 2000 hasta 115 mil en 2010. En Michoacán se ha venido incrementando la superficie y su rendimiento en los últimos seis años



debido al uso de mejores tecnologías de manejo del cultivo. En 2012, se produjeron 474 mil t de fruta y ascendió hasta 655 mil t en 2015 y 702,923 t en 2018, lo cual lo ubica en el primer estado productor de limón mexicano en el país. En Colima, los volúmenes de producción han descendido drásticamente por los efectos negativos del HLB, pues antes del efecto del HLB (2011), se produjeron 472 mil t de fruta en 20,451 ha y cuatro años después, ya con presente la enfermedad, la producción se redujo a un tercio (167 mil t) en 18,633 ha, lo cual representa una pérdida del 64.7%. Después de nueve años de convivencia con el HLB y con las experiencias de manejo agronómico para recuperar la productividad del limón mexicano, en 2018 se produjeron casi 259 mil t de fruta (55% más que en 2014). En Oaxaca, se llegaron a producir más de 200 mil t en 2000, volumen que se redujo a 115 mil t en 2010 y 81 mil t en 2018. En el caso de Guerrero, la producción de fruta ha tenido ligeros incrementos en producción que van de 59 mil t en 2000, 78 mil en 2010 y 79 mil t en 2018.



**Figura 3. Volumen de producción de fruta de limón mexicano en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca durante el período 2000 al 2018 (SAGARPA, 2019).**

### Investigación en Limón Mexicano

México es el primer productor de limón mexicano en el mundo y es en este país donde se ha generado casi la totalidad del conocimiento sobre el manejo para su cultivo. La investigación en este cítrico se inició a partir de la década de los 70's, por



lo que durante casi 50 años se han generado tecnologías para mejorar la productividad de los huertos, la calidad de su fruta, reducir sus costos de producción y consecuentemente, para mejorar el ingreso de los productores. La mayor parte de la investigación ha sido desarrollada por entidades oficiales del gobierno federal, universidades y otras instituciones de enseñanza e investigación, así como empresas de insumos agrícolas nacionales y transnacionales, entre otras. Sin duda alguna, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha sido el líder y pionero en la generación de conocimientos para cultivar este frutal. Las líneas o acciones de investigación y/o actividades de monitoreo han contemplado todos los aspectos del cultivo, desde la producción de plantas en vivero, variedades, manejo agronómico en la etapa productiva de los huertos, cosecha y manejo de postcosecha (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Principales entidades oficiales del gobierno federal, universidades y otras instituciones de enseñanza e investigación que han generado tecnologías, diagnósticos, monitoreos y otras actividades en limón Mexicano.**

Institución/Universidad/Organismo	Componente o área investigada
INIFAP	Portainjertos, densidades de plantación, sistemas de producción, mejoramiento genético, variedades, sustratos, suelos, nutrición, irrigación, plagas, enfermedades, maleza, poda, producción forzada, manejo sostenible, nuevos sistemas de producción y postcosecha,
Universidad de Colima	Biotecnología, enfermedades, maleza, micorrizas, suelos, nutrición y control biológico.
Colegio de Postgraduados	Postcosecha, plagas, enfermedades y nutrición.
Universidad de Guadalajara	Enfermedades y plagas
Instituto Politécnico Nacional	Biotecnología
Centro Nacional de Referencia de Control Biológico	Control biológico y diagnóstico de enfermedades
Universidad Autónoma Chapingo	Plagas, enfermedades, producción forzada, manejo sostenible y socioeconomía
Empresas de insumos	Plagas, enfermedades, maleza, nutrición y postcosecha.
Comités Estatales de Sanidad Vegetal: CESAVECOL, CESAVERMICH, CESAVEGRO, CESVO, CESAWEJAL	Plagas y enfermedades



