



Veracruz 2021

# Ciencia y tecnología para el campo mexicano: *RETOS Y OPORTUNIDADES*



**Autores:** Rigoberto Zetina Lezama, Oscar Hugo Tosquy Valle,  
Ana Lid Del Angel Pérez, Ángel Ríos Utrera y Valentín Alberto  
Esqueda Esquivel

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

ISBN: 978-607-37-1396-2



Veracruz 2021

# Ciencia y tecnología para el campo mexicano: *RETOS Y OPORTUNIDADES*





## **Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural**

**Víctor Manuel Villalobos Arámbula**  
Secretario

**Víctor Suárez Carrera**  
Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

**Salvador Fernández Rivera**  
Coordinador General de Desarrollo Rural

**Oscar Javier Fernández Morales**  
Representante de la SADER en Veracruz

## **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

**Luis Angel Rodríguez Del Bosque**  
Encargado del despacho de los Asuntos de la Dirección General

**Alfredo Zamarripa Colmenero**  
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**Luis Ortega Reyes**  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

**José Humberto Corona Mercado**  
Coordinador de Administración y Sistemas

## **Centro de Investigación Regional Golfo Centro**

**Jorge Martínez Herrera**  
Director Regional

**Sergio Uribe Gómez**  
Director de Investigación

**Francisco González Naranjo**  
Director de Administración

### **“Ciencia y tecnología para el campo mexicano: retos y oportunidades”**

#### **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México. Tel.: 55-3871-8700

Primera edición en formato electrónico (Internet), 2021

Publicación en formato electrónico (Internet), número de ISBN: 978-607-37-1396-2

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en noviembre de 2021, en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio. de Medellín, Ver., México. CP. 94277, Teléfono: 553 871 8700, ext. 87809. Hecho en México

*Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.*

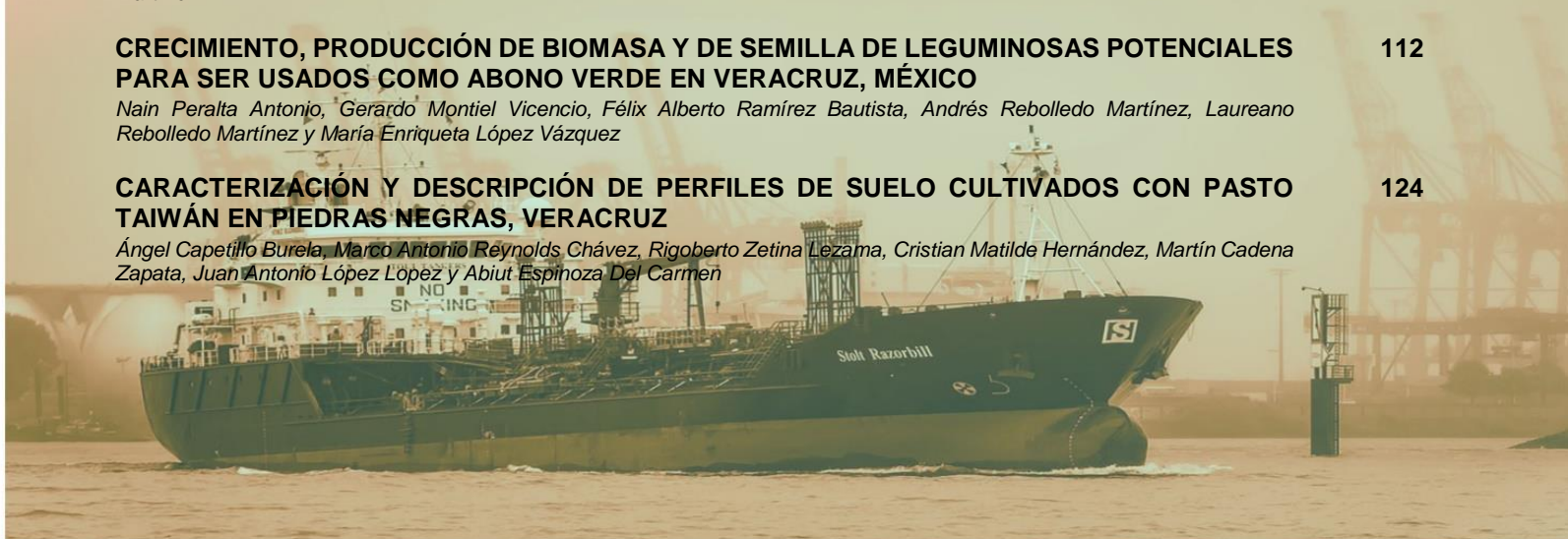
**Autores:** Rigoberto Zetina Lezama, Oscar Hugo Tosquy Valle, Ana Lid Del Angel Pérez, Ángel Ríos Utrera y Valentín Alberto Esqueda Esquivel.



# ÍNDICE

## AGRÍCOLA

- ESTABLECIMIENTO DE UN HUERTO DE TRASPATIO EN XALAPA, VERACRUZ, COMO ALTERNATIVA URBANA PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS** 2  
*Isabel Alemán Chávez, Ariel G. Saldaña Ozuna, Ramón Zulueta Rodríguez, Luis Guillermo Hernández Montiel, Elia Nora Aquino Bolaños y Liliana Lara Capistrán*
- EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN CULTIVO DE CEMPASÚCHIL EN ZAUTLA, PUEBLA** 15  
*Alfredo Lino Brito, Maribel Apolinar Aguilar, Meregildo Hernández Álvarez y Lucia Torres Rueda*
- EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE HABA EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA** 28  
*Lucía Torres Rueda, Guadalupe Mora Báez, Anahí Hernández García, Diana Galindo Marín, Emanuel Hernández Hernández y Luis Vivas Hernández*
- MÉTODOS DE INJERTACIÓN DE MACADAMIA, EN HUATUSCO, VERACRUZ** 35  
*Eduardo García Jiménez, Gustavo Mercado Mancera, Ana Karen Granados Mayorga y Víctor Manuel Cisneros Solano*
- COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN TLAPACOYAN, VERACRUZ** 44  
*José Raúl Rodríguez Rodríguez, Oscar Hugo Tosquy Valle y Francisco Javier Ibarra Pérez*
- CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS REGIONALES DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum* L.)** 55  
*Carolina Isabel Basto Pool, Felipe Santamaría Basulto y Raúl Díaz Plaza*
- USO DEL MODELO AMMI EN OCHO VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN EL BAJÍO** 66  
*Aquilino Ramírez Ramírez, Ernesto Solís Moya, Antonio Mariscal Amaro y Lourdes Ledesma Ramírez*
- USO DE MICORRIZAS EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) Y SU RENTABILIDAD EN “EL BAJÍO”** 72  
*Aquilino Ramírez Ramirez, Ernesto Solís Moya, Luis A. Mariscal Amaro, Lourdes Ledesma Ramírez, Sarahyt S. González Figueroa y Manuel Jerónimo Arriaga*
- RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA REGIÓN DE TALA, JALISCO** 78  
*Jeovani Francisco Cervantes Preciado, Marcelino Álvarez Silva y Luis Alberto Solano González*
- CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL RUBÍ EN VERACRUZ Y CHIAPAS, MÉXICO** 85  
*Francisco Javier Ibarra Pérez, Oscar Hugo Tosquy Valle, José Raúl Rodríguez Rodríguez, José Luis Anaya López y Jorge A. Acosta Gallegos*
- SECUESTRO DE CARBONO Y ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO EN LEGUMINOSAS PROMISORIAS PARA SER USADAS COMO ABONO VERDE EN VERACRUZ, MÉXICO** 99  
*Nain Peralta Antonio, María de Jesús Ávila Escobedo, Gerardo Montiel Vicencio, Libia I. Trejo Téllez y Andrés Rebolledo Martínez*
- CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y DE SEMILLA DE LEGUMINOSAS POTENCIALES PARA SER USADOS COMO ABONO VERDE EN VERACRUZ, MÉXICO** 112  
*Nain Peralta Antonio, Gerardo Montiel Vicencio, Félix Alberto Ramírez Bautista, Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez y María Enriqueta López Vázquez*
- CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO CULTIVADOS CON PASTO TAIWÁN EN PIEDRAS NEGRAS, VERACRUZ** 124  
*Ángel Capetillo Burela, Marco Antonio Reynolds Chávez, Rigoberto Zetina Lezama, Cristian Matilde Hernández, Martín Cadena Zapata, Juan Antonio López López y Abiut Espinoza Del Carmen*





# ÍNDICE

- BIOESTIMULANTES EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE MACROTÚNEL** 135  
*Félix David Murillo Cuevas, Jacel Adame García, Jazmín Villegas Narváez, Héctor Cabrera Mireles, Andrés Vásquez Hernández y José Antonio Juárez Castañeda*
- PLANTACIONES DE AGUACATE EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ, MÉXICO** 145  
*Jeremías Nataren Velázquez, Ana Lid Del Ángel Pérez, Juan Valente Megchún García y Sorelly Ramírez Romero*
- EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN LÍNEAS DE SORGO BLANCO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN PEDRO COMITANCILLO, OAX.** 161  
*José Manuel Cabrera Toledo, Zulma Castillejos Antonio, Juan Rendón Cruz y Manuel Cabrera González*
- DETECCIÓN DE *Plasmodiophora brassicae* EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CULTIVO HORTÍCOLA DE PUEBLA Y TLAXCALA** 169  
*Legnara Padrón Rodríguez, Mauricio Luna Rodríguez, Edel Pérez López, Carlos Roberto Cerdán Cabrera y Nadia Guadalupe Sánchez Coello*
- EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA EN MAÍZ ELOTERO EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 179  
*Agustín Jiménez Ramos, Anastacio Nanco Ortiz, Fernando Arturo Gómez Díaz, Jaime Negrin Ruiz y Sandra Luz Hernández Valladolid*
- LOS ABONOS ORGÁNICOS Y AISLADOS DE *Trichoderma* spp. EN LA MILPA MAYA DE YUCATÁN** 190  
*Geovanny del Jesús López Pool, Fernando Antonio Peraza Luna, Juan José Sandoval Gío y Juan Candeler de la Cruz*
- PRODUCCIÓN DE SEMILLA Y BIOMASA DE TRES LEGUMINOSAS CON ALTO POTENCIAL DE DESARROLLO EN VERTISOLES EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ** 199  
*Clarisa Rodríguez Palacios, Rigoberto Zetina Lezama, Ángel Capetillo Burela, Marco Antonio Reynolds Chavez, Arnold Olguín Santos y Abiut Espinoza Del Carmen*
- CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN VIVERO EN VERACRUZ, MÉXICO** 210  
*Abiut Espinoza Del Carmen, Ángel Capetillo Burela, Rigoberto Zetina Lezama, Cristian Matilde Hernández, María de Lourdes Andrea Cortes Espinosa y Joel Lara Serna*
- EL CHAYOTE (*Sechium edule* (JACQ) Swartz) EN LA ZONA DE ALTA MONTAÑA DE VERACRUZ, MÉXICO** 222  
*Jeremías Nataren Velazquez, Ana Lid Del Angel Pérez, Juan Valente Megchún García, Carmen Aridai Hernandez Estrada y Sorelly Ramírez Romero*
- DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) EN TECAMACHALCO, PUEBLA** 236  
*Lucero Leyva Abascal, Karina Navarro Bello, Jesús Francisco López Olguín, Dionicio Juárez Ramón y María Lorena Luna Guevara*
- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL FRUTO EN SELECCIONES DE RAMBUTÁN EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 249  
*María del Carmen Pablo Mendoza, Carmen Suarez Cuello, Gregorio Hernández Salinas, Rolando Misael Tlaxcala Méndez, Olga Santiago Trinidad y Carlos Rutilio Monroy Rivera*
- PRODUCTIVIDAD DE GRANO Y FORRAJE DEL HÍBRIDO DE MAÍZ TROPICAL H-567** 260  
*Mauro Sierra Macías, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo, Noel Orlando Gómez Montiel, Alejandro Espinosa Calderón, Francisco Javier Ugaldé Acosta, Sabel Barrón Freyre, Clara Ríos Isidro y Pablo Andrés Meza*
- BIOMASA Y RENDIMIENTO DE PIÑA MD2 EN FUNCIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO Y POTASIO** 274  
*María Enriqueta López Vázquez, Nain Peralta Antonio, Gerardo Montiel Vicencio, Andrés Rebolledo Martínez y Laureano Rebolledo Martínez*





# ÍNDICE

- COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y CALIDAD INDUSTRIAL DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-518 EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO** 285  
*Mauro Sierra Macías, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo, Alejandro Espinosa Calderón, Noel Orlando Gómez Montiel, Sabel Barrón Freyre y María Gricelda Vásquez Carrillo*
- ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA MEDIANTE ATMÓMETRO PARA LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN FRIJOL** 299  
*Cándido Mendoza Pérez, Juan Enrique Rubiños Panta, Antonio Martínez Ruiz, Carlos Ramírez Ayala, Demetrito S. Fernández Reynoso y Roberto Ascencio Hernández*
- TECNOLOGÍA AGRONÓMICA PARA UNA PRODUCCIÓN RENTABLE DE SOYA DE TEMPORAL EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 313  
*Arturo Durán Prado, Valentín A. Esqueda Esquivel, Oscar Hugo Tosquy Valle, Andrés Vásquez Hernández y Marco Antonio Reynolds Chávez*
- CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES SOBRE EL CONTROL QUÍMICO DE *Diaphorina citri* EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ** 322  
*Luis Alfredo Pérez Zarate, Juan Antonio Villanueva Jiménez, Francisco Osorio Acosta, Laura Delia Ortega Arenas y Lissette C. Bustillo García*
- DIVERSIDAD DE PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS EN LOS LOCALES COMERCIALES DEL MERCADO MUNICIPAL, COMALCALCO, TABASCO** 334  
*Edward Manuel Arévalo de la Cruz, Hortensia Brito Vega, Edmundo Gómez Méndez, Rosa Ma. Salinas Hernández y Armando Gómez Vazquez*
- REACCIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL A LA INOCULACIÓN CON LOS PATÓGENOS DE ANTRACNOSIS Y ROYA** 344  
*Eduardo Raymundo Garrido Ramírez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Francisco Javier Ibarra Pérez, Valentín A. Esqueda Esquivel y José Raúl Rodríguez Rodríguez*
- SINCRONIZACIÓN DE LA FLORACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-567** 356  
*Flavio Rodríguez Montalvo, Mauro Sierra Macias y Marcos V. Vázquez Hernández*
- EVALUACIÓN DE CRUZAS VARIETALES DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO PARA EL SURESTE DE MÉXICO** 367  
*Flavio Rodríguez Montalvo, Mauro Sierra Macias y Marcos V. Vázquez Hernández*
- PRODUCTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE CHILE XCAT IK EN INVERNADERO** 378  
*Felipe Santamaría Basulto, Raúl Díaz Plaza, Carolina Isabel Basto Pool, Manuel Jesús Zavala León y Felipe de Jesús Tut Pech*
- PODA DE HOJAS Y USO DE MALLA SOMBRA PARA REDUCIR FLORACIONES NATURALES EN PIÑA MD-2 Y PRODUCIR FUERA DE TEMPORADA** 387  
*Andrés Rebolledo Martínez, María Enriqueta López Vázquez, Laureano Rebolledo Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, Naín Peralta Antonio, Rosa Laura Rebolledo García y Carlos A. Tinoco Alfaro*
- DOSIS DE FRUITONE CPA PARA EL CONTROL DE LA FLORACIÓN NATURAL DEL HÍBRIDO DE PIÑA MD-2** 399  
*Andrés Rebolledo Martínez, María Enriqueta López Vázquez, Laureano Rebolledo Martínez, Gerardo Montiel Vicencio, Naín Peralta Antonio, Rosa Laura Rebolledo García y Carlos A. Tinoco Alfaro*
- EFFECTO DE FITOVITA EN EL DESARROLLO DE RAÍZ EN MAÍZ Y CAÑA DE AZÚCAR** 409  
*Andrés Vásquez Hernández, Héctor Cabrera Mireles, Arturo Durán Prado y Arturo Andrés Gómez*
- SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE PIÑA EN LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE JOSE AZUETA, VERACRUZ** 418  
*Matilde Hernández Cristian, Zetina Lezama Rigoberto, Capetillo Burela Angel, Reynolds Chávez Marco Antonio, Domínguez Monge Santiago, Santillán Mendoza Ricardo, Rodríguez Quiblera Cynthia Guadalupe y Flores de la Rosa Felipe Roberto*