Con el conocimiento y tecnologías generadas se ha contribuido a incrementar el rendimiento promedio nacional de 9 t/ha en los años 1970's a casi 15 t/ha en 2011. El impacto más notable de los beneficios de la investigación ha sido en el estado de Colima, pues en los años 70's se tenía un rendimiento promedio estatal de 10 t/ha y para el 2011 se registraron casi 24 t/ha, lo que representa un 140% de incremento. La evidencia documentada más reciente que compila el trabajo de investigación realizado por más de 40 años en limón mexicano es el libro técnico publicado en 2014 por el grupo de investigadores del Campo Experimental Tecomán-INIFAP y colaboradores de otras instituciones. Este documento contiene información de todos los aspectos del cultivo, desde su importancia socioeconómica, origen, taxonomía, requerimientos agroecológicos, mejoramiento genético, portainjertos y variedades, producción de material vegetativo, establecimiento de huertos y sistemas de producción, fenología, poda, manejo de riego y nutrición. Asimismo, incluye información sobre las enfermedades y plagas presentes y potencialmente peligrosas, maleza y su manejo integrado. Finalmente, contiene datos sobre cosecha, postcosecha, comercialización e industrialización (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Han sido muchos los investigadores y profesionistas del sector que han estado involucrados en la generación de tecnologías y desarrollo del cultivo de limón mexicano que han contribuido a incrementar su productividad-rentabilidad y por consecuencia han coadyuvado a mejorar el bienestar de los productores.

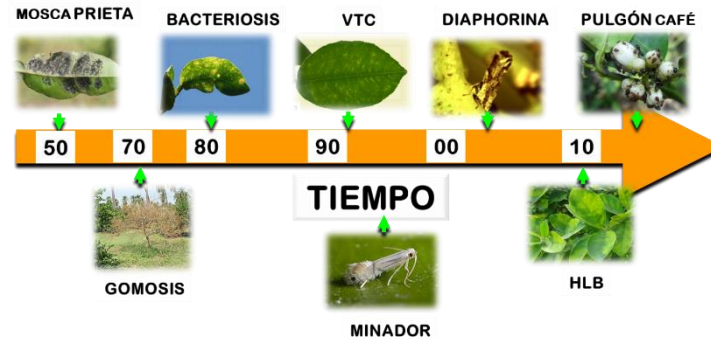
### **Problemática fitosanitaria**

Los antecedentes del cultivo de limón mexicano en México demuestran que periódicamente se ha enfrentado a amenazas de plagas y enfermedades que han puesto en riesgo su permanencia como actividad agrícola importante para los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Figura 4). El primer caso documentado de problemas fitosanitarios fueron las afectaciones que ocasionó la mosca prieta de los cítricos (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) en la década de los 50's, la cual se enfrentó liberando organismos benéficos, estrategia que dio excelentes resultados, convirtiéndose en uno de los casos exitosos en México, en donde el





control biológico ha sido una opción viable y sustentable en el manejo integrado de plagas en cítricos (Varela-Fuentes *et al.*, 2007).



**Figura 4. Problemática fitosanitaria (plagas y enfermedades) del limón mexicano desde su establecimiento como actividad comercial en los años 1950´s a la fecha.**

Generalmente, *A. woglumi* es una plaga secundaria, ya que existe una gama importante de insectos benéficos que mantienen regulada sus poblaciones. Sin embargo, se convierte en un problema sumamente serio debido a la reducción de organismos benéficos por aplicaciones frecuentes y mal planeadas de insecticidas químicos (Medina *et al.*, 2001; Orozco-Santos *et al.*, 2014).

Hasta la década de los 70's los árboles de las plantaciones eran de pie franco (de semilla) por lo que fueron severamente afectadas por la enfermedad conocida como "gomosis" o pudrición del pie causada por el oomicete *Phytophthora parasítica* (Dastur). El limón mexicano es altamente susceptible a este patógeno, por lo que anualmente se perdía hasta el 30% del rendimiento y moría el 5% de los árboles en huertos adultos (Garza-López y Vidales-Fernández, 1979). A raíz de este problema, el INIFAP inició la evaluación de diferentes patrones o portainjertos, resultando las especies de Macrofila (*C. macrophylla* Wester) y Volkameriana (*C. volkameriana* Pasq.) como las más sobresalientes por su tolerancia a la enfermedad, adaptación a los suelos de la región y compatibilidad con el limón mexicano.

En 1981, apareció una nueva enfermedad afectando huertos de limón mexicano, a la cual se le asignó el nombre "bacteriosis", la cual generó una gran incertidumbre



entre productores y autoridades fitosanitarias por diagnósticos erróneos y la similitud de síntomas con la “cancrosis” (enfermedad bacteriana de tipo cuarentenario), causándole el cierre de la frontera de los Estados Unidos de América; medida que afectó severamente la economía de la mayoría de los productores (Becerra-Rodríguez *et al.*, 1988). Para reanudar la exportación de cítricos y proteger la citricultura nacional, el gobierno de México estableció las correspondientes medidas cuarentenarias de control químico y manejo cultural. Estudios posteriores demostraron que el agente causal de la supuesta bacteriosis era el hongo *Alternaria limicola* Simmons y Palm (Garza-López, 1988), a partir de lo cual la enfermedad tomó el nombre de “Mancha foliar”. En 1995 arribó y se estableció el minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella* Stainton) que en los primeros años causó fuertes daños físicos a las hojas del limón mexicano y con ello una fuerte preocupación entre los productores. Afortunadamente, con los resultados de investigación se generaron estrategias para su combate (Medina *et al.*, 2001). El virus de la tristeza de los cítricos (VTC) se ha mantenido como amenaza latente para los cítricos en México, especialmente para el limón mexicano, que es altamente sensible a esta enfermedad. Se han detectado razas suaves del virus y más recientemente al pulgón café de los cítricos (*Toxoptera citricida* Kiraldi: vector más eficiente) en varios estados productores del país, incluyendo Oaxaca, Jalisco y Colima (Orozco-Santos, 1994; Velázquez-Monreal *et al.*, 2014). Durante los años 2016 y 2017 se detectaron razas severas del VTC en el estado de Veracruz, por lo que se han implementado acciones enfocadas al control regional del insecto vector, eliminación de árboles enfermos y uso de plantas certificadas (SENASICA, 2019).

En 2004, se detectó el psílido asiático (*Diaphorina citri* Kuwayama) en Colima y tiempo después en todos los estados productores de limón mexicano, lo que ocasionó una gran preocupación de los productores, por ser el vector del HLB (Orozco-Santos *et al.*, 2006). El reto más reciente y tal vez el más complejo, fue la llegada de la enfermedad del huanglongbing o HLB y que ha generado gran incertidumbre entre los productores, la cual, aunque no ha sido tan devastadora como se pronosticó, si está teniendo graves consecuencias para el cultivo y la economía de la región. Por sus efectos negativos en la productividad, ha sido



necesario modificar el manejo agronómico de las plantaciones, principalmente con lo relacionado con la nutrición de los árboles con el propósito de convivir con esta enfermedad y mantener su productividad (Robles-González *et al.*, 2014b). Afortunadamente, toda esta problemática ha sido atendida con las tecnologías generadas, principalmente por el INIFAP en Colima y en segunda instancia en el resto de los estados productores. En el Cuadro 3 se enlista las principales acciones de investigación en limón mexicano, atendiendo los problemas que se han presentado a través del tiempo, desde los años 70´s hasta la fecha.

**Cuadro 3. Líneas de investigación y resultados relevantes obtenidos en los proyectos desarrollados en limón mexicano durante en el período 1970-2016.**

Línea de investigación	Resultados/Logro	Período
Nutrición	Dosis de fertilización, épocas de aplicación, laboratorio de suelo, agua y planta, diagnóstico DRIS, rendimiento y calidad del fruto.	1970´s
Sistemas de producción	Asociación limón mexicano - cocotero o plátano, productividad y rentabilidad.	1970´s
Fenología del limón mexicano	Eficiencia productiva, floración, brotación vegetativa, fructificación y raíces.	1980´s
Evaluación de portainjertos	Control de gomosis, adaptación a suelos, compatibilidad patrón-injerto, manejo de árboles y productividad.	1970´s y 1980´s
Biología y manejo integrado de la "Bacteriosis" o mancha foliar	Dilucidar etiología de la supuesta bacteriosis, susceptibilidad de especies, épocas de mayor daño, métodos de control y apertura de la frontera de EUA.	1980´s
Irrigación	Intervalos de riego y productividad	1980´s
Densidades de plantación	Mejor aprovechamiento del suelo en tiempo y espacio, incremento del rendimiento en un 100%, rentabilidad y rápida recuperación de la inversión.	1980´s y 1990´s
Producción de invierno	Fenología, poda, reguladores de crecimiento, manejo de riego e incremento de la producción de invierno en un 50%.	1990´s
Mejoramiento genético del limón mexicano (variedades)	Nuevas variedades: 'Colimex', 'Lise' y 'Colimón'.	1990´s y 2000´s
Evaluación de otras alternativas de especies cítricas	Diversificación de la citricultura del trópico seco de México, adaptación de especies cítricas y productividad	1990´s
Ecología y manejo integrado del minador de los cítricos	Dinámica poblacional, daños, hospederos y manejo integrado	1990´s
Ecología y manejo integrado de la antracnosis de los cítricos	Caracterización de poblaciones del hongo causal, producción de invierno y manejo integrado	2000´s