# ÍNDICE

<b>RESPUESTA DEL FRIJOL NEGRO INIFAP A LOS BIOFERTILIZANTES EN VERACRUZ</b> <i>Arturo Durán Prado, Andrés Vásquez Hernández, Valentín A. Esqueda Esquivel, Oscar Hugo Tosquy Valle y Juan Francisco Aguirre Medina</i>	432
<b>DETERMINACIÓN DE LA TASA DE TRANSPIRACIÓN DIARIA DEL CULTIVO DE JITOMATE MEDIANTE EL METODO DE BALANCE</b> <i>Antonio Martínez Ruiz, Genaro Pérez Jiménez, Candido Mendoza Pérez, Jose Luis Pons Hernández y Enrique Gonzales Pérez</i>	443
<b>MEDICIÓN DE LA TRANSPIRACIÓN DE JITOMATE EN INVERNADERO MEDIANTE UN LISÍMETRO DE PESADA AUTOMATIZADA</b> <i>Antonio Martínez Ruiz, Candido Mendoza Pérez, Genaro Pérez Jiménez, Jose Luis Pons Hernández, Enrique Gonzales Pérez y Julio Torres Sandoval</i>	452
<b>EFECTO DE LA FITOPLASMOSIS EN EL DESARROLLO DEL CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>, Jacq. Sw)</b> <i>Ana Laura Ambrosio López, Eucario Mancilla Álvarez, Norma Mora Collado, Luz Irene Rojas Avelizapa, Régulo Carlos Llarena Hernández y Rosalía Núñez Pastrana</i>	461
<b>EFECTO DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE RÁBANO (<i>Raphanus sativus</i> L.) PARA LA ZONA URBANA DE CUITLÁHUAC, VERACRUZ</b> <i>Jennifer López Hernández, Yesenia Núñez Galindo, Eucario Mancilla Álvarez, Julio Díaz José, María Alva Ángel Lara y Alejandro Valdés Ordoñez</i>	475
<b>CARACTERES MORFOLOGICOS DE SEIS VARIEDADES DE CAFÉ RESISTENTE A <i>Hemileia vastatrix</i> DE LA COLECCIÓN DEL INIFAP</b> <i>Edgar Couttolenc Brenis, Marco Antonio Toral Juárez, Rosalío López Morgado y Enrique Hernández Reich</i>	488
<b>ESTUDIO TECNOLÓGICO DEL CULTIVO DE CHILACAYOTE (<i>Cucurbita ficifolia</i>) PARA USO INDUSTRIAL</b> <i>Regina María Medina Sauza, Francisco Hernández Quinto, Anayeli González Benito y Marisol Pérez Palestina</i>	497
<b>BIOMASA Y RENDIMIENTO DE PIÑA MD2 EN FUNCIÓN DEL TIPO DE FERTILIZANTE Y ACOLCHADO PLÁSTICO</b> <i>Gerardo Montiel Vicencio, Nain Peralta Antonio, Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, María Enriqueta López Vázquez, Rosa Laura Rebolledo García y Daniel Emigdio Uriza Ávila</i>	512
<b>LA SINTOMATOLOGÍA DEL WOOD POCKET EN LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> TAN.) ESTÁ ASOCIADA A LA REPRESIÓN DE GENES ANTIOXIDANTES</b> <i>Ricardo Santillán Mendoza, Felipe R. Flores de la Rosa, Cynthia G. Rodríguez Quibrera, Santiago Domínguez Monge y Cristian Matilde Hernández</i>	525
<b>LOS ÁCIDOS GAMMA-AMINO BUTÍRICO Y SALICÍLICO MODIFICAN EL CONTENIDO DE ALMIDÓN Y CLOROFILA EN LIMÓN CON HLB</b> <i>Ricardo Santillán Mendoza, Felipe R. Flores de la Rosa, Cynthia G. Rodríguez Quibrera, Cristian Matilde Hernández, Santiago Domínguez Monge, Pedro D. Bastian Vazquez y Mauricio Luna Rodríguez</i>	533
<b>RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE CAFÉ <i>Coffea arabica</i> TOLERANTES A <i>Hemileia vastatrix</i> CAUSANTE DE LA ROYA DEL CAFETO</b> <i>Rosalío López Morgado, Edgar Couttolenc Brenis y Marco Antonio Toral Juárez</i>	548
<b>CONTROL DE ANTRACNOSIS EN POSTCOSECHA DE FRUTOS DE MANGO CON QUITOSANO Y SORBATO DE POTASIO</b> <i>Luis Antonio Gálvez Marroquín, Misael Martínez Bolaños, Jesús Alberto Cruz López, Rafael Ariza Flores, Rosa Itzel Figueroa Rodríguez, Alba Miriam Ríos Salinas y Cristian Daniel Arias Reyes</i>	562





## ÍNDICE

<b>REQUERIMIENTOS DE POTENCIA PARA LA APLICACIÓN DE DIFERENTES INTENSIDADES DE LABRANZA PROFUNDA DEL SUELO</b>	<b>570</b>
<i>Marco Antonio Reynolds Chávez, Martín Cadena Zapata, Juan Antonio López López, Ángel Capetillo Burela y Rigoberto Zetina Lezama</i>	
<b>LOS SABERES Y CONOCIMIENTOS EN SISTEMA MILPA DE ASTACINGA, VERACRUZ Y SU IMPORTANCIA</b>	<b>583</b>
<i>Hilario García Martínez, Luz del Carmen Quiahua Itehua, Julio Díaz José y Verónica Morales Ríos</i>	
<b>EFICIENCIA DE PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DEL ÁCARO BLANCO (<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks.) EN CHILE SERRANO</b>	<b>596</b>
<i>Héctor Cabrera Mireles, Félix David Murillo Cuevas, Andrés Vásquez Hernández, Jacel Adame García, Magali Jimenez Jimenez, Cecilia Reyes Loyola y Arturo Andrés García</i>	
<b>PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DE ARAÑA ROJA (<i>Tetranychus urticae</i> Koch.) EN CHILE SERRANO EN INVERNADERO</b>	<b>607</b>
<i>Héctor Cabrera Mireles, Félix David Murillo Cuevas, Andrés Vásquez Hernández, Jacel Adame García, Magali Jimenez Jimenez, Cecilia Reyes Loyola y Arturo Andrés García</i>	
<b>ESTADO FITOSANITARIO DEL BANANO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS, QUEVEDO, ECUADOR</b>	<b>617</b>
<i>Ana Ruth Álvarez Sánchez, Aimé Rosario Batista Casacó, Marlon Fernando Monge Freile, D. J. Yáñez Cajo y Galdy Hernández Zarate</i>	
<b>DESCRIPCIÓN MORFOMETRICA DE SEMILLA Y ETAPAS DE IMBIBICIÓN DURANTE LA GERMINACIÓN DE PITAHAYA (<i>Hylocereus</i> sp.)</b>	<b>629</b>
<i>Viviana E. Gutiérrez Rangel, Genaro Pérez Jiménez, Antonio Martínez Ruiz, Giovanna I. Fuentes Escobar y Fernando López Morales</i>	
<b>LA LUZ ARTIFICIAL DE ALTA INTENSIDAD AFECTA EL CONTENIDO DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN FRIJOL</b>	<b>637</b>
<i>Genaro Pérez Jiménez, Agustina Bautista Ramirez, Jose A. Honorato Salazar, Antonio Martínez Ruiz, Giovanna I. Fuentes Escobar y Fernando López Morales</i>	
<b>GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL CENTRO DE VERACRUZ</b>	<b>646</b>
<i>Rogelio Miranda Marini, Maurilio Mendoza Mexicano y Carmen Aridai Hernández Estrada</i>	
<b>DIAGNOSTICO TÉCNICO PRODUCTIVO DEL MAÍZ DEL MUNICIPIO DE SAYULA DE ALEMÁN, VER</b>	<b>655</b>
<i>Marcos Ventura Vázquez Hernández, Mauro Sierra Macias y Flavio Antonio Rodríguez Montalvo</i>	

## **PECUARIA**

<b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PREDECIR EL PESO AL DESTETE DE GANADO PRODUCTOR DE CARNE EN PASTOREO</b>	<b>672</b>
<i>Aurelio Guevara Escobar, Mónica Cervantes Jiménez, Vicente Lemus Ramírez, Adolfo Kunio Yabuta Osorio y Humberto Suzán Azpiri</i>	
<b>FRECUENCIA DE LEUCEMIA FELINA EN GATOS DE LA CONURBACIÓN VERACRUZ-BOCA DEL RÍO</b>	<b>682</b>
<i>Melissa Panzi Chacón, David I. Martínez Herrera, Héctor Vivanco Cid, Rosa María Cordero Pulido y José Alfredo Villagómez Cortés</i>	
<b>EVALUACIÓN DEL SUPLEMENTO ALIMENTICIO CON TÉ KOMBUCHA Y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> SC47 SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CONEJOS NUEVA ZELANDA DURANTE LA ETAPA DE ENGORDA</b>	<b>689</b>
<i>Luis Salvador Pérez Sotelo, Alejandro de la Cruz Bustamente, Valente Velázquez Ordoñez, José Luis Zamora Espinosa y Benjamín Valladares Carranza</i>	







## ÍNDICE

- OVULACIÓN Y GESTACIÓN CON KISSPEPTINA-10, EN UN PROTOCOLO CON PROGESTERONA-ESTRÓGENOS EN VACAS EN SUBTROPICO HÚMEDO** 701  
*Abraham Fragoso Islas, Jorge Víctor Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera y Rubén Santos Echeverría*
- EFICIENCIA EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PELLET** 709  
*Irma Vallejo Sartorius, Leticia Rendón Sandoval, Esteban Gutiérrez Peña y Omar García Pacheco*
- REPORTE DE DOS CASOS DE MOMIFICACIÓN FETAL EN VAQUILLAS DE LA CUENCA LECHERA DE TIZAYUCA** 716  
*Mara Yolitzin Rodríguez Espinoza, Enrique Martínez Bárcenas y José Nahed Toral*
- DIARREA VIRAL BOVINA Y SECRECIÓN VIRAL NASAL, LACRIMAL Y VAGINAL, EN VACAS EN PASTOREO SUBTROPICAL** 731  
*Jorge Víctor Rosete Fernández, Guadalupe Asunción Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas y Ángel Ríos Utrera*
- RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA Y SECRECIÓN VIRAL NASAL, LACRIMAL Y VAGINAL, EN VACAS EN PASTOREO SUBTROPICAL** 738  
*Jorge Víctor Rosete Fernández, Abraham Fragoso Islas, Guadalupe Asunción Socci Escatell y Ángel Ríos Utrera*
- PREVALENCIA A *Leptospira sp* Y SU ELIMINACIÓN EN ORINA EN VACAS EN PASTOREO EN SUBTRÓPICO** 745  
*Jorge Víctor Rosete Fernández, Guadalupe A. Socci Escatell, Ángel Ríos Utrera y Abraham Fragoso Islas*
- ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO DE FRUTOS DE *Psittacanthus calyculatus* CONTRA BACTERIAS ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA** 752  
*Jossany García Magaña, José Osvaldo Bernal Gallardo, Zaida Ochoa Cruz, Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos, María Valentina Angoa Pérez y Hortencia Gabriela Mena Violante*
- ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CATEGÓRICOS APLICADOS AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN PRODUCCIÓN PORCINA** 760  
*María del Rosario Villavicencio Gutiérrez, Francisco Ernesto Martínez Castañeda, Ángel Roberto Martínez Campos, German Gómez Tenorio y Ana Lorga da Silva*
- ESTIMACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA RAZA TAURÍNDICUS MEDIANTE ANÁLISIS DE PEDIGRÍ** 777  
*Ángel Ríos Utrera y Jorge Quiroz Valiente*
- ELEVADA ACTIVIDAD LARVICIDA DE HOJAS DE OREGANO (*Lippia graveolens*) CONTRA EL NEMATODO *Haemonchus contortus*** 788  
*Alejandro Sotelo Aguilar, Edgar Jesús Delgado Núñez, José Manuel Castro Salas, Pedro Mendoza de Gives, Agustín Olmedo Juárez, José Francisco Díaz Nájera y César Sotelo Leyva*
- LAS HOJAS DE *Artemisia ludoviciana* PRESENTAN ELEVADA ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA CONTRA LARVAS INFECTANTES DE *Haemonchus contortus*** 796  
*Edgar Jesús Delgado Núñez, Alejandro Sotelo Aguilar, José Manuel Castro Salas, Pedro Mendoza de Gives, Agustín Olmedo Juárez, José Francisco Díaz Nájera y César Sotelo Leyva*
- ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTO DE FRUTOS DE *Psittacanthus calyculatus* SOBRE *Staphylococcus aureus*, AGENTE CAUSAL DE MASTITIS BOVINA** 806  
*Francisco Alvarez Contreras, José Osvaldo Bernal Gallardo, Zaida Ochoa Cruz, Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos, María Valentina Angoa Pérez y Hortencia Gabriela Mena Violante*
- DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE DOS INGREDIENTES EN DIETAS DE FINALIZACIÓN EN OVINOS** 818  
*Lizbeth Guadalupe Verduzco León, Miguel Ángel Bautista Hernández, Víctor Manuel Sánchez Parra, Jessica Beatriz Herrera Ojeda y Carlos Edmundo Orozco Durán*





## ÍNDICE

- ERITOGRAMA, PESO VIVO, PERÍMETRO TORÁCICO Y CONDICIÓN CORPORAL EN BÚFALAS ADULTAS (*Bubalus bubalis*), EN CORRIENTES, ARGENTINA** 829  
*Josefina Hernando, Gabriela Alejandra Koza, José Luis Konrad y Norma Beatriz Mussart*
- PREDICCIÓN DE LA SUPERFICIE, PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y PRECIO DE LA AVENA FORRAJERA EN MÉXICO** 835  
*María Vianey Vargas Saenz, Alejandra Vélez Izquierdo, José Antonio Espinosa García y Bartolomé Cruz Galindo*
- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LEPTOSPIROSIS EN TRES REGIONES PRODUCTORAS DE OVEJAS DEL ESTADO DE VERACRUZ** 846  
*Blanca Lilia Gabriel Véjar, David Itzcoatl Martínez Herrera, Dinora Vázquez Luna, José Alfredo Villagómez Cortés, Otto Raúl Leyva Ovalle y Jorge Isaac Torres Barranca*
- DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Mycobacterium avium paratuberculosis* EN TRES REGIONES OVINOCULTORAS DEL ESTADO DE VERACRUZ** 854  
*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*
- PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN EN *Bos indicus* CON INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN EL TROPICO MEXICANO** 863  
*José Antonio Fernández Figueroa, José Orlando Ramírez Valencia, Ronnie de Jesús Arieta Román, Nayib Bechara Acar Martínez, Arantza Fernández Vilaboa y Maximino Zito Romero Figueroa*
- TÉCNICAS ETNOVETERINARIAS EN LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN CUATRO COMUNIDADES DEL ESTADO DE CAMPECHE** 869  
*José Fernando de la Cruz García y Jaime Bautista Ortega*
- PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN PRIMARIA DE LA LECHE FLUIDA EN EL TRÓPICO: ESTUDIO DE CASO** 880  
*Sonia Sofía Ramos Lara, Juan Prisciliano Zárate Martínez, Jaime Rangel Quintos, Ángel Ríos Utrera y Francisco Tobías Barradas Piña*
- GESTACIÓN POSVACUNACIÓN CONTRA DIARREA VIRAL BOVINA, RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA Y LEPTOSPIROSIS EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO** 894  
*Jorge Víctor Rosete Fernández, Abraham Fragoso Islas, Guadalupe Asunción Socci Escatell y Ángel Ríos Utrera*
- NEOSPOROSIS Y SU RELACIÓN CON LA GESTACIÓN EN VACAS EN CLIMA TROPICAL HÚMEDO** 904  
*Jorge Víctor Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera, Guadalupe Asunción Socci Escatell, Abraham Fragoso Islas, Juan Prisciliano Zárate Martínez y Lorenzo Granados Zurita*
- CURVA DE CRECIMIENTO DE POLLITAS (*Gallus gallus domesticus*) CRIOLLAS MEXICANAS Y RHODE ISLAND MEDIANTE EL MODELO LOGÍSTICO** 912  
*Abiael Alexis Illescas Cobos, Fernando González Cerón, Diego Zárate Contreras, Arturo Pro Martínez, Juan Manuel Cuca García y Eliseo Sosa Montes*
- DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA GENÉTICA PARA RESISTENCIA A MASTITIS CLÍNICA EN BOVINOS SUIZO EUROPEO** 919  
*Mitzilin Zuleica Trujano Chavez, Reyna Sánchez Ramos, Agustín Ruíz Flores y Paulino Pérez Rodríguez*
- PUBERTAD EN BECERRAS BRAHMAN NACIDAS EN VERANO: RELACIÓN ENTRE MEDIDAS HORMONALES, OVÁRICAS Y CORPORALES** 931  
*Apolinar Nicolás Sandoval Cerón, René Carlos Calderón Robles, Rubén Santos Echeverría, Ángel Ríos Utrera, Gabriel Mendoza Medel, Jadhaf Hernández Morales, María Benedicta Bottini Luzardo, Félix de Jesús Mayrén Mendoza y Gerardo Perera Marín*
- SISTEMA HACCP EN UN HATO DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO** 940  
*Elizabeth León García, Martha Eugenia Valdovinos Terán, Benjamín Alfredo Piña Cárdenas, Mónica Yazmín Herrera Sotero y Julio César Vinay Vadillo*





# ÍNDICE

## FORESTAL

- ESPECIES Y PRODUCCIÓN DE MADERA DE ENCINO EN TLAQUILPA, VERACRUZ** 952  
*Andrés Flores, Jesús Octavio Romero García y Jorge Méndez González*
- SIIMADER: HERRAMIENTA INFORMÁTICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA APLICAR ACLAREOS EN EL MANEJO DE BOSQUES REGULARES** 960  
*Juan Carlos Tamarit Urias, Melchor Rodríguez Acosta e Israel Lerma Serna*
- VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE 10 CLONES DE CEDRO ROJO** 975  
*José Amador Honorato Salazar, Vicente Sánchez Monsalvo y Jesús Santacruz Pérez*
- EFECTO DE LAS QUEMAS PRESCRITAS SOBRE LOS ÍNDICES ECOLÓGICOS EN ECOSISTEMAS FORESTALES DE CHIAPAS, MÉXICO** 984  
*Susana del C. López Cruz, Deb R. Aryal, Carlos A. Velázquez Sanabria, Francisco Guevara Hernández, José A. Venegas Venegas, Mariela B. Reyes Sosa, René Pinto Ruiz, Fernando Casanova Lugo y Alonso López Cruz*
- ENSAMBLE DEL GENOMA DEL CLOROPLASTO DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.) CON DATOS DE RNA-SEQ** 995  
*Bany Montserrat Durán Sánchez, Luis Felipe Guzmán Rodríguez, Marco Aurelio Aragón Magadán y Edith Rojas Anaya*
- ENSAMBLE DE NOVO Y ANOTACIÓN FUNCIONAL DEL TRANSCRIPTOMA DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.)** 1007  
*Marco Aurelio Aragón Magadán, Luis Felipe Guzmán Rodríguez, Edith Rojas Anaya, Moisés Cortes Cruz y Lorena Jacqueline Gómez Godínez*
- CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE AGUACATE NATIVO (*Persea americana* var. *drymifolia*) EN JALACINGO, VERACRUZ** 1016  
*Lilia Ortiz Rodríguez, Juan Carlos Evangelista Martínez, Nora Isela Ruiz Colorado, Jorge Alberto Pineda Posadas y Araceli Marcelo del Carmen*
- GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y DESARROLLO INICIAL DEL ÁRBOL *Andira galeottiana* Standl.** 1026  
*Óscar S. Pérez Heredia, José Rodolfo García Nava, Mario Luna Cavazos y Ma. Carmen Ybarra Moncada*
- CONTENIDO DE LIGNINA EN RESIDUOS FORESTALES DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO** 1036  
*Patricia Aguilar Sánchez, Flora Apolinar Hidalgo y Noel Carrillo Ávila*
- PROTOCOLO PARA EL MANEJO Y PREPARACIÓN DEL FRUTO DE *Bursera linanoe* PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL** 1042  
*Martha Elena Fuentes López, Edna Elena Suárez Patlán y Consuelo Blancas Hernández*
- DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN CAFETALES BAJO SOMBRA DIVERSIFICADA** 1053  
*Rolando M. Tlaxcala Méndez, Selomit J. Díaz Rojas, M. del Carmen Pablo Mendoza, Martín Aquino Ramirez, Olga Santiago Trinidad y Carlos R. Monroy Rivera*
- PROPAGACIÓN DE *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES COMERCIALES** 1065  
*Areli Madai Guzmán Pozos y Efraín Cruz Cruz*
- SELECCIÓN TEMPRANA DE CLONES DE HULE (*Hevea brasiliensis*), EN TEZONAPA, VERACRUZ** 1071  
*Elías Ortiz Cervantes*
- FRECUENCIAS DE PICA Y USO DE ETHEPHON EN HULE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. EN UXPANAPA, VERACRUZ** 1085  
*Elías Ortiz Cervantes*





## ÍNDICE

**LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE RAICES DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.** 1095

*Olga Santiago Trinidad, María del Carmen Pablo Mendoza; Rolando M. Tlaxcala Méndez y Carlos R. Monroy Rivera*

## **ACUÍCOLA Y PESQUERÍA**

**POLÍTICAS PÚBLICAS PARA IMPULSAR LA PRODUCCIÓN DEL LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO** 1110

*Alejandra Ivonne García Sánchez, Alberto Asiain Hoyos y María del Carmen Álvarez Ávila*

**ACUACULTURA ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN MÉXICO** 1121

*Abimael Lagunes Domínguez, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos*

**ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS CON EL BIENESTAR ANIMAL EN LA ACUACULTURA INTERNACIONAL** 1129

*José Axel Solano Aguilera, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos*

**ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA DE LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN VERACRUZ** 1136

*Karla Teresa González Figueroa, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos*

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA DEL FERTILIZANTE ULTRASOL (K<sup>+</sup>) Y SU EFECTO CELULAR Y HUMORAL DEL CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei*** 1144

*Edgar Gabriel Hernández Mendoza, Rafael López Santillan, Luis Manuel Birrueta Flores, Juan Carlos Bautista Covarrubias, José Armando López Sánchez, Juan Pablo González Hermoso y Elifonso Isiordia Pérez*

**TENDENCIAS Y FLUCTUACIONES DE LAS CAPTURAS DE PECES PICUDOS (*Istiophoridae*) EN EL GOLFO DE MÉXICO** 1157

*Osvaldo Gutiérrez Benítez y Gabriela Galindo Cortes*

**ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA PESCA DE CAMARÓN NO REGULADA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO** 1165

*Armando T. Wakida Kusunoki*

## **DESARROLLO RURAL**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE INDICADORES RELEVANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GALLINAS DE TRASPATIO REPORTADOS EN SIETE ESTADOS DE MÉXICO** 1182

*Mara Yolitzin Rodríguez Espinoza y José Nahed Toral*

**DIAGNÓSTICO DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION FAMILIAR PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN AMEALCO, QUERETARO** 1194

*Rocío Díaz Huacuz, Alfredo Tapia Naranjo y Manuel Mora Gutiérrez*

**PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA APÍCOLA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN DOS REGIONES DE OAXACA** 1205

*Blanca Patricia Castellanos Potenciano y Eder Ramos Hernández*

**EJECUCION DE PROYECTOS LOCALES INTERINSTITUCIONALES Y TRANSDICIPLINARIOS, DEL SECTOR AGROPÉCUARIO EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 1215

*Carmen Aridai Hernández Estrada, Ana Lid Del Ángel Pérez, Jeremías Nataren Velazquez, Rogelio Miranda Marini y Marcos Vázquez Hernández*

**SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN LA PRODUCCIÓN DE NARANJA PARA LA SUSTITUCIÓN DE GLIFOSATO EN VERACRUZ** 1230

*Laura Gómez Tovar, Manuel Ángel Gómez Cruz y Alejandro Hernández Carlos*





## ÍNDICE

- LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO Y SU FARO AGROECOLÓGICO EN NARANJA EN EL NORTE DE VERACRUZ** 1241  
*Manuel Ángel Gómez Cruz, Laura Gómez Tovar, Brisa Guadalupe Gómez Ochoa y Alejandro Hernández Carlos*
- EVALUACIÓN DE INSUMOS AGROECOLÓGICOS PARA EVITAR LA ABSCISIÓN DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis* L. Osbeck)** 1255  
*Manuel Ángel Gómez Cruz, Laura Gómez Tovar, Luis Enrique Ortíz Martínez y Alejandro Hernández Carlos*
- DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MAIZ EN LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE JOSE AZUETA, VERACRUZ** 1264  
*Ángel Capetillo Burela, Rigoberto Zetina Lezama, Cristian Matilde Hernández, Marco Antonio Reynolds Chávez, Abiut Espinoza Del Carmen, Martín Cadena Zapata y Juan Antonio Lopez Lopez*
- PRODUCCIÓN ARTESANAL DE CAXTILA A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN ZONGOLICA, VERACRUZ** 1275  
*Julio Díaz José, Marco Antonio Rosas Leyva, Anselmo Osorio Mirón y Gregorio Briones Ruíz*
- ESTRATEGIA DE DESARROLLO RURAL REGIONAL: HARINA DE MALANGA EN LA REGIÓN DE SANTA ROSA, VERACRUZ** 1287  
*Jazmín Villegas Narváez, Jacel Adame García, Félix David Murillo Cuevas y Sara Márquez Bueno*
- ANÁLISIS DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE FLORA NATIVA COMESTIBLE EN LAS MONTAÑAS, VERACRUZ, MÉXICO** 1299  
*Ángel Eduardo Vázquez Martín y Noe Aguilar Rivera*
- MERCADOS AGROALIMENTARIOS SOLIDARIOS PARA UNA SOBERANÍA ALIMENTARIA LOCAL** 1314  
*José Fernando de la cruz García*
- ESTRATEGIAS DE VIDA DE LOS PRODUCTORES DE CAFÉ** 1328  
*Iván Jair González Valencia, Gregorio Briones Ruiz, Alma Berenice Morales Guzmán y Julio Díaz José*
- LIDERAZGO AUTOGESTIVO EN UN PROGRAMA DE TRANSFERENCIAS SOCIALES EN MÉXICO** 1342  
*Ana Lid Del Ángel Pérez, Taniith E. Villagómez Del Ángel, Cruz Alfredo Tapia Naranjo, Alma Velia Ayala Garay y Jeremías Nataren Velázquez*
- EVALUACIÓN TERMO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO SOLAR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS** 1358  
*Juan Quintanar Olguin*
- BOSQUE, PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y CONSERVACIÓN EN HIDALGO, MÉXICO** 1364  
*Ana Lid Del Ángel Pérez, Jeremías Nataren Velázquez y Carmen A. Hernández Estrada*
- RENTABILIDAD DE MAÍZ EN EL FARO AGROECOLÓGICO GRUPO VICENTE GUERRERO, TLAXCALA** 1384  
*Alma Velia Ayala Garay, Rita Elise Dora Schwentesius Schunemann, Tomás Rivas García, Benjamín Hernández Vázquez y Ana Lid Del Ángel Pérez*
- CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN SAN LUIS ATOLOTITLAN CALTEPEC, PUEBLA** 1392  
*Alma Velia Ayala Garay, Ana Lid Del Ángel Pérez y Arely del Rocio Ireta Paredes*





## ÍNDICE

### **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

- ANÁLISIS DEL INGRESO NETO DEL USO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE INIFAP EN PRODUCTORES AGROPECUARIOS** 1407  
*Eileen Salinas Cruz, Alejandra Vélez Izquierdo y Jaime Rangel Quintos*
- COSTO DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPÓSITO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO** 1419  
*René Carlos Calderón Robles, René Calderón Chagoya, Ángel Ríos Utrera, Vicente Eliezer Vega Murillo, Juvencio Lagunes Lagunes y Andres Luna Atanasio*
- PROTOTIPO DE INSPECCIÓN DE PIÑA PARA EXPORTACIÓN BASADO EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y VISIÓN ARTIFICIAL** 1429  
*Sorelly Ramírez Romero, Miguel Emilio Jerónimo, Mauricio Bortolotti Hernández, Ana Lid Del Angel Pérez y Jeremías Nataren Velázquez*
- USO EFICIENTE DEL AGUA A TRAVÉS DEL RIEGO POR GOTEO, CON CINTILLA ENTERRADA EN MAÍZ** 1442  
*Manuel Mora Gutiérrez, Cruz Alfredo Tapia Naranjo y Cesar Ulises Mora Mora*
- MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS FORESTALES** 1449  
*Juan Quintanar Olguin*
- CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE CÁMARAS AUTOMATIZADAS PARA CULTIVOS DE ESPECIES VEGETALES** 1456  
*Julio Alfonso Armenta Barrios, Jocabel Extocapan Molina, Carlos García Sandoval, Maricela Ávila Soto y Edwin Avelino García*
- PRODUCCIÓN DE JITOMATE PARA AUTOCONSUMO A BAJO COSTO FINANCIERO EN UN HUERTO FAMILIAR** 1464  
*Bertha Sofía Larqué Saavedra, Erica Muñoz Reyes, Lucila González Molina, Martha Blanca Irizar Garza y Margarita Días Valasis*
- EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) CON RECUBRIMIENTO A BASE DE CERA DE CANDELILLA** 1477  
*Wendy Marisol Mazón Abarca, Elizabeth León García, José Alberto Ramírez De León, Alberto Sánchez Estrada, Rosalba Troncoso Rojas y Hugo Sergio García Galindo*
- CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTENSIONISMO EN EMPRESAS FORESTALES COMUNITARIAS DEL ESTADO DE OAXACA** 1487  
*Juan Quintanar Olguin*
- MODELO DE SIMULACIÓN EN SOFTWARE SIMIO® PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS LOGÍSTICOS EN UN BENEFICIO DE CAFÉ: ESTUDIO DE CASO** 1493  
*Luis Antonio Calderón Palomares y Oscar Andrés Del Ángel Coronel*
- INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ALCATRAZ [*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng.] VAR. 'DEJA VÚ' EN CALCAHUALCO, VERACRUZ** 1502  
*Diana Trinidad López Páez, Juan Guillermo Cruz Castillo, Joaquín Murguía González, Otto Raúl Leyva Ovalle, Pablo Andrés Meza y María Elena Galindo Tovar*

### **AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO**

- CONSTRUYENDO EL PRESENTE Y FUTURO DEL SECTOR FORESTAL EN LAS ENTIDADES DEL PAÍS** 1517  
*Gaudencio Benítez Molina*