Línea de investigación	Resultados/Logro	Período
Mejoramiento genético del limón mexicano (resistencia a enfermedades)	Formación de híbridos somáticos, virus de la tristeza de los cítricos	2000 ´s
Ecología y manejo integrado del psílido asiático	Biología, dinámica poblacional, daños y manejo integrado	2000 ´s
Manejo del Huanglongbing y el psílido asiático	HLB, manejo agronómico, manejo del vector y nuevos sistemas de producción	2010 ´s
Mejoramiento genético del limón mexicano (generación de híbridos)	Híbridos tolerantes al HLB	2000 ´s a 2020 ´s
Generación de tecnología en limón mexicano variedad 'Lise' bajo un escenario de HLB	Nuevos sistemas de producción (uso de acolchados plásticos y producción intensiva en contenedores), densidades de plantación, nutrición con herramientas de diagnóstico y etiología de la muerte de ramas.	2018 a 2020

## Conclusiones

La investigación multidisciplinaria en el limón mexicano ha permitido diseñar estrategias de manejo para afrontar los diferentes problemas de su cultivo y con ello se ha generado un paquete tecnológico para la producción de este cítrico en todo el trópico seco de México (Orozco-Santos *et al.*, 2014). El Huanglongbing, no ha sido la excepción, pues a pesar de la expectativa incierta y poco prometedora, que asumía la desaparición comercial de la actividad limonera en México para 2017. El panorama que se vislumbra es diferente y gracias a la investigación se ha generado el conocimiento necesario para afirmar que esta especie citrícola seguirá siendo parte importante en la dieta de la población mexicana. Se ha determinado que el HLB tiene un comportamiento diferente en limón mexicano con relación a los cítricos dulces. Aunque tiene una alta susceptibilidad a la expresión de síntomas, los frutos no son afectados significativamente y no se altera su calidad interna y externa (Robles-Gonzalez *et al.*, 2013). La tolerancia del fruto a la enfermedad es lo que permitirá seguir produciendo limones mexicanos, ya que en condiciones de campo es común observar árboles totalmente afectados por el HLB con una "carga" elevada de frutos (Figura 5).





**Figura 5. Limón mexicano de dos años de edad que, a pesar de presentar síntomas de HLB, tiene una elevada carga de frutos. Foto tomada en el lote experimental del proyecto sobre generación de híbridos de limón mexicano tolerantes al HLB.**

A pesar de su impacto en el rendimiento y en la vida productiva de los huertos existen tecnologías para convivir con la enfermedad en huertos en producción (manejo agronómico) y en plantaciones nuevas (variedad 'Lise', altas densidades, manejo agronómico y nuevos sistemas de producción como uso de acolchados plásticos y producción intensiva en contenedores). Las variedades tolerantes de limón mexicano serían la estrategia más práctica, sostenible y económica para los productores, por lo que actualmente se trabaja en la generación de híbridos de limón mexicano con tolerancia al HLB (Robles-González *et al.*, 2016).