## ÍNDICE

- REDUCCIONES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN GRANO EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO** 1530  
*Fernando Salas Martínez, Ofelia Andrea Valdés Rodríguez, Olivia Palacio Wassenaar, Aldo Márquez Grajales y José Salas Martínez*
- EVALUACION DEL CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE EFLUENTES EVAPORADOS DE LA INDUSTRIA ALCOHOLERA** 1542  
*Elizabeth Sarahi Carbajal Zamorano, Solmaría Mandi Pérez Guzmán, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes, Adolfo Castillo Moran, Eliseo Hernández Martínez, Miriam Pastelín Solano y Eduardo Hernández Aguilar*
- EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN *Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island' BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO NFT (Nutrient Film Technique)** 1553  
*Jovita Quinto Galindo, Erika Peña Morales, Nancy Morales Morales, Ramón Zulueta Rodríguez, Isabel Alemán Chávez y Liliana Lara Capistrán*
- PREVALENCIA DE ENDOPARÁSITOS EN FAUNA SILVESTRE BAJO CUIDADO HUMANO EN EL PARQUE XCARET, QUINTANA ROO** 1563  
*Sofía Anabella Castro Bravo, Fernando Alberto Muñoz Tenería, Milagros González Hernández, Rodolfo Raigoza Figueras e Imelda Martínez Valladares*
- HIDROLOGÍA DINÁMICA Y SU RELACIÓN CON EL MANGLAR ARROYO MORENO, VERACRUZ** 1577  
*Claudio Hoyos Reyes y Luz Amelia Sánchez Landero*
- CO-TRANSESTERIFICACIÓN DE GRASAS RESIDUALES DE ORIGEN ANIMAL PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL** 1595  
*Itzel Vera González, Luis Antonio López Escobar, Nayeli Gutiérrez Casiano, Luis Miguel Reyes Grajales y Eduardo Hernández Aguilar*
- REGLAS DE MEZCLADO PARA PREDECIR LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA EN MEZCLAS DE BIODIESEL DE GRASA RESIDUAL DE POLLO/ DIÉSEL DE PETRÓLEO** 1607  
*Kevin Jesús Vargas Reyes, Nayeli Gutiérrez Casiano, Karla Diaz Castellanos, Elizabeth Eugenia Diaz Castellanos, Luis Alberto Sánchez Bazán y Eduardo Hernández Aguilar*
- MORFOMETRÍA DE SEMILLAS DE *Bauhinia monandra* Kurz COLECTADAS EN TRES ZONAS RUDERALES** 1623  
*Manuel Villarruel Fuentes, César Viveros Colorado, Eber David Azamar Morales y Valentín López Hernández*
- INTEGRACIÓN DE UN CORREDOR BIOLÓGICO A PARTIR DE RODALES AGROFORESTALES: ESTUDIO DE CASO CON VERTEBRADOS** 1640  
*Manuel Villarruel Fuentes, Edgar Noé Zendejas Huerta, César Viveros Colorado y Óscar Cruz Jácome*
- EVALUACIÓN DE MODELO IMASAM EN LA MICROCUENCA DEL RIO AGUACAPA DEL MUNICIPIO DE HUATUSCO, VERACRUZ** 1661  
*María de Jesús Bonilla Vazquez, Salvador Partida Sedas, Adán Cabal Prieto, José de Jesús Gonzalez Reséndiz y Octavio Ruiz Rosado*
- LABRANZA VERTICAL PARA ELIMINAR CAPAS DURAS DEL SUELO EN LA PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR** 1676  
*Marco Antonio Reynolds Chavez, Maurilio Mendoza Mexicano, Martin Cadena Zapata, Ángel Capetillo Burela, Juan Antonio López López y Rigoberto Zetina Lezama*
- APLICACIÓN DE UN PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA AZUCARERA** 1691  
*Luis Alberto Estévez Sánchez, Nayeli Gutierrez Casiano, Karla Diaz Castellanos, Eduardo Hernández Aguilar, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes y José Ángel Cobos Murcia*





## ÍNDICE

- CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AZUCARES FERMENTABLES** 1701  
*Iliana Yazmin Machorro Martínez, Nayeli Gutiérrez Casiano, Tania García Herrera, Adolfo Castillo Morán, Oscar Miguel Maciel Dorantes y Eduardo Hernández Aguilar*
- CAJAS NIDO PARA AVIFAUNA EN HÁBITATS PERTURBADOS POR LA GANADERÍA EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 1710  
*Diana Gissell Juanz Aguirre, Alberto Hernández Lozano y Arturo Gonzales Zamora*
- CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE UN BIOCOMPUESTO DE FIBRA DE BAGAZO DE *Agave angustifolia* Haw Y LÁTEX** 1725  
*Marco Antonio Ramírez Sorroza, Magdalena Caballero Caballero, José Luis Montes Bernabé y María Eugenia Silva Rivera*
- ABSORCIÓN ACÚSTICA DE BIOCOMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA Y FIBRAS DE BAGAZO DE *Agave angustifolia* Haw** 1739  
*Aurelio Martínez Ibarra, Magdalena Caballero Caballero, José Luis Montes Bernabé y María Eugenia Silva Rivera*
- APROXIMACIÓN TEÓRICA PARA ANALIZAR LA VULNERABILIDAD SOCIOECOLÓGICA Y TRANSFORMACIÓN DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS EN PEQUEÑA ESCALA** 1754  
*Liliana Huitrón Gutiérrez, Julieta Gertrudis Estrada Flores, León Gildardo Velázquez Beltrán y Luis Brunett Pérez*
- FACTORES RELACIONADOS CON EL MERCADO INFORMAL DE ORQUÍDEAS EN LA REGIÓN CAFETALERA DE COATEPEC** 1768  
*Rosalío López Morgado y Rafael Alberto Guajardo Panes*
- EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DEL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ** 1782  
*Raúl Alejandro Limón Hernández, Verónica López Hernández, Iriana Hernández Martínez, Fidel Alejandro Aguilar Aguilar, Jesús Emmanuel García Valencia y Myrka Celeste Cano Blanco*
- MANEJO DE AGUA COMO INDICADOR DE CULTURA AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS DE ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ** 1792  
*Loida Melgarejo Galindo, Doreidy Melgarejo Galindo, Rosalía Janeth Castro Lara y Carmen Montserrat Calleja Morales*
- MANEJO AMBIENTAL DE TEQUILA Y MIXTLA DE ALTAMIRANO, VERACRUZ CON TÉCNICAS DIGITALES DSS-RSMOV** 1801  
*Finlandia Barbosa Moreno, Luis Eduardo García Mayoral, Verónica Mariles Flores, Miguel Ángel Cano García y Luis Antonio Gálvez Marroquín*
- INFLUENCIA DE HUMEDALES, RÍOS Y SUELOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO, OAXACA** 1814  
*Rafael Alberto Guajardo Panes, Finlandia Barbosa Moreno, José Antonio Cueto Wong, Gabriel Díaz Padilla e Ignacio Sánchez Cohen*
- COMITÉS DE AGUA LOCALES: IMPORTANCIA Y TRASCENDENCIA EN LA VIDA RURAL DE LAS COMUNIDADES DE HUATUSCO, VERACRUZ; MÉXICO** 1827  
*Juan Pablo Hernández Sánchez, Concepción Chicuéllar Sobal, Salvador Partida Sedas, Adán Cabal Prieto y José de Jesús González Reséndiz*

## BIOTECNOLOGIA

- EXPRESIÓN DE RGL Y PG EN LA MADURACIÓN DEL FRUTO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)** 1841  
*Jazmín Franco Franco, Luis Felipe Guzmán Rodríguez, Moisés A. Cortés Cruz y Marco Antonio Aragón Magadán*







# ÍNDICE

- RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE *Azolla filiculoides* A CONCENTRACIONES CRECIENTES DE NÍQUEL** 1856  
*Lucero Suárez Villegas, Daniel González Mendoza, Alejandro Alarcón, Rosalba Argumedo Delira y Gabriela Sánchez Viveros*
- EXPRESIÓN DE GENES *PME3* Y *EXP4* EN FRUTO MADURO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)** 1867  
*Saúl González De la Torre, Luis Felipe Guzmán Rodríguez, Moisés A. Cortés Cruz, Carlos Iván Cruz Cárdenas y Marco Aurelio Aragón Magadán*
- ENFOQUE INMUNOINFORMÁTICO PARA PREDECIR EPÍTOPOS EN LAS PROTEÍNAS HN Y F DE *Rubulavirus porcino*** 1879  
*Luis I. Siañez Estrada, José F. Rivera Benitez, Nora H. Rosas Murrieta, Julio Reyes Leyva, Gerardo Santos López e Irma Herrera Camacho*
- APLICACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA (*Trichoderma harzianum*) COMERCIAL PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFETO EN CAMPO** 1894  
*María Betsaida Anell Mendoza y Daniel López Lima*
- CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE AJO (*Allium sativum* L.) VARIEDAD TACÁTZCUARO ESPECIAL A MEDIANO PLAZO** 1904  
*Bibiana Tirado Pérez, Gabriela Sandoval Cancino, Víctor Manuel Gómez Rodríguez y Humberto Ramírez Vega*
- ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTO DE HOJAS DE *Psittacanthus calyculatus* CONTRA BACTERIAS ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA** 1915  
*Jesús Emmanuel González García, José Osvaldo Bernal Gallardo, Zaida Ochoa Cruz, Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos, María Valentina Angoa Pérez y Hortencia Gabriela Mena Violante*
- BIOCONTROL CON BACTERIAS Y BACTERÍOFAGOS DE LA MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas vesicatoria*) DE CHILE EN INVERNADERO** 1923  
*Jorge Daniel Payan Almanza, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar, Melchor Arellano Plaza y Gabriel Rincón Enríquez*
- MUPLICACIÓN *IN VITRO* DE CAÑA DE AZÚCAR CON NANOTUBOS DE CARBONO EN INMERSIÓN TEMPORAL** 1934  
*Montserrat Sorcia Morales, María del Rosario Moreno Hernández, Jonathan González Hernández y Jericó Jabín Bello Bello*
- EVALUACIÓN DE REGULADORES DE DESARROLLO PARA LA MULTIPLICACIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)** 1943  
*Sandra Silvana Schettino Salomón, María Cristina Martínez Arroyo, Javier García Ameca y Jericó Jabín Bello Bello*
- PRODUCCIÓN DE LICOPENO EN TOMATE GENÉTICAMENTE MODIFICADO (*Solanum lycopersicum* TA234) DURANTE SU VIDA POSTCOSECHA** 1950  
*Irving Celestino Romero Lascurain, Elizabeth León García, Javier de la Cruz Medina y Hugo Sergio García Galindo*
- INDUCCIÓN DE VARIABILIDAD EN VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) MEDIANTE RADIACIÓN GAMMA ( $^{60}\text{Co}$ ) *IN VITRO*** 1964  
*María Karen Serrano Fuentes, Eucario Mancilla Álvarez, Maritere Marín Anzures, Serafín Cruz Izquierdo y Jericó Jabín Bello Bello*
- EXTRACTOS DE HOJAS DE SALVIA MEXICANA (*Salvia officinalis* L.) Y SUS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y ANTIBACTERIANAS** 1972  
*Lilia Alejandra Condé Hernández, María Lorena Luna Guevara, Juan José Luna Guevara, Jessica Pérez Vázquez, Janeth Gasca Corona y Rubén Jonathan Aranda García*
- IDENTIFICACIÓN DE CORRIDAS DE HOMOCIGOCIDAD EN LA OVEJA PELIBUEY USANDO EL SNP50BEACHIP** 1984  
*Lilia E. Cahulich Tzuc, Roberto Zamora Bustillos, Julio P. Ramon Ugalde, Nubia N. Cob Calan, Víctor M. Meza Villalvazo, José Abad Zabaleña y Wilber Hernández Montiel*





## ÍNDICE

- USO DEL VENENO DE ESCORPIÓN AZUL CUBANO (*Rhopalurus junceus*) COMO TRATAMIENTO ANTITUMORAL EN PERROS** 1990  
*José Andrés Aguilar Gómez, Rebeca Isabel Vergara Reyes, Yroel Luis Betancourt Herrera y Belisario Domínguez Mancera*
- APROVECHAMIENTO DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) MEDIANTE OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS ÁCIDA** 2005  
*Diana Berenice Reyes Jaen, Victoria Magdalena Pulido Juárez, Ana Leticia Platas Pinos y Eugenio Rangel León*
- EFFECTO DE LUCES LED'S EN LA GERMINACIÓN *IN VITRO* DE SEMILLAS *Pinus pseudostrobus* Lindl.** 2012  
*Luis Alberto Marín Martínez y Lourdes Georgina Iglesias Andreu*
- EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ELICITORES EN LA EXPRESIÓN DEL GEN CAT EN LIMÓN PERSA INFECTADO CON HLB** 2023  
*Cynthia Gpe. Rodríguez Quibrera, Carlos Humberto Landa Mota, Felipe Roberto Flores de la Rosa, Ricardo Santillan Mendoza, Santiago Domínguez Monge y Cristian Matilde Hernández*
- BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE CON POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO** 2038  
*Magdalena Jiménez Hernández*
- ACTIVACIÓN DE FENILPROPANOIDES EN RAÍCES DE *Vanilla planifolia* INOCULADA CON *Fusarium oxysporum*** 2046  
*Sacsi Khanat Cervantes Herrera, Juan Luis Monribot Villanueva, José Antonio Guerrero Analco, Lourdes Georgina Iglesias Andreu, Nadia Guadalupe Sánchez Coello y Mauricio Luna Rodríguez*
- PROPAGACIÓN DE ESPORAS NATIVAS DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES PROVENIENTES DE PLANTACIONES DE CAFÉ ORGANICO Y CONVENCIONAL** 2055  
*Selene Razo Arreola, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar, Nancy Garcia Roa, Wilber Belén Aguilar Flores, Elizabeth Mercedes Flores Cruz, Ruiz Nájera Ramiro Eleazar y Gabriel Rincón Enríquez*
- ANÁLISIS DE LAS LIMITACIONES DIFUSIONALES EN LA HIDRÓLISIS DE SACAROSA DE JUGOS DE CAÑA** 2064  
*Oscar Enrique Morales Moguel, Raúl Alejandro Limón Hernández, Fidel Alejandro Aguilar Aguilar, Arsenio Sosa Fomperosa y Verónica López Hernández*

## AGROECOSISTEMAS

- MANEJO DIVERSIFICADO DEL AGROECOSISTEMA "MOYOLA" JALCOMULCO, VERACRUZ** 2078  
*Franklin Arturo Rodríguez Contreras, Marycruz Abato Zárate, Teresa Aguas Rendón y Noel Reyes Pérez*
- RED DE VALOR DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) DE COMERCIO JUSTO: UN ESTUDIO DE CASO EN VERACRUZ** 2092  
*Erika María Gasperín García, Rosa Isela Castillo Zamudio, Diego Esteban Platas Rosado, Pedro Zetina Córdoba y Juan Lorenzo Reta Mendiola*
- Diaphorina citri* Kuwayama Y *Candidatus Liberibacter asiaticus*: UNA COMPLEJA RELACIÓN COEVOLUTIVA** 2106  
*Luis Alfredo Pérez Zárate, Juan A. Villanueva Jiménez, Luis Gabriel Otero Prevost y Mónica C. Vargas Mendoza*





## PRÓLOGO

A lo largo de 36 años, el INIFAP ha tenido como prioridades el aprovechamiento óptimo de los recursos materiales, humanos y financieros, así como la creación de sinergias entre sus investigadores, reconociendo las interacciones y complementariedad para atender a los productores del país.

Nuestro mandato es: a través de la generación de conocimientos y de la innovación tecnológica agropecuaria y forestal, como respuesta a las demandas y necesidades de las cadenas agroindustriales y de los diferentes tipos de productores, contribuir al desarrollo rural sustentable, mejorando la competitividad y manteniendo la base de los recursos naturales, mediante un trabajo participativo y corresponsable con otras instituciones y organizaciones públicas y privadas asociadas al campo mexicano.

El escritor chileno Luis Sepúlveda resaltó “la importancia de conocer el pasado para comprender el presente e imaginar el futuro”, y es precisamente que, la creación de todas las instituciones del sector agropecuario y forestal obedecen a que en su momento, sus fundadores imaginaron la importancia de contar con diversos centros e institutos de investigación y que, precisamente sus investigaciones generadas son para beneficiar a los productores y población en general, no sólo del estado de Veracruz, sino del todo el Sur-Sureste y de todo el territorio mexicano y con ello, lograr la autosuficiencia alimentaria debido al paulatino incremento de la población a nivel mundial y disminuir las importaciones de granos básicos.

En el marco de la glosa al tercer informe de gobierno, ante el pleno de la cámara de diputados, compareció el Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural, puntualizando que, “el crecimiento en el sector durante el primer semestre de 2021 fue de 4.5%, ha mantenido un crecimiento positivo del 2% en 2020 y del 4.5% en el primer semestre de este año. La producción de alimentos en 2020 fue de 290.7 millones de toneladas, 2.7 millones más que el año anterior”. Lo anterior confirma la frase de que “el campo no se detiene”, y esto es gracias a todos los productores que aplican las tecnologías generadas por las diferentes instituciones de investigación y enseñanza; en este sentido yo agregaría que la investigación tampoco se detiene, pues a pesar de la pandemia de covid-19, nuestros compañeros investigadores y personal de apoyo han dado continuidad a sus proyectos de investigación como actividad prioritaria de nuestra institución.

El INIFAP tiene un compromiso ineludible con los productores y por ende con la sociedad; todos los días expresamos ese compromiso con el impulso a la investigación y desarrollo tecnológico agropecuario y forestal, la apropiación de la tecnología y su validación, así como la transferencia de la tecnología a los productores y la inducción de prácticas sostenibles.

En este sentido en el presente libro encontraremos los resultados de las investigaciones más recientes generados por las diversas instituciones que contribuyeron con sus resultados para fortalecer el sector forestal, agropecuario y acuícola generado en el Sur-Sureste de México y que son parte fundamental para el desarrollo del país.

**Dr. Jorge Martínez Herrera**  
**Director Regional**  
**CIR Golfo Centro del INIFAP**



# AGRÍCOLA



Índice  
[Clic aquí](#)



# ESTABLECIMIENTO DE UN HUERTO DE TRASPATIO EN XALAPA, VERACRUZ, COMO ALTERNATIVA URBANA PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Isabel Alemán Chávez<sup>1</sup>, Ariel G. Saldaña Ozuna<sup>1</sup>, Ramón Zulueta Rodríguez<sup>1</sup>, Luis Guillermo Hernández Montiel<sup>2</sup>, Elia Nora Aquino Bolaños<sup>3</sup> y Liliana Lara Capistrán<sup>1\*</sup>

---

## Resumen

Aunque el concepto de identidad alimentaria es muy poco conocido, lo cierto es que la Revolución Verde no solo ha desplazado los saberes ancestrales y modelos tradicionales de apropiación de los recursos naturales heredados de generación en generación, sino que, las directivas impulsadas por este paradigma agroproductivo han degradado el ambiente y alterado la cosmovisión relacionada con el uso múltiple y sostenible de las especies. Y es precisamente en este contexto, donde, los huertos orgánicos de traspatio-urbano ocupan un lugar preponderante como unidades familiares de producción diversificada de alimentos, más saludables e inocuos. El objetivo principal de este trabajo fue establecer un huerto de traspatio-urbano con manejo de abonos orgánicos para la producción de especies hortícolas en un predio ubicado dentro del Seminario Mayor (SM) de Xalapa, Veracruz, México. Las camas de trasplante y de siembra directa de diversas hortalizas en el ciclo otoño-invierno (agosto 2018 - enero 2019) se prepararon en un área de 226 m<sup>2</sup>. Además, para estimular el crecimiento vegetal y contribuir al control de algunas plagas, se utilizaron productos de origen natural tales como composta de bovino, purín de hojas de *Urtica dioica*, lixiviados de lombricomposta y extractos botánicos, incluyéndose algunas plantas aromáticas cuyas propiedades antimicrobianas y/o repelentes de insectos son ampliamente reconocidas. En los cultivos de traspatio se cosecharon 200 frutos de rábano (silicuas), 150 lechugas sangría, 100 lechugas

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México. \*Autor por correspondencia: lilara@uv.mx

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), S.C., Calle Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos (CIDEA-UV), Av. Dr. Luis Castelazo, Industrial Las Animas, C.P. 91190 Xalapa, Veracruz, México.



de bola, 100 lechugas orejonas y 100 lechugas de cabeza, 100 piezas de acelga, 100 frutos de betabel (pixidios), 60 frutos de col (silicuas), 50 frutos de cebollines (cápsulas) y 50 frutos de zanahoria (diaquenios). Tras la donación de la mitad de la producción obtenida en el ciclo de cultivo otoño-invierno (agosto 2018-enero 2019) a la cocina del SM para autoconsumo, la vendimia del material vegetativo restante redituó ganancias cercanas a los \$8,790.00 M.N. (ca. 30-40%). La producción obtenida en este espacio agroproductivo no solo pudiere servir para aprovisionar a tres familias con tres integrantes, sino también obtener ingresos extras que sin duda representan un importante apoyo para la economía de ciertos sectores de la población, ya sea en áreas rurales o urbanas.

**Palabras clave:** *Urtica dioica*, composta, mulching, extractos botánicos, arreglo topológico de componentes

## Introducción

Hoy en día, es innegable constatar que la alimentación ancestral ha mostrado infinidad de cambios coligados no solo a factores sociales, económicos y culturales interconectados con la modernidad e industrialización de comidas y bebidas (FAO, 2019), sino también, a los requerimientos del mercado y aceptabilidad del consumidor al elegir productos agroalimentarios diferenciados, naturales (más saludables e inocuos) empacados o procesados (Balderas, 2013; Gutiérrez-Pérez *et al.*, 2013).

Es por ello que, las tendencias, desafío y destino de los distintos satisfactores manufacturados y no manufacturados, obligan un cambio gradual e inaplazable en las estrategias que se diseñen y posicionen como actividades rentables incluyentes y sostenibles, capaces de producir la biomasa con valor agrícola que satisfaga la creciente demanda de suministros a nivel nacional y colectivamente a nivel regional y global (FAO, 2017; SAGARPA, 2017).

En dicho tenor, y tomando en consideración la problemática multifactorial prevaleciente en torno al sistema alimentario mexicano, la directriz actual se inclina hacia la multifuncionalidad de la agricultura con el fin de revalorizar los patrones de producción y de consumo, capaces de fomentar el uso eficiente de los recursos y al mismo tiempo, disminuir el alto costo



energético, humano y ambiental que de ello pudiere provenir (Palerm, 2013; Pérez *et al.*, 2013; SEMARNAT, 2013).

Así, para romper con los esquemas planteados e impuestos a partir de la Revolución Verde (Huerta y Martínez, 2018), es inaplazable la implementación de novedosas opciones de manejo de componentes, que concienticen a la sociedad sobre la imperiosa necesidad de reducir la inexorable desestructuración de los ecosistemas y la degradación de la naturaleza ocasionada por actividades humanas y esquemas tradicionales de consumo de bienes y servicios (Pérez, 2016; Sánchez y Ramírez, 2016; Quispe *et al.*, 2016; Sánchez, 2018).

Es precisamente en la búsqueda de innovaciones tecnológicas donde el establecimiento adecuado de los huertos familiares se vuelve una alternativa apropiada para que, mediante el arreglo espacial de especies vegetales (comestibles, aromáticas, medicinales, ornamentales, forrajeras, etc.) (Pulido-Salas *et al.*, 2017), funciones (valores de uso) y prácticas agronómicas sencillas (eliminación de competidores y depredadores, fertilización, poda, protección contra heladas, etc.) (Ortiz-Sánchez *et al.*, 2015) se produzcan y consuman productos frescos, saludables y a bajo costo (Colín *et al.*, 2012; Lope-Alzina y Howard, 2012).

En México estos sistemas humano-naturales, alternativos a las áreas con agricultura extensiva, son una estrategia de subsistencia que ha prevalecido generación tras generación, y su relevancia radica en la cantidad de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas, cuya forma tradicional de producirlos, aprovecharlos e intercambiarlos pueden representar un camino, aún no lo suficientemente documentado, para alcanzar la soberanía y seguridad alimentaria en escenarios rurales, urbanos y suburbanos (Cano, 2015; Krishnamurthy *et al.*, 2017; Pulido-Salas *et al.*, 2017).

En el presente estudio se exploró la hipótesis de que la riqueza florística presente en huertos urbanos establecidos en pequeñas áreas del traspatio no solo contribuye a mejorar la dieta y los requerimientos nutricionales de las familias, sino que, al mismo tiempo, fomentan la convivencia e integración social, juegan un valioso papel en la economía e impulsan una cultura real y circunspecta relacionada con la protección ambiental y el desarrollo de proyectos productivos y sostenibles. Por todas estas razones, el objetivo principal de este trabajo fue establecer un huerto de traspatio-urbano con manejo de abonos orgánicos para la producción de especies hortícolas en un predio ubicado en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México.



## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del experimento**

El presente estudio se efectuó entre agosto 2018 y enero 2019, dentro del Seminario Mayor (SM) 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.

### **Elección de especies hortícolas**

Dentro de uno de los invernaderos que se encuentran instalados en el SM se realizó la siembra de lechuga o lechuga de bola (*Lactuca sativa* L.), lechuga orejona o romana (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia), lechuga de cabeza (*Lactuca sativa* var. Crispa), lechuga sangría (*Lactuca sativa* var. Vulcan), betabel (*Beta vulgaris* L.), cebolla de hoja o cebollín (*Allium schoenoprasum* L.), col (*Brassica oleracea* L.), acelga (*Beta vulgaris* L. subsp. Vulgaris) en charolas germinadoras de 200 cavidades que se mantuvieron bajo condiciones de invernadero hasta antes del trasplante (ca. 15-20 días) para asegurar la germinación y el vigor de las plántulas en la primera etapa de su crecimiento y desarrollo (Gelsomina, 2005). Las especies cuya siembra se hizo en forma directa fueron rábanos (*Raphanus raphanistrum* subsp. Sativus [L.] Domin) y zanahorias (*Daucus carota* L.). En las camas donde se sembraron la zanahoria se incorporó una carretilla de arena y otra de composta de bovino, mientras que en la de cebollines se añadió una más de esta última. En las camas restantes, solo se adicionaron dos carretillas de abono animal.

También se acondicionó una cama con plantas aromáticas, cuyas propiedades antimicrobianas y/o repelentes de insectos son ampliamente reconocidas y contribuyen al control de plagas en algunas hortalizas: Hierbabuena (*Mentha spicata* L.) (Kumar *et al.*, 2011); zacate limón (*Cymbopogon citratus* [DC.] Stapf), y citronela (*Cymbopogon nardus* [L.] Rendle) (García, 2014), tomillo (*Thymus vulgaris* L.), mejorana (*Origanum majorana* L.), lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) y menta (*Mentha x piperita* L.). Se consideraron estas especies aromáticas, pues, debido a sus aceites esenciales son cultivadas a escala comercial en nuestro país (SIAP 2012, citado por Juárez-Rosete *et al.*, 2013).





### **Establecimiento del huerto de traspatio**

El huerto de traspatio-urbano se estableció en una superficie de 226 m<sup>2</sup> donde, con la finalidad de mantener un manejo adecuado de las plantas elegidas para obtener hortalizas sanas y de buena calidad sin el uso de agroquímicos, se llevaron a cabo las siguientes actividades: 1) Incorporación de residuos de los cultivos anteriores y de otras especies vegetales, 2) Control de arvenses, 3) Preparación manual del terreno, 4) Trazado de las camas de siembra con hilo o cordel de fibra natural (rafia) y 5) Formación y alineación de las camas de siembra (1.20 m de ancho x 4 m de largo) mediante la técnica de doble excavación.

### **Preparación de las camas para la siembra y trasplante**

Las camas para la siembra y trasplante se acolcharon con hojas de haya (*Platanus mexicana* Moric.) picada y aserrín para mantener la humedad del suelo y controlar a la vegetación arvense. Además, para disminuir la actividad nociva de insectos-plaga e insectos-vectores se armaron trampas de color amarillo y azul impregnadas con una mezcla de aceite vegetal y un coadyuvante (Bio-Stick®) las cuales se colocaron estratégicamente alrededor de las mismas. El Bio-Stick® es un insecticida orgánico a base de aceite de soya (*Glycine max* [L.] Merr.) y de ricino (*Ricinus communis* L.) como sustancias activas (PLM México, 2019).

### **Arreglo espacial de componentes**

El arreglo espacial utilizado para la distribución de las lechugas (de bola, orejona, de cabeza y sangría) en el huerto al momento del trasplante fue en trazado *a tres bolillo*, en polígono regular distanciado 25 cm entre planta y planta, en betabel y cebollines su separación fue de 15 cm, en la acelga de 25 cm y en la col de 30 cm. Finalmente, las semillas de los rábanos (dos por cavidad) se enterraron y separaron cada 5 cm en hilera simple y entre hileras, y las de zanahoria se esparcieron en línea (o a chorrillo) en los surcos hechos en las camas de siembra.

### **Manejo de las plantas en las camas de cultivo**

Dentro de las labores incluidas en el manejo de los cultivos hortícolas citados destacan los deshierbes manuales para aminorar competencia con arvenses, el control fitosanitario de plagas y/o enfermedades, el tutorado de las coles, el aporque de los betabeles, cebollines y zahorias, y el raleo a lechugas orejonas y rábanos.

Por otra parte, se preparó un amasijo y macerado líquido de hojas de ortiga (*Urtica dioica* L.) que se utilizó para prevenir la aparición de enfermedades criptogámicas, bioestimular y repeler algunas plagas en el huerto y, al mismo tiempo, aprovechar sus cualidades como fertilizante



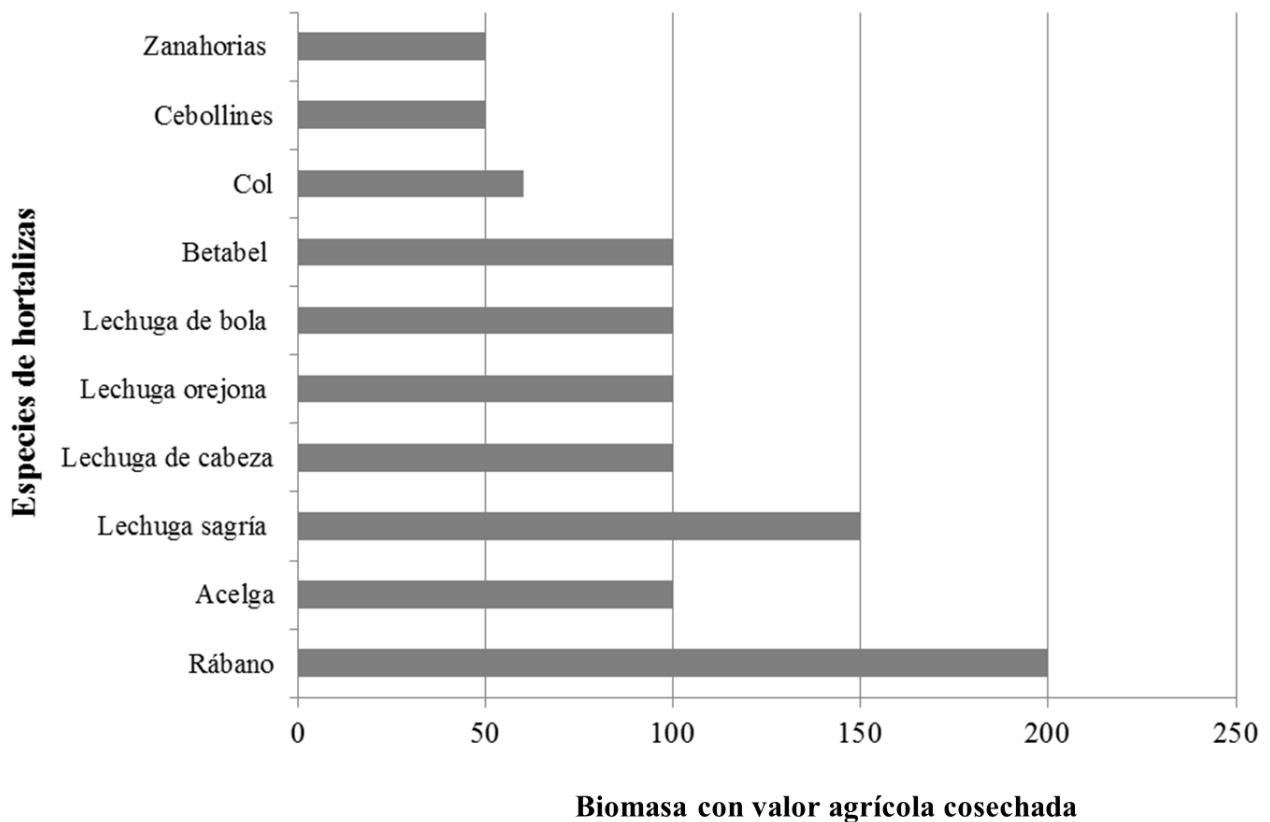
natural y estimulador del crecimiento vegetal cuando se le aplica al suelo o de forma foliar (MundoHuerto, 2019). El extracto o purin fermentado de ortiga fue aplicado con un pulverizador-fumigador de mochila STIHL SG51 en dilución 1:1 (v/v) con H<sub>2</sub>O cada siete días. De igual forma se asperjó lixiviado de lombricomposta (2:1 [v/v], STIHL SG51) por las propiedades de abono orgánico se le adjudican (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010; Olivares-Campos *et al.*, 2012; Gómez *et al.*, 2013). Para repeler el ataque de diversos enemigos del cultivo de col (principalmente larvas y orugas de la mariposa blanca *Pieris brassicae*), se hicieron aplicaciones de extractos botánicos funcionales de chile (*Capsicum annum* L.), ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) mezclados con ralladuras de jabón pulverizados.