La continuidad de la investigación en limón mexicano es una prioridad para seguir desarrollando estrategias de manejo orientadas hacia una reconversión productiva de este cítrico, atender las demandas de los productores y para enfrentar los retos futuros de la citricultura actual, la cual está fuertemente golpeada por el HLB. El VTC y la leprosis representan una gran amenaza para los cítricos en México. En el caso del VTC, el limón mexicano es altamente susceptible independientemente del portainjerto que se utilice (Velázquez-Monreal *et al.*, 2014). Razas benignas del virus han sido detectadas en focos de infección aislados en la región los cuales fueron erradicados en su momento. Aunado a esto, el pulgón café (*T. citricida*) continúa moviéndose hacia los estados productores de limón mexicano (reportado en Oaxaca, Jalisco y Colima) y es el vector más eficiente, incluyendo las razas virulentas



del virus. Las detecciones de razas severas de VTC en el estado de Veracruz incrementa la preocupación de la amenaza de la enfermedad, por lo que se requiere mantener actividades de vigilancia en la región citrícola para la detección oportuna de focos de infección de la enfermedad. Otro problema de alto riesgo cuarentenario, lo representa la “cancrosis”, “cancro” o “cáncer” de los cítricos causado por la bacteria *Xanthomonas citri* (Dewdney and Graham, 2012), enfermedad detectada en el presente año en la frontera de Tamaulipas con los Estados Unidos de América. El limón mexicano es altamente susceptible a este patógeno por lo que se requiere tomar las medidas necesarias para su exclusión o retrasar hasta donde sea posible su llegada a los estados productores; su introducción a la región productora impactaría fuertemente la producción de fruta y la economía. Finalmente, es importante mencionar que existe en algunos países del medio oriente una enfermedad altamente destructiva conocida como “escoba de bruja” y afecta principalmente al limón mexicano (Garnier *et al.*, 1991). La enfermedad es causada por el fitoplasma *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* y es transmitida por injerto y probablemente por chicharritas. La escoba de bruja representa una seria amenaza para la citricultura mexicana por la gran susceptibilidad del limón mexicano. Es de suma importancia evitar la introducción de material vegetativo de la región afectada e implementar las medidas legales recomendadas por el SENASICA.

## Literatura Citada

- Becerra-Rodríguez, S., V. M. Medina-Urrutia, J. G. Garza-López and M. Orozco-Santos. 1988. Citrus leaf spot, a new mexican lime disease: a review. Proceedings of the International Society of Citriculture. Goren, R., and Mendel, K. (Eds.). 3:795-800. Tel Aviv, Israel.
- Coelim. 2002. Diagnóstico del sistema producto limón mexicano en Colima. Consejo Estatal del Limón Mexicano de Colima. Tecomán, Colima. 145 p.
- Dewdney, M. M. and J. H. Graham. 2012. Florida Citrus Pest Management Guide: Citrus Canker. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Document PP-182. 4 p.



- Garnier, M., L. Zreik and J. M. Bové. 1991. Witches'-Broom a lethal mycoplasmal disease of lime trees in the Sultanate of Oman and the United Arab Emirates. *Plant Disease* 75:546-551.
- Garza-López J. G. y A. Vidales-Fernández. 1979. Principales enfermedades en limón, plátano y cocotero. Folleto Técnico No. 1. SARH-INIA-Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- Garza-López J. G. 1988. Asociación de *Alternaria* sp. con la "bacteriosis" del limón mexicano *Citrus aurantifolia* Swingle. *Revista Mexicana de Fitopatología* 6:7-17.
- Medina, U. V. M., G. M. M. Robles, R. S. Becerra, R. J. Orozco, S. M. Orozco, L. J. G. Garza, et al. 2001. El cultivo del limón mexicano. INIFAP. Libro Técnico Núm. 1. Colima, México. 188 p.
- Missiaen, E. 1981. Citrus in Mexico. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. p. 4.
- Orozco-Santos, M. 1994. La tristeza de los cítricos, enfermedad potencialmente peligrosa para la citricultura mexicana. SARH, INIFAP, CIPAC, Gob. del estado de Colima, PIEAEC. Folleto técnico No. 1. Colima, Col. 29 p.
- Orozco-Santos, M., M. Robles-González, J. J. Velázquez-Monreal, V. Medina-Urrutia, J. Orozco-Romero, O. Pérez-Zamora, et al. 2006. El psílido asiático (*Diaphorina citri*) en la región productora de limón mexicano: importancia como plaga y vector en México. *In: Resúmenes del XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología*. Manzanillo, Colima, México.
- Orozco-Santos, M., M. M. Robles-González, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. J. Bermúdez-Guzmán, S. H. Carrillo-Medrano, et al. 2014. El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 449 p.
- Oseguera-Velázquez, S. 1973. Tecomán, ejemplo de desarrollo regional. 266 p. México D.F.
- Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1):15-31.