### **Análisis de la composta de bovino utilizada como fertilizante orgánico en el huerto**

Las características de la composta de bovino utilizada en este huerto de traspatio-urbano 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).

## **Resultados y Discusión**

De acuerdo con el registro de cosechas realizadas en el huerto orgánico de traspatio establecido en el SM de Xalapa, las hortalizas con la mayor cantidad de producción fueron los rábanos (200 silicuas) y las lechugas sangría (150 piezas), seguido de frutos de betabel, lechugas de bola, orejona y de cabeza (100 piezas); 60 frutos de col (silicuas) y apenas 50 frutos de cebollines (cápsulas) y de zanahorias (diaquenios) (Figura 1), lo cual seguramente se debió a las condiciones ambientales que prevalecieron durante el período agosto 2018-enero 2019, donde, la presencia de nubosidad y muy alta precipitación pluvial es una condición contraproducente para el adecuado crecimiento y desarrollo de algunas especies hortícolas (INIFAP, 2017).



**Figura 1. Valor numérico de la biomasa con valor agrícola cosechada en las distintas especies hortícolas cultivadas en el huerto orgánico de traspatio establecido en el Seminario Mayor de Xalapa.**

En este caso, el referido comportamiento meteorológico resultó ser desfavorable para *L. sativa* (lechuga de bola), ya que, a pesar de que en la literatura se considera que diversas variedades hortícolas de esta Asteraceae son demandantes de cantidades apreciables de agua para fomentar la formación de biomasa con valor agrícola (Jaramillo *et al.*, 2014), en este caso, la humedad relativa prevaeciente favoreció el ataque de *Sclerotinia sclerotiorum* (moho blanco) (Alzate y Loaiza, 2008; Laemmlen, 2009; Lopes *et al.*, 2010) y *Botrytis cinerea* (moho gris) (Lee y Escobar, 2000; Alzate y Loaiza, 2008; Lopes *et al.*, 2010), las cuales son enfermedades fúngicas que ocasionan daños considerables a estas plantas herbáceas.

Una parte de la producción obtenida en el huerto (50%) se entregó a la cocina del SM (Figura 2 y 3) y la otra se vendió entre académicos, estudiantes y personal que labora en la Universidad Veracruzana, toda vez que, su evidente y notoria calidad no solo facilitó su aceptación por parte de estos compradores, sino que, la biomasa hortícola cosechada llegó al público en



general y por ello, al finalizar su vendimia, se obtuvieron ganancias de alrededor de los \$8,790.00 M.N (ca. 30-40 %).



**Figura 2. Cosecha de una de las distintas especies de lechuga cultivadas en el huerto orgánico de traspatio establecido en el Seminario Mayor de Xalapa.**



**Figura 3. Entrega de productos cosechados en el huerto orgánico de traspatio establecido en el Seminario Mayor de Xalapa.**

Por otro lado, se tuvo oportunidad de dar pláticas a integrantes de la Organización Desarrollo Sustentable del Río Sedeño-Lucas Martín (Figura 4a), seminaristas de la arquidiócesis de Xalapa (seminaristas) y estudiantes de la propia Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus Xalapa*, sobre la importancia de establecer y manejar un huerto de traspatio-urbano orgánico y familiar para obtener alimentos saludables y al alcance de cualquier persona.



**Figuras 4. Intercambio de experiencias entre integrantes de la Organización Desarrollo Sustentable del Río Sedeño-Lucas Martín (a) y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus Xalapa* (b), en un taller impartido en el huerto orgánico de traspatio establecido en el Seminario Mayor de Xalapa.**

Asimismo, vale la pena matizar el intercambio de experiencias y trabajo práctico que se aprestó con todos ellos *in situ* en relación a este rubro agroproductivo (Figura 4b), ya que, como Merçon *et al.* (2012) y Rodríguez-Haros *et al.* (2013) lo aseveran, este tipo de huertos también son espacios educativos que sirven para transmitir el conocimiento a diversos niveles formativos. Este tipo de huertos también representa un ahorro para quienes los poseen, pues muchas veces los materiales utilizados son reciclados o proporcionados por el núcleo familiar más cercano a este sistema productivo tradicional, tal y como ocurrió en este caso, donde, el abono de bovinos se consiguió en los establos donde se estabula el ganado bovino en el SM para la producción de leche, y el rastrojo de haya y aserrín utilizado para el arroje (acolchado) de las camas, se obtuvo del bosque remanente y del taller de carpintería que se tiene en el Seminario



Arquidiocesano de Xalapa.

Finalmente, y de acuerdo con el análisis de los datos recopilados y cosecha de especies hortícolas registrada en los 226 m<sup>2</sup> ocupados para el establecimiento de este huerto orgánico, la producción obtenida bien pudiese servir para aprovisionar a tres familias con tres integrantes, así como obtener un ingreso extra que representa un importante apoyo para la economía doméstica.

## **Conclusiones**

En el huerto de traspatio-urbano se cosecharon diversas especies hortícolas sin necesidad de recurrir a la aplicación de agroquímicos, lo cual es un resultado halagador en términos alimentarios y económicos que pueden mejorar la salud y el ingreso familiar, al fomentar por un lado el autoconsumo de productos saludables e inoocuos y, por el otro, la venta de excedentes en los mercados locales y regionales.

## **Agradecimientos**

A las autoridades de nuestra entidad educativa 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**

Alzate, J. F. y L. F. Loaiza. 2008. Monografía del cultivo de la lechuga. Colinagro, Colombia. 37 p.

Balderas M., L. A. 2013. Alimentos procesados. ProMéxico, México. 29 p.



- Cano C., E. J. 2015. Huertos familiares: Un camino hacia la soberanía alimentaria. *Pueblos y Fronteras* 10(20):68-89.
- Colín, H., A. Hernández C. y R. Monroy. 2012. El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, como ejemplo de sostenibilidad. *Etnobiología* 10(2):12-28.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. *The future of food and agriculture; Trends and challenges*. Rome, FAO. 163 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. *El Sistema alimentario en México. Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Ciudad de México, México. 61 p.
- García, R. T. 2014. Obtención de aceite esencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) extraído por arrastre con vapor a escala piloto: Estudio de la influencia de variables en el rendimiento y la calidad del aceite. Tesis de maestría. Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional. Resistencia, Argentina. 52 p.
- Gelsomina M., C. 2005. *Manejo del huerto integrado*. FAO/SAG/AECI/PESA, Honduras. 16 p. (Serie divulgativa).
- Gómez R., S., M. L. Angeles, J. J. A. Méndez R., M. G. Reséndiz C. y R. Sánchez B. 2013. *Guía de buenas prácticas de reciclaje de excretas: Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde*. SAGARPA/INIFAP/CENID, México. 18 p.
- Gutiérrez-Pérez, C., H. Morales y F. Limón-Aguirre. 2013. Valoraciones de calidad en alimentos orgánicos y de origen local entre consumidores de la red Comida Sana y Cercana en Chiapas. *LiminaR Estudios Sociales y Humanísticos* 11(1):104-117.
- Hernández-Rodríguez, O. A., D. L. Ojeda-Barrios, J. C. López D. y A. M. Arras V. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(1):1-6.
- Huerta S., K. K. y A. L. Martínez C. 2018. La revolución verde. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.* 4(8):1040-1052.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. *Agenda técnica agrícola; Estado de México*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México. 423 p.
- Jaramillo N., J., P. A. Aguilar, E. M. Espitia M., P. J. Tamayo M., O. Argüello y M. Guzmán A. 2014. *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. CORPOICA, Colombia. 153 p.



- Juárez-Rosete, C. R., J. A. Aguilar-Castillo, M. E. Juárez-Rosete, R. Bugarín-Montoya, P. Juárez-López y E. Cruz C. 2013. Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias* 2(3):119-129.
- Krishnamurthy, L. R., S. Krishnamurthy, I. Rajagopal y A. Peralta S. 2017. Agricultura familiar para el desarrollo rural incluyente. *Terra Latinoam.* 35(2):135-147.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik and S. Satya. 2011. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Ind. Crop. Prod.* 34(1):802-817.
- Laemmlen, F. 2009. *Sclerotinia* diseases. Symptoms, signs and management. <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/75291.pdf> [consultado el 13 de agosto de 2019].
- Lee, R. y H. Escobar. 2000. Manual de lechuga lisa bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia. 39 p. (Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales).
- Lope-Alzina, D. G. and P. L. Howard. 2012. The structure, composition and functions of homegardens: Focus on the Yucatán Peninsula. *Etnoecológica* 9(1):17-41.
- Lopes, C. A., A. M. Quezado-Duval e A. Reis. 2010. Doenças da alface. Embrapa Hortaliças, Brasil. 68 p.
- Merçon, J., M. A. Escalona A., M. I. Noriega A., I. I. Figueroa N., A. Atenco S. y E. D. González M. 2012. Cultivando la educación agroecológica: El huerto colectivo urbano como espacio educativo. *RMIE* 17(55):1201-1224.
- MundoHuerto. 2019. Purín de ortigas. <http://www.mundohuerto.com/fertilizantes/purin-de-ortiga>. [consultado el 11 de agosto de 2019].
- Olivares-Campos, M. A., A. Hernández-Rodríguez, C. Vences-Contreras, J. L. Jáquez-Balderrama y D. Ojeda-Barrios. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia* 28(1):27-37.
- Ortiz-Sánchez, A., C. Monroy-Ortiz, A. Romero-Manzanares, M. Luna-Cavazos and P. Castillo-España. 2015. Multipurpose functions of home gardens for family subsistence. *Bot. Sci.* 93(4):791-806.
- Palerm, J. 2013. Alimentación contemporánea. Un paradigma en crisis y respuestas alternativas. (Reseña de libro). *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3):265-266.
- Pérez G., R. 2016. Problemática ambiental, crisis social, desarrollo endógeno y transdisciplinariedad, p. 9-26. *In: Pérez G., R., L. V. Ramírez y M. L. Quintero S. (Coords.). Educación ambiental y sociedad; Saberes locales para el desarrollo y la sustentabilidad.* Laberinto Ediciones, México.





- Pérez, M. A., H. Navarro y E. Miranda. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (No. especial sobre plaguicidas):45-64.
- PLM México. 2019. Productos orgánicos. <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/bio-stick-70-111-322-13-9>. [consultado el 10 de agosto de 2019].
- Pulido-Salas, M. T., M. J. Ordóñez D. y H. Cálix de D. 2017. Flora usos y algunas causas de cambio en quince huertos familiares en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México. *Península* 12(1):119-145.
- Quispe L., A., L. M. Pérez H. y E. Tello G. 2016. El huerto escolar agroecológico, un elemento estratégico para la educación ambiental, p. 91-110. *In: Pérez G., R., L. V. Ramírez y M. L. Quintero S. (Coords.). Educación ambiental y sociedad; Saberes locales para el desarrollo y la sustentabilidad.* Laberinto Ediciones, México.
- Rodríguez-Haros, B., E. Tello-García y S. Aguilar-Californias. 2013. Huerto escolar: Estrategia educativa para la vida. *Ra Ximhai* 9(1):25-32.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. SAGARPA, México. 62 p.
- Sánchez L., J. A. 2018. Desarrollo sustentable, una visión rápida. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible* 11(33):1-15.
- Sánchez M., L. A. y V. Ramírez L. 2016. Relación medio ambiente-culturas e interculturalidad: Fundamentos epistémicos de las parcialidades guatemaltecas, p. 27-47. *In: Pérez G., R., L. V. Ramírez y M. L. Quintero S. (Coords.). Educación ambiental y sociedad; Saberes locales para el desarrollo y la sustentabilidad.* Laberinto Ediciones, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT- 2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos; Estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT, México (Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre de 2002).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Estrategia nacional de producción y consumo sustentable. SEMARNAT, México. 59 p.



# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN CULTIVO DE CEMPASÚCHIL EN ZAUTLA, PUEBLA

*Alfredo Lino Brito<sup>1</sup>, Maribel Apolinar Aguilar<sup>2</sup>, Meregildo Hernández Álvarez<sup>1</sup> y Lucia Torres Rueda<sup>1</sup>*

---

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue establecer un criterio de fertilización en cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) en el municipio de Zautla, que permita un crecimiento, desarrollo y rendimiento adecuado del cultivo y una mayor calidad de semilla. Para lo anterior, se estableció un experimento en la localidad de San Miguel Tenextatiloyan, municipio de Zautla, Puebla, ubicada entre los paralelos 19° 39' 00" y 19° 48' 18", de latitud norte y los meridianos 97° 34' 18" y 97° 46' 24" de longitud oeste, a una altitud 2420 m. El material vegetativo que se utilizó fueron plantas de cempasúchil germinadas con semilla cosechada de años anteriores en la misma localidad de estudio. La unidad experimental consistió en 8 m<sup>2</sup> (0.40 m X 20 m), con una separación entre surcos de 0.80 m y entre plantas de 0.30 m, para obtener una densidad de 66 plantas por replica. El trasplante se realizó cuando la planta tenía una altura promedio de entre 25 y 30 cm, utilizando la fórmula de fertilizante químico mineral base 20-40-20 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), respectivamente, la cual se contrastó con otras cuatro fórmulas fertilizadoras, además de aplicarle un portador de materia orgánica en dosis de 3 kg/m<sup>2</sup>; de igual manera se agregaron dos tratamientos más, un control sin fertilización alguna (testigo de producción) y otro con sólo fertilización orgánica a igual dosis que las utilizadas en los otros tratamientos órgano-minerales. El mayor crecimiento, desarrollo y producción de flor y semilla de cempasúchil, se obtuvo con la fórmula 40-60-40 kg/ha de N-P-K; cuando se combinó con el portador de materia orgánica, éste mejoró los resultados de la fertilización química en todos los casos, excepto con la dosis mayor (60-80-60 kg/ha de N-P-K). Los resultados ponen de manifiesto, que el balance nutrimental, es tanto para portadores químico minerales, como para los abonos orgánicos, y que el exceso en ambos casos, ocasiona

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL). [alfrelino\\_09@hotmail.com](mailto:alfrelino_09@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 168 Extensión Hueyapan.



desequilibrios nutricionales en el suelo, así como afectaciones en el crecimiento y producción de este cultivo.

**Palabras clave:** *Tagetes erecta* L., nutrición mineral y orgánica, rendimiento, calidad de semilla

## Introducción

A nivel mundial, los principales productores de cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) son: China, India, México y Perú. En el continente americano existen 55 especies de este género, de las cuales, 35 se localizan en nuestro país (Unión Puebla, 2014). A México se le considera como centro de origen de esta especie, en donde se han identificado una gran cantidad de especies silvestres (Gómez y Zavaleta, 2001).

Por su parte, el estado de Puebla produce ocho de cada 10 flores de cempasúchil, que se usan en los altares dedicados a los muertos, en las festividades del día 2 de noviembre; de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) citado por Mena (2018) en 2017, el volumen de flor fue de 17.070 t, el cual fue 50.1% más que en 2018. Además, el cempasúchil es una especie que se utiliza en la industria, para la elaboración de colorante, harinas y dulces; también se utiliza como alimento para aves, pues su consumo aumenta el color de la yema de huevo.

En la agricultura este cultivo es apreciado por su capacidad de repeler plagas (insectos, hongos y nematodos, entre otros) (Rodríguez *et al.*, 2016). Sin embargo, existe poca información sobre estudios de fertilización de este cultivo, lo cual puede deberse a la rusticidad del mismo, aunque algunos autores como Coelho *et al.* (2011) reportaron menores deficiencias de nitrógeno y fósforo en la producción de inflorescencia y color. Es de destacar que en la localidad de San Miguel Tenextatiloyan, municipio de Zautla, Puebla, el cultivo de la flor de cempasúchil no se fertiliza y los productores obtienen la semilla de sus propios cultivos, lo que pudiera estar afectando el rendimiento de la flor y la continuidad de la especie. Bajo el contexto anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización química mineral, con y sin aplicación de materia orgánica al suelo.



## Materiales y Métodos

Durante el periodo de julio a diciembre de 2018, se estableció y condujo un experimental en la localidad de San Miguel Tenextatiloyan, perteneciente al municipio de Zautla, en el estado de Puebla, la cual se ubica entre los paralelos 19° 39' 00" y 19° 48' 18", de latitud norte y los meridianos 97° 34'18" y 97°46'24" de longitud oeste, a una altitud 2420 m (PIGMEUM, 2009). El material vegetativo que se utilizó fueron plantas de cempasúchil (*Tagetes erecta* L), germinadas con semilla cosechada de años anteriores en la misma localidad de estudio. La unidad experimental consistió en 8 m<sup>2</sup> (0.40 m x 20 m), con una separación entre surcos de 0.80 m y entre plantas de 0.30 m, lo que da una densidad por replica de 66 plantas por replica. El trasplante se realizó cuando la planta tenía una altura promedio de entre 25 y 30 cm; la fórmula base de fertilización química fue la 20-40-20 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), respectivamente (Castro, 1994), así como un abono orgánico de estiércol de bovino seco y descompuesto, a una dosis de 3 kg/m, al momento del trasplante. Se evaluaron 10 tratamientos en diseño bloque al azar con cuatro repeticiones, los cuales se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Tratamientos de fertilización aplicados al cultivo de cempasúchil.**

No.	Tratamiento
1	Testigo absoluto (sin fertilización)
2	3 kg/m <sup>2</sup> de materia orgánica
3	20-40-20 de N-P-K (FMB) sin materia orgánica
4	20-40-20 de N-P-K (FMB) con materia orgánica
5	40-60-40 N-P-K (FM1) sin materia orgánica
6	40-60-40 N-P-K (FM1) con materia orgánica
7	60-80-60 N-P-K (FM2) sin materia orgánica
8	60-80-60 N-P-K (FM2) con materia orgánica
9	10-30-10 N-P-K (FM3) sin materia orgánica
10	10-30-10 N-P-K (FM3) con materia orgánica

FMB: fórmula base. FM: fertilización mineral.

Para determinar el crecimiento y desarrollo de la planta se midieron las siguientes variables: largo de la planta (cm), a los 23, 30, 37 y 44 días después del trasplante (ddt). Igualmente se



midió la biomasa seca del cultivo al inicio de aparición de botón, plena floración y momento de cosecha mediante peso seco (g) de raíz, tallo, flor y total de planta; para ello, se extrajeron cinco plantas por replica de manera aleatoria en cada momento fenológico, para el secado en estufa a 75°C durante 72 horas.

Por su parte, el rendimiento de la flor de cempasúchil se estimó a los 70 ddt, momento en que se cosechó la misma, mediante las variables: diámetro polar (cm) y ecuatorial (cm) de la flor, tanto en flor grande, mediana y chica, a criterio del productor; para lo anterior, se seleccionaron 10 plantas por replica, a las cuales se les midió la flor grande, mediana y chica, así como la longitud del tallo floral (cm) de cada planta seleccionada. A los 60 días después de la cosecha, una vez que la flor se secó en la planta, se cortó la flor de 10 plantas por réplica y se pusieron a secar, durante 20 días, para luego medir el peso promedio (g) de las semillas de cada réplica. Los datos de las variables cuantificadas se analizaron en diseño experimental bloques al azar ( $p \leq 0.05$ ), con el paquete SAS system for Windows 9, versión en español.

## **Resultado y Discusión**

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de altura de la planta de cempasúchil desde los 23 hasta los 44 días después del trasplante, momento en que apareció el botón floral, es decir, el inicio de la floración.

Los mayores valores de altura de planta al momento de iniciada la floración se obtuvieron con la fórmula 20-40-20 kg/ha de N-P-K + MO, la cual fue reportada por Castro (1994), aunque no difirió estadísticamente cuando no se combinó con el portador de materia orgánica aplicado al suelo, sin embargo, se obtuvieron valores ligeramente superiores, lo que denota la necesidad de utilizar materia orgánica en el cultivo de cempasúchil, para las condiciones de este estudio, ya que en todos los casos que se aplicó la misma, ya fuese sola o en combinación con las fórmulas de fertilización, se mejoró el crecimiento. Por su parte, con el tratamiento sin fertilización alguna (testigo tradicional del productor en la región de estudio), se obtuvieron los valores más bajos de altura de planta.



**Cuadro 2. Efecto de tratamientos de fertilización en la altura de planta (cm) del cempasúchil desde el trasplante, hasta inicio de floración.**

No.	Tratamiento	Días después del trasplante			
		23	30	37	44
1	Testigo absoluto(sin fertilización)	23.00 <sup>e</sup>	25.33 <sup>f</sup>	30.00 <sup>e</sup>	36.87 <sup>f</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	23.83 <sup>e</sup>	26.08 <sup>f</sup>	29.41 <sup>e</sup>	40,77 <sup>e</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	34.44 <sup>bc</sup>	47.80 <sup>a</sup>	50.33 <sup>a</sup>	66.00 <sup>a</sup>
4	FM(B) + MO	37.91 <sup>a</sup>	50.00 <sup>a</sup>	51.18 <sup>a</sup>	66.57 <sup>a</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	34.58 <sup>bc</sup>	43.50 <sup>c</sup>	44.16 <sup>bc</sup>	54.60 <sup>b</sup>
6	FM(1) + MO	36.66 <sup>ab</sup>	47.00 <sup>ab</sup>	46.83 <sup>b</sup>	55.20 <sup>b</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	28.83 <sup>d</sup>	39.62 <sup>d</sup>	39.75 <sup>d</sup>	42.87 <sup>e</sup>
8	FM(2) + MO	32.83 <sup>c</sup>	44.2 <sup>bc</sup>	43.66 <sup>bc</sup>	53.75 <sup>b</sup>
9	FM(3)10-30-10 kg/ha de N-P-K	32.44 <sup>c</sup>	38.85 <sup>d</sup>	41.22 <sup>cd</sup>	46.16 <sup>d</sup>
10	FM(3) + MO	32.63 <sup>c</sup>	35.00 <sup>e</sup>	43.28 <sup>c</sup>	49.16 <sup>c</sup>
	DMS	2.628 <sup>*</sup>	3.485 <sup>*</sup>	3.463 <sup>*</sup>	1.574 <sup>*</sup>
	CV (%)	4.83	5.12	4.81	1.796

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* =  $P \leq 0.05$ . DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

En los Cuadros 3, 4 y 5 se muestra el desarrollo del cultivo mediante la acumulación de biomasa, al inicio de floración o aparición de botón, plena floración y momento de cosecha, de los siguientes órganos: raíz, tallo, flor y total de planta, según fuese el caso.

Al comienzo de la fase reproductiva del cultivo, el tratamiento 4, que combina la formula base con el portador de materia orgánica presentó diferencias significativa ( $P \leq 0.05$ ), para el peso seco de la parte aérea, donde se encuentra el órgano de interés agrícola (flor) y el total de plantas, en tanto que, el mayor desarrollo de raíz, expresado a través de su biomasa seca, se obtuvo con el tratamiento 5, representado por la fórmula 40-60-40, además de la variante 3, la cual es la fertilización base, en ambos casos, sin aplicación de materia orgánica. Además, puede observarse que el efecto de la materia orgánica al combinarse con la fertilización química mineral en el desarrollo de la raíz, es retardado cuando se compara con la fertilización mineral sola, en casi todos los tratamientos, con excepción de la fertilización química mineral mayor.



**Cuadro 3. Efecto de tratamientos de fertilización en la biomasa seca (g) de raíz, parte aérea y total de planta, al momento aparición de botón floral del cultivo de cempasúchil.**

No.	Tratamiento	Raíz	Parte aérea	Total de planta
1	Testigo absoluto	0.83 <sup>f</sup>	1.58 <sup>g</sup>	2.41 <sup>h</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	3.06 <sup>c</sup>	9.98 <sup>d</sup>	13.04 <sup>d</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	5.85 <sup>a</sup>	12.13 <sup>c</sup>	17.98 <sup>b</sup>
4	FM(B) + MO	4.18 <sup>b</sup>	15.94 <sup>a</sup>	20.12 <sup>a</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	5.31 <sup>a</sup>	11.01 <sup>cd</sup>	16.32 <sup>c</sup>
6	FM(1) + MO	4.84 <sup>b</sup>	13.99 <sup>b</sup>	18.83 <sup>b</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	1.13 <sup>ef</sup>	3.92 <sup>f</sup>	5.05 <sup>g</sup>
8	FM(2) + MO	1.86 <sup>d</sup>	5.90 <sup>e</sup>	7.76 <sup>ef</sup>
9	FM(3) 10-30-10 kg/ha de N-P-K	1.79 <sup>d</sup>	5.20 <sup>e</sup>	6.99 <sup>e</sup>
10	FM(3) + MO	1.40 <sup>de</sup>	6.55 <sup>ef</sup>	7.95 <sup>f</sup>
DMS		0.556 <sup>*</sup>	0.872 <sup>*</sup>	1.518
CV (%)		10.84	10.81	7.62

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* =  $P \leq 0.05$ . DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

Los efectos de los portadores orgánicos pueden ser rápidos, cuando se emplea humus de lombriz; al respecto, Montaña *et al.* (2009) exponen que el humus de lombriz tiene efecto inmediato sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Sin embargo, cuando el portador es estiércol seco y descompuesto, sus beneficios son retardados, tal como lo manifiesta Lino *et al.* (2018) al evaluar la fertilización órgano-mineral en plantas de rábano. Por otra parte, cuando se combinó la fertilización mineral más alta (60-80-60 de N-P-K), con el portador orgánico, tratamiento 8, los valores de las variables evaluadas no presentaron los mejores resultados, lo que evidencia, que la mayor aplicación de nutrición no genera siempre un incremento en el crecimiento de los cultivos (Lino *et al.*, 2018). De igual manera, la información del mismo cuadro muestra que la planta se prepara mejor para la producción de flor cuando se fertiliza, ya que, con el tratamiento testigo se obtuvieron los valores más bajos en las variables evaluadas.

El desarrollo del cultivo expresado a través de la acumulación de biomasa seca en plena floración, evidencia que todas las fórmulas de fertilización cuando se combinaron con la aplicación edáfica del portador de materia orgánica, se obtuvieron mejores resultados, con excepción de FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K (Cuadro 4), lo que pudo deberse a un exceso de



nutrimentos en esta etapa del desarrollo del cultivo. Al respecto Arozarena *et al.* (1985); Alfonso y Monedero (2004) y Lino *et al.* (2018) exponen que el balance de la nutrición es tanto para portadores químico minerales, como para los abonos orgánicos; el exceso en ambos casos, ocasiona desequilibrios nutricionales en el suelo, así como afectaciones en el crecimiento y producción de los cultivos.

**Cuadro 4. Efecto de tratamientos de fertilización en la biomasa seca (g) de raíz, parte aérea y flor, al momento de plena floración del cultivo de cempasúchil.**

No.	Tratamiento	Raíz	Parte aérea	Flor
1	Testigo absoluto	0.97 <sup>h</sup>	3.07 <sup>g</sup>	2.27 <sup>e</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	1.34 <sup>fg</sup>	4.54 <sup>f</sup>	2.38 <sup>e</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	3.95 <sup>c</sup>	19.74 <sup>b</sup>	13.44 <sup>a</sup>
4	FM(B) + MO	5.43 <sup>a</sup>	23.01 <sup>a</sup>	13.86 <sup>a</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	3.33 <sup>d</sup>	16.50 <sup>c</sup>	12.80 <sup>a</sup>
6	FM(1) + MO	4.14 <sup>b</sup>	19.50 <sup>b</sup>	13.84 <sup>a</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	2.30 <sup>e</sup>	11.52 <sup>d</sup>	7.60 <sup>b</sup>
8	FM(2) + MO	1.24 <sup>g</sup>	6.52 <sup>e</sup>	5.86 <sup>c</sup>
9	FM(3) 10-30-10 kg/ha de N-P-K	1.48 <sup>f</sup>	4.86 <sup>f</sup>	3.92 <sup>d</sup>
10	FM(3) + MO	1.54 <sup>h</sup>	5.29 <sup>f</sup>	4.12 <sup>d</sup>
DMS		0.163 <sup>*</sup>	6.033 <sup>*</sup>	1.30 <sup>*</sup>
CV (%)		3.796	1.777	9.43

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* = P ≤ 0.05. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

En el Cuadro 5 se observa que el mayor peso seco de raíz, parte aérea y flor, al momento del corte de la flor, se obtuvo con la fórmula de fertilización 40-60-40 kg/ha de N-P-K, cuando se combinó con el portador orgánico (tratamiento 6), lo que demuestra que para la localidad de estudio, este tratamiento sería el indicado para fertilizar el cultivo.

Al respecto, Peil y Gálvez (2005) y Casierra *et al.* (2007), mencionan que el rendimiento de un cultivo está determinado por la capacidad de acumular materia seca en los órganos destinados a la cosecha, en este caso, la flor. La materia orgánica también es importante en la nutrición del cempasúchil, la cual combinada con la fertilización química, su obtuvo un efecto benéfico mayor. Estos resultados demuestran las bondades del abono orgánico aplicado al suelo y su combinación con la fertilización química mineral, lo que pone de manifiesto que la fertilización química puede complementarse con alternativas orgánicas y obtener mejores resultados que





con la fertilización química tradicional. Tejada *et al.* (2005) y Ramírez (2016), reportan que con la fertilización orgánica y mineral puede incrementarse la fertilidad del suelo, así como la capacidad de retención de humedad y la actividad microbiológica del mismo, además de que contribuye a reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación.

**Cuadro 5. Efecto de tratamientos de fertilización en la biomasa seca (g) de raíz, parte aérea y flor, al momento de la cosecha de la flor, en el cultivo de cempasúchil.**

No.	Tratamiento	Raíz	Parte aérea	Flor
1	Testigo absoluto	0.84 <sup>h</sup>	4.36 <sup>f</sup>	2.39 <sup>f</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	2.05 <sup>f</sup>	5.41 <sup>f</sup>	5.82 <sup>e</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	2.45 <sup>e</sup>	11.10 <sup>de</sup>	9.73 <sup>d</sup>
4	FM(B) + MO	2.97 <sup>bc</sup>	15.64 <sup>c</sup>	13.25 <sup>c</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	3.23 <sup>b</sup>	20.66 <sup>b</sup>	14.87 <sup>c</sup>
6	FM(1) + MO	3.86 <sup>a</sup>	29.00 <sup>a</sup>	20.61 <sup>a</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	1.96 <sup>f</sup>	12.42 <sup>d</sup>	13.22 <sup>c</sup>
8	FM(2) + MO	2.85 <sup>cd</sup>	16.60 <sup>c</sup>	17.32 <sup>b</sup>
9	FM(3) 10-30-10 kg/ha de N-P-K	1.56 <sup>g</sup>	9.14 <sup>e</sup>	6.44 <sup>e</sup>
10	FM(3) + MO	2.24 <sup>de</sup>	13.16 <sup>d</sup>	10.02 <sup>d</sup>
	DSMn	0.33 <sup>*</sup>	2.38 <sup>*</sup>	1.21
	CV %	7.92	10.14	11.48

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* = P ≤ 0.05. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del tamaño grande, mediano y pequeño de la flor de cempasúchil, expresado a través del diámetro ecuatorial y polar de las mismas. La fertilización, que permitió un mayor tamaño de flor, fue la Con el tratamiento 6 (40-60-40 kg/ha de N-P-K + MO), se obtuvo un mayor tamaño de flor, en los tres tipos de flor. Ahmad *et al.* (2011) al evaluar nueve fórmulas de fertilización, reportaron una mayor producción de flor de cempasúchil, con la 150-200-100 kg/ha de N-P-K, siendo el nivel más alto en que se encontró la mayor respuesta. Lo anterior, indica que el cempasúchil responde a grandes cantidades de fertilización, lo cual puede deberse a las características del suelo del sitio experimental, y a que en este caso, se combinaron las fórmulas de fertilización química con un portador de materia orgánica.

Otro aspecto que se evidenció es la mejora en el tamaño de la flor, cuando los tratamientos que incluyeron fertilización química se combinaron con un portador de materia orgánica, lo que



coincide con lo reportado por Ferreyros (1983), quien documentó que el cempasúchil responde satisfactoriamente a los suelos con altos contenidos de materia orgánica. De igual manera, se confirma la importancia de realizar la práctica de fertilización en este cultivo, ya que los productores de la localidad en estudio no la realizan.