- Robles-González, M. M., M. Orozco-Santos, M. A. Manzanilla-Ramírez y V. M. Medina-Urrutia. 2014a. Importancia del cultivo de limón mexicano. *In*: Orozco-Santos, M., Robles-González, M.M., Velázquez-Monreal, J.J., Manzanilla-Ramírez, M.A. y Bermúdez-Guzmán, M.J., (Eds.). El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. p. 1-18.
- Robles-González, M. M., M. Orozco-Santos, M. A. Manzanilla-Ramírez, y J.J. Velázquez-Monreal. 2014b. Huanglongbing (HLB). *In*: Orozco-Santos, M., Robles-González, M.M., Velázquez-Monreal, J. J., Manzanilla-Ramírez, M. A. y Bermúdez-Guzmán, M. J., (Eds.). El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. p. 231-268.
- Robles-González, M., S. H. Carrillo-Medrano, M. Orozco-Santos, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Rodríguez, M. Bermúdez-Guzmán, *et al.* 2016. Mejoramiento genético de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) para generar genotipos tolerantes al huanglongbing. *Revista Mexicana de Fitopatología* 3-4:125-S 126.
- SENASICA 2019. Plagas reglamentadas de los cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/plagas-reglamentadas-de-los-citricos-110863>. [Consultado 28 de octubre de 2019]
- SAGARPA-SIAP, 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx> > cierre agrícola/. [Consultado el 16 de septiembre de 2019.]
- Varela-Fuentes, S.E., G. L. Silva-Aguirre y S. N. Myartseva. 2007. Manual para el manejo de la mosca prieta de los cítricos y sus parasitoides en el noreste de México y la región Huasteca. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Fundación Produce Tamaulipas. 91 p.
- Velázquez-Monreal, J. J., M. Orozco-Santos, M. A. Manzanilla-Ramírez, R. Gómez-Jaimes, M. J. Bermúdez-Guzmán y E. Mijangos-Hernández. 2014. Tristeza de los cítricos, enfermedad potencialmente peligrosa para el limón mexicano. *In*: Orozco-Santos, M., Robles-González, M. M.





Velázquez-Monreal, J. J., Manzanilla-Ramírez, M. A. y Bermúdez-Guzmán, M. J., (Eds.).  
El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA,  
INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. p.  
269-291.



# Créditos Editoriales

## EDITORES GENERALES

Sergio Alberto Curti Diaz

Julio César Vinay Vadillo

## EDITORES

Aixchel Maya Martínez  
Alfredo Villagómez Cortés  
Ana Lid Del Ángel Pérez  
Ángel Ríos Utrera  
Carmen Aridai Hernández Estrada  
Cesáreo Landeros Sánchez  
Elizabeth León García  
Javier Francisco Enríquez Quiroz  
Juan Carlos Tamarit Urias  
Luis Antonio López Escobar  
Manuel Villarroel Fuentes  
Marco Ventura Vazquez Hernández  
Melchor Rodríguez Acosta  
Mónica Yazmín Herrera Sotero  
Oscar Andrés del Ángel Coronel  
Oscar Hugo Tosquy Valle  
René Camacho Castro  
Rigoberto Zetina Lezama  
Rubén Loeza Limón  
Valentín Alberto Esqueda Esquivel  
Verónica Lango Reynoso

## COMPILADORES

Julio César Vinay Vadillo  
Valentín Alberto Esqueda Esquivel  
Oscar Hugo Tosquy Valle  
Ángel Ríos Utrera  
Rigoberto Zetina Lezama  
Ana Lid Del Angel Pérez  
Marcos Ventura Vázquez Hernández  
Claudia Perdomo Montes

## FORMACIÓN Y DISEÑO

Claudia Perdomo Montes  
Irma Ceja Romero  
Nely Benitez Tejeda

## COMITÉ EVALUADOR

Abraham Fragoso Islas  
Adán Cabal Prieto  
Adán Guillermo Ramírez García  
Adriana Rosalía Gijón Hernández  
Ageo David Rosas Ortiz  
Alberto Asiain Hoyos  
Alejandra Ivonne García Sánchez  
Alejandra Ramírez Martínez  
Alejandra Soto Estrada.  
Alejandra Vélez Izquierdo  
Alejandro Salinas Castro  
Alma Yadira Martínez Rendón

Álvaro Enrique de Jesús Peniche Cardeña  
Ana Laura López Escamilla  
Ana Lid Del Angel Pérez  
Andrés De La Rosa Portilla  
Andrés Rebolledo Martínez  
Andrés Vásquez Hernández  
Ángel Morán Silva  
Ángel Ríos Utrera  
Ángel Villegas Monter  
Antonio Hernández Beltrán  
Antonio Villegas Vilchis  
Apolonia Zamora Chacón



Ariadna Linares Gabriel  
 Ariadna Linares Gabriel  
 Armando T. Wakida Kusunoki  
 Arturo Durán Prado  
 Arturo Pérez Vázquez  
 Benjamín Alfredo Piña Cárdenas  
 Blanca Patricia Castellanos Potenciano  
 Carlos Rutilo Monroy Rivera  
 Carmen Aridai Hernández Estrada  
 Catalino Jorge López Collado  
 César Meiners Mandujano  
 Cesáreo Landeros Sánchez  
 Christian Hernández Hernández  
 Claudia Lorena Fernández López  
 Claudia Selene León Navarro  
 Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera  
 Diana Uresti Duran  
 Doris Arianna Leyva Trinidad  
 Doris Guadalupe Castillo Rocha  
 Dulce María Murrieta Hernández  
 Dulce Violeta García Bonilla  
 Edgardo Cortez Mondaca  
 Edgar Hernández Máximo  
 Edna Elena Suárez Patlán  
 Eduardo Daniel Bolaños Aguilar  
 Eduardo Hernández Aguilar  
 Eileen Salinas Cruz  
 Eliazar Ocaña Zavaleta  
 Eliseo García Pérez  
 Elvia López Pérez  
 Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera  
 Enrique Noé Becerra Leor  
 Esteban Escamilla Prado  
 Estela Ramírez Mora  
 Eusebio Ortega Jiménez  
 Ever del Jesús Flores Santiago  
 Ezequiel Arvizu Barrón  
 Fabiola Lango Reynoso  
 Felipe Gallardo López  
 Felipe Montiel Palacios  
 Felipe Roberto Flores De La Rosa  
 Flavio A. Rodríguez Montalvo  
 Francisco Alejandro Castrejón Pineda  
 Francisco Ibarra Pérez  
 Francisco Indalecio Juárez Lagunes  
 Francisco Osorio Acosta  
 Francisco Tobías Barradas Piña  
 Gabriel Díaz Padilla  
 Gabriel Núñez Márquez  
 Gabycarmen Navarrete Rodríguez  
 Galdy Hernández Zárata  
 Georgel Moctezuma López  
 Gerardo Montiel Vicencio  
 Gerónimo Quiñonez Barraza  
 Griselda Chávez Aguilar  
 Gudelia Martínez Hernández  
 Héctor Cabrera Mireles  
 Hugo Pérez Ramírez  
 Isaac Meneses Márquez  
 Isalía Morales Palacios  
 Iván Zavala del Angel  
 Jacel Adame García  
 Jaime Rangel Quintos  
 Javier Domínguez  
 Javier Francisco Enríquez Quiroz  
 Jeremías Nataren Velázquez  
 Jesús Antonio Serrano Porras  
 Jesús Atenodoro Alonso  
 Jesús Jácome Rincón  
 Jesús Jarillo Rodríguez  
 Jesús Montoya Mendoza  
 Jorge Gustavo Rodríguez Escobar  
 Jorge Oliva Hernández  
 Jorge Victor Rosete Fernández  
 José Alfredo Villagómez Cortés  
 José Antonio Torres Rivera  
 José Joaquín Velázquez Monreal  
 José Leonardo Sanchez Tafolla  
 José López Collado  
 José Luis Fernando Palomeque Loyo  
 Jose Menéndez Cruz  
 Jose Miguel Hernández Cruz  
 Juan Acosta Jimeno  
 Juan Antonio Villanueva Jiménez  
 Juan Carlos Moreno Seceña  
 Juan Díaz Vela  
 Juan Enrique Ruíz  
 Juan Hernández Hernández  
 Juan Jasso Argumedo  
 Juan Manuel Hernández Pérez  
 Juan Manuel Padilla Flores  
 Juan Pablo Martínez Dávila  
 Juan Prisciliano Zárata Martínez  
 Juan Reta Mendiola





Juan Valente Megchun García  
 Julián Tapia Herrera  
 Karina Patricia Bañuelos Hernández  
 Karina Ramírez López  
 Katia Angélica Figueroa Rodríguez  
 Laureano Rebolledo Martínez  
 Leticia Rendón Sandoval  
 Liliana Lara Caspiestrán  
 Lorena Guadalupe Ramón Canul  
 Lorena Guzmán Rodríguez  
 Luis Antonio López Escobar  
 Luis Ubaldo Castruita Esparza  
 Luisa Patricia Uranga Valencia  
 Luz Vianey Huerta Ramos  
 Ma. de Lourdes Jiménez Badillo  
 Ma. Enriqueta López Vázquez  
 Magdalena Jiménez Hernández  
 Marco Antonio Reynolds Chávez  
 Marco Antonio Toral Juárez  
 Marcos Ventura. Vázquez Hernández  
 María Ariadna Escalante Rebolledo  
 María De Jesús Martínez Hernández  
 María del Carmen Alvarez Ávila  
 María Del Refugio Castañeda Chávez  
 María Margarita González de la Tijera  
 Mariano Morales Guerra  
 Maribel Montero Lagunes  
 Mario Alberto Miranda Salcedo  
 Mario Alejandro Hernández Chontal  
 Mario Garduño Lugo  
 Mario Torres Becerril  
 Martha Elena Fuentes López  
 Martin Alfonso Mendoza Briseño  
 Maurilio Mendoza Mexicano  
 Mauro R. Zamora Díaz  
 Mauro Sierra Macías  
 Melchor Rodríguez Acosta  
 Miguel Vicente Teco Jácome  
 Mildred Joselyn Mikery Gutiérrez  
 Mónica de la Cruz Vargas Mendoza  
 Nadia Guadalupe Sánchez Coello  
 Nain Peralta Antonio  
 Noel Carrillo Ávila  
 Noemi Nava Valente  
 Olga Santiago Trinidad  
 Oscar Andrés Del Angel Coronel  
 Oscar Hugo Tosquy Valle

Otto Raúl Leyva Ovalle  
 Pablo Andrés Meza  
 Pablo Díaz Rivera  
 Patricia Cruz Bautista  
 Patricia Devezé Murrillo  
 Pedro Cisneros Saguilán  
 Rafael Alberto Guajardo Panes  
 Rafael Chávez López  
 Rafael Olea Pérez  
 Regulo Carlos Llarena Hernández  
 René Camacho Castro  
 René Carlos Calderón Robles  
 Reyna Xóchitl Loredo Salazar  
 Ricardo Serna Lagunes  
 Rigoberto Zetina Lezama  
 Roberto Omar Castañeda Arriola  
 Rogelio Miranda Marini  
 Rolando Misael Tlaxcala Méndez  
 Romeo Ruíz Bello  
 Ronnie de Jesús Arieta Román  
 Rosalío López Morgado  
 Rosario Ramírez Santiago  
 Rubén Purroy Vásquez  
 Salomón López Serrano  
 Salvador Partida Sedas  
 Sandra Luz Hernández Valladolid  
 Sara Olazarán Jenkins  
 Saúl Castañeda Díaz  
 Sergio Alberto Curti Díaz  
 Sergio Cházaro Olvera  
 Sergio Iván Román Ponce  
 Sergio Uribe Gómez  
 Sirilo Suastegui Cruz  
 Sorelly Ramírez Romero  
 Teresa Aguas Rendón  
 Valentín Alberto Esqueda Esquivel  
 Venancio Cuevas Reyes  
 Vicente Eliezer Vega Murillo  
 Vicente Sánchez Monsalvo  
 Victor Daniel Cuervo Osorio  
 Victor Javier Arriola Padilla  
 Victor Manuel Cisneros Solano  
 Vinicio Calderón Bolaina  
 Wendy Fernandez Hernández  
 Xóchitl Rosas González  
 Zulema Guadalupe Huicab Pech