**Cuadro 6. Efecto de tratamientos de fertilización en el tamaño de la flor de cempasúchil (grande, mediano y chico), variables evaluadas diámetro polar y ecuatorial (cm), al momento de cosecha.**

Tratamiento	Flor grande		Flor mediana		Flor chica	
	Ecuatorial	Polar	Ecuatorial	Polar	Ecuatorial	Polar
1	12.00 <sup>h</sup>	6.00 <sup>g</sup>	9.00 <sup>h</sup>	4.66 <sup>g</sup>	7.00 <sup>g</sup>	3.66 <sup>e</sup>
2	17.33 <sup>fg</sup>	9.33 <sup>e</sup>	10.66 <sup>h</sup>	5.33 <sup>fg</sup>	9.66 <sup>f</sup>	4.66 <sup>de</sup>
3	24.33 <sup>e</sup>	12.00 <sup>d</sup>	17.00 <sup>de</sup>	8.33 <sup>d</sup>	13.33 <sup>de</sup>	6.66 <sup>c</sup>
4	37.60 <sup>b</sup>	18.66 <sup>ab</sup>	24.00 <sup>c</sup>	11.66 <sup>bc</sup>	15.00 <sup>cd</sup>	7.66 <sup>bc</sup>
5	37.00 <sup>b</sup>	17.66 <sup>b</sup>	29.33 <sup>b</sup>	14.33 <sup>a</sup>	20.00 <sup>b</sup>	10.00 <sup>a</sup>
6	42.33 <sup>a</sup>	19.66 <sup>a</sup>	33.33 <sup>a</sup>	15.66 <sup>a</sup>	23.00 <sup>a</sup>	11.00 <sup>a</sup>
7	27.66 <sup>d</sup>	13.66 <sup>cd</sup>	20.00 <sup>d</sup>	10.33 <sup>c</sup>	17.00 <sup>c</sup>	8.33 <sup>b</sup>
8	31.66 <sup>c</sup>	15.33 <sup>c</sup>	26.00 <sup>c</sup>	12.33 <sup>b</sup>	20.66 <sup>b</sup>	10.00 <sup>a</sup>
9	15.00 <sup>gh</sup>	7.33 <sup>fg</sup>	12.66 <sup>fg</sup>	6.33 <sup>ef</sup>	9.33 <sup>f</sup>	4.66 <sup>de</sup>
10	18.66 <sup>f</sup>	8.66 <sup>ef</sup>	15.66 <sup>ef</sup>	7.66 <sup>de</sup>	12.00 <sup>e</sup>	5.00 <sup>d</sup>
DMS	3.23 <sup>*</sup>	1.93 <sup>*</sup>	1.74 <sup>*</sup>	1.65 <sup>*</sup>	1.21 <sup>*</sup>	0.68 <sup>*</sup>
CV (%)	7.16	8.78	3.18	9.99	8.76	10.15

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* =  $P \leq 0.05$ . DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

Los mejores resultados de longitud del tallo floral se obtuvieron con el tratamiento 7, en los tres tipos de flor (grande, mediana y pequeña), comportamiento similar a los obtenidos en las variables peso seco de raíz, parte aérea y flor, así como de diámetro ecuatorial y polar de la flor, en todos los casos, al momento de la cosecha. A su vez, con la aplicación de materia orgánica también se favoreció el largo del tallo floral. Coelho *et al.* (2011) señalaron que cuando este cultivo no se fertilizó con nitrógeno, se obtuvo una baja producción de inflorescencias, mientras que, sin aplicación de fósforo, las inflorescencias presentaron un color menos intenso, en comparación con la fertilización completa; por su parte, la ausencia de potasio, provocó que las plantas no presentaran inflorescencias bien conformadas, observándose en muchos casos,



la formación solo del tallo o pedúnculo floral. Lo anterior, pone de manifiesto la necesidad de realizar una fertilización balanceada en el cultivo de cempasúchil.

**Cuadro 7. Efecto de tratamientos de fertilización en la longitud (cm) del tallo floral, para los tipos de flor: grande, mediana y pequeña, al momento de la cosecha del cultivo de cempasúchil.**

No.	Tratamiento	Grande	Mediana	Pequeña
1	Testigo absoluto	29.33 <sup>h</sup>	29.33 <sup>g</sup>	29.33 <sup>g</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	37.80 <sup>f</sup>	33.00 <sup>f</sup>	30.00 <sup>fg</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	42.00 <sup>e</sup>	40.00 <sup>d</sup>	35.00 <sup>e</sup>
4	FM(B) + MO	50.00 <sup>c</sup>	45.00 <sup>c</sup>	43.00 <sup>c</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	60.00 <sup>b</sup>	55.00 <sup>b</sup>	53.00 <sup>b</sup>
6	FM(1) + MO	65.00 <sup>a</sup>	60.00 <sup>a</sup>	55.00 <sup>a</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	42.00 <sup>e</sup>	45.00 <sup>c</sup>	43.00 <sup>7</sup>
8	FM(2) + MO	47.00 <sup>d</sup>	40.00 <sup>d</sup>	40.00 <sup>d</sup>
9	FM(3)10-30-10 kg/ha de N-P-K	31.66 <sup>g</sup>	32.33 <sup>f</sup>	30.00 <sup>fg</sup>
10	FM(3) + MO	37.00 <sup>f</sup>	35.00 <sup>e</sup>	31.66 <sup>f</sup>
DMS		1.99	1.73	1.88
CV (%)		2.63	2.45	2.81

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* =  $P \leq 0.05$ . DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

En el Cuadro 8 se observa que el mayor peso promedio de semillas de 10 flores por plantas también se obtuvo con el tratamiento 6. En la agricultura actual, la calidad de semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva (Pérez *et al.*, 2006). La calidad de la semilla es un estándar de excelencia o atributo, que puede determinar el funcionamiento de ésta al momento de la siembra o almacenamiento. Los componentes de calidad de la semilla pueden clasificarse en categorías, donde se menciona la descripción, higiene, peso y potencial de funcionamiento; en este último, se toma en cuenta el vigor y la germinación (Hampton, 2002).



**Cuadro 8. Efecto de tratamientos de fertilización en el peso promedio de semillas de 10 flores por plantas (g) a los 60 días después de la cosecha.**

No.	Tratamiento	Peso (g)
1	Testigo absoluto	1.82 g <sup>e</sup>
2	Materia orgánica (MO), 3 kg/m <sup>2</sup>	4.98g <sup>c</sup>
3	FM(B): 20-40-20 kg/ha de N-P-K	4.89g <sup>c</sup>
4	FM(B) + MO	4.97g <sup>c</sup>
5	FM(1): 40-60-40 kg/ha de N-P-K	6.15g <sup>b</sup>
6	FM(1) + MO	8.15g <sup>a</sup>
7	FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K	3.10g <sup>d</sup>
8	FM(2) + MO	5.35g <sup>c</sup>
9	FM(3)10-30-10 kg/ha de N-P-K	2.99g <sup>d</sup>
10	FM(3) + MO	3.22g <sup>d</sup>
	DMS	0.34
	CV (%)	8.12

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales. \* =  $P \leq 0.05$ . DMS = Diferencia Mínima Significativa. CV = Coeficiente de variación.

Las semillas de calidad son el combustible del desarrollo agrícola. No es posible obtener alto rendimiento de una variedad mejorada, si se utiliza semilla de baja calidad de esa variedad, ya que esta característica es determinante para obtener una adecuada densidad de plantas en el campo y por unidad de superficie (FAO y África Seeds, 2019).

## Conclusiones

1. Con la combinación de fertilización química 40-60-40 kg/ha de N-P-K y materia orgánica se obtuvo el mejor crecimiento y desarrollo del cempasúchil, expresado a través de la altura y los pesos secos de raíz, parte aérea y flor, al momento del corte. 2. Con ese mismo tratamiento de fertilización, también se obtuvo el mayor tamaño de flor, en todas las categorías (grande, mediana y chica), de longitud de tallo floral en las mismas calidades, así como el mayor peso promedio de semilla. 3. Con el tratamiento FM(2) 60-80-60 kg/ha de N-P-K y materia orgánica no se obtuvieron resultados satisfactorios, lo que indica que el balance nutrimental, debe ser tanto para portadores químicos, como para los abonos



orgánicos, ya que el exceso en ambos casos, puede ocasionar desequilibrios nutricionales en el suelo y afectar el crecimiento y producción del cempasúchil.

## Literatura Citada

- Ahmad, I., M. Asif, A. Amjad and S. Ahmad. 2011. Fertilization enhances growth, yield, and xanthophyll contents of marigold. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35(6):641-648. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/119569> [consultado el 15 de enero de 2020].
- Alfonso, C. A. y M. Monedero M. 2004. Uso, manejo y conservación de los suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. 68 p.
- Arozarena, N. J., O. Muñiz y C. A. Alfonso. 1985. Efecto de niveles de cachaza en el contenido asimilable de zinc, cobre y manganeso y sus interacciones con el fósforo asimilable en un suelo ferralítico rojo compactado. *Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica)* 8(2):7-14.
- Casierra, F., M. Constanza y J. Cárdenas. 2007. Análisis de crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersion esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2):299-305.
- Castro, R. A. E. 1994. Origen, naturaleza y usos del cempoalxóchitl. *Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo* 20:178-189.
- Coelho, L., L. Kawamoto, C. Rodas, G. Souza, P. Pinh y J. Carvalho. 2011. Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimentos e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Departamento de Ciências do Solo. <http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/viewFile/989/737> [consultado el 15 de enero de 2019].
- FAO (Organización para las Naciones Unidas y la Alimentación) y África Seeds. 2019. Materiales para capacitación en semillas. Módulo 3: control de calidad y certificación de semillas. FAO. Roma. 111 p.
- Ferreyros, C. P. 1983. Cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.). Compañía de Alimentos Deshidratados S. A. (ALIDESSA). Perú.
- Gómez, O. y E. Zavaleta. 2001. La Asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en Particular con *Tagetes* spp. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19(1):94-99.
- Hampton, J. G. 2002. What is seed quality? *Seed Sci. Technol.* 30(1):1-10.



- Lino, A., M. Apolinar, A. Murrieta y R. Sánchez. 2018. Respuesta del rábano a dos fuentes de materia orgánica en combinación con tres niveles de fertilización mineral. p. 33-36. *In: Agricultura Protegida y Horticultura. VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Texcoco, Edo. de Méx., México.*
- Mena, M. 2018. Puebla, primer productor de flor de cempasúchil. El Sol de Puebla. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/puebla-primer-productor-de-flor-de-cempasuchil-2184493.html> [consultado el 10 de diciembre de 2019].
- Montaño, M. N., J. A. Simosa y A. J. Perdomo. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. *Revista UDO Agrícola* 9(4):807-815.
- Peil, R. y J. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 11:05-11.
- Pérez, M. C., A. Hernández L., F. V. González C., G. García de los S., A. Carballo C., T. R. Vásquez R. y M. A. Tovar G. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agric. Téc. Méx.* 32(3):341-352.
- PIGMEUM (Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos). 2009. Zautla, Puebla. Clave geoestadística 21212. 2009.
- Ramírez, F. L. 2016. Efecto de la fertilización orgánica y mineral en el cultivo de la Moringa (*Moringa oleifera* Lam). Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 28 p.
- Rodríguez, R. J. F., E. Cerna, Ch., Y. M. Ochoa F. y O. Hernández B. 2016. Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en sorgo en Guanajuato. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 3(7):18-24.
- Tejada, M., C. Benítez and J. L. González. 2005. Effects of the application of two organomineral fertilizers on the losses by leaching of nutrients and the wheat crop. *Agronomy Journal* 97(3):960-967.
- Unión Puebla. 2014. <http://www.unionpuebla.mx/articulo/2014/10/29/economia/puebla-lider-enproduccion-de-cempasuchil> [consultado el 20 de febrero de 2020].
- Zepeda, G. C. y L. White O. 2008. Herbolaria y pintura mural: plantas medicinales en los murales del convento del Divino Salvador de Malinalco, Estado de México. *Polibotánica* 25:173-199.



## EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE HABA EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

*Lucía Torres Rueda<sup>1\*</sup>, Guadalupe Mora Báez<sup>1</sup>, Anahí Hernández García<sup>1</sup>, Diana Galindo Marín<sup>1</sup>, Emanuel Hernández Hernández<sup>1</sup> y Luis Vivas Hernández<sup>1</sup>*

---

### Resumen

El haba es un cultivo tradicional del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla. A través del tiempo el modo de producción ha tenido muy pocas modificaciones, debido al escaso manejo agronómico y a la presencia de enfermedades; por ello se ha visto sustituido por otros cultivos. De acuerdo al tamaño de la semilla y al porte de la planta, las variedades locales se dividen en Cochinera y Tarragona. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar estas dos variedades de semilla bajo diferentes densidades de siembra, comparando su rendimiento en vaina verde, así como la respuesta de variables morfofisiológicas a dichas densidades. Las variedades de haba evaluadas fueron semillas criollas del municipio de Hueyapan, Puebla (variedad Cochinera) y semillas criollas de la localidad de Almoloni, Tlatlauquitepec, Puebla (variedad Tarragona). Se establecieron en una parcela experimental ubicada en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, bajo condiciones de temporal en el periodo de octubre de 2020 a marzo de 2021. Los tratamientos evaluados fueron tres densidades de siembra a 30, 40 y 50 cm de distancia entre plantas. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y la unidad experimental constó de cinco plantas con seis repeticiones por tratamiento. Las variables altura de la planta (cm), peso fresco y seco de la parte vegetativa (g), se evaluaron en dos etapas fenológicas: la etapa vegetativa y la etapa de floración, mientras que el peso de vainas por planta y peso de granos por planta (g) se evaluaron durante la fase de producción en vaina verde. La variedad Tarragona presentó mayor altura de planta, peso fresco y peso seco a la densidad de 30 cm entre plantas, mientras que para las variables de rendimiento no existieron diferencias estadísticas significativas entre densidades; sin embargo, los valores más altos fueron obtenidos con la distancia de 40 cm

---

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec. [lucy0988@hotmail.com](mailto:lucy0988@hotmail.com)



entre plantas. Para la variedad Cochinera no existieron diferencias estadísticas significativas para las variables evaluadas; sin embargo, el distanciamiento a 50 cm entre plantas presentó pesos de vaina y semilla visiblemente mayores.

**Palabras clave:** densidad de siembra, Cochinera, Tarragona

## Introducción

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) representa un aporte considerable para la economía y nutrición de la población. En México es de suma importancia en el Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Michoacán y Guanajuato, así como en zonas altas de los estados de Veracruz y Chiapas (Jordan *et al.*, 2019).

Con el cultivo de esta leguminosa se cubre la demanda nacional, y la producción de bienes para los sectores de menos recursos económicos, convirtiéndose así en una alternativa de producción de alimento fresco o seco. En el estado de Puebla se siembra una superficie de 1,920.00 ha con una producción de 2,733.69 t (SIAP, 2019).

En la región de Tlatlauquitepec, Puebla, el cultivo de haba es una gran alternativa para la agricultura local; sin embargo, debido al escaso manejo agronómico, éste ha sido relegado a ser un cultivo secundario. La descripción de los tipos de cultivares de haba se basa en el tamaño de la semilla; sin embargo, en esta región es común el uso de semilla grande llamada Tarragona, mientras que, en otros municipios aledaños como Hueyapan, se utiliza semilla de menor tamaño, denominada comúnmente Cochinera.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar estas dos variedades de semilla bajo diferentes densidades de siembra para conocer su rendimiento en vaina verde, así como la respuesta de variables morfofisiológicas a dichas densidades y con esto determinar la mejor densidad de siembra para cada variedad.





## Materiales y Métodos

El experimento se realizó en las parcelas experimentales del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxiahuatl, ubicado en las coordenadas 19°48' 30.64" LN y 97°31' 42.6" LO a una altitud de 2,173 m. La localidad tiene clima templado húmedo.

El experimento se sembró el 21 de octubre de 2020 en una parcela de 10 m largo por 8 m de ancho, bajo un diseño de bloques completamente al azar, con seis tratamientos (Cuadro 1) y cuatro repeticiones.

**Cuadro 1. Descripción de tratamientos.**

No.	Variedad	Distancia entre plantas (cm)
1	Tarragona	30
2	Tarragona	40
3	Tarragona	50
4	Cochinera	30
5	Cochinera	40
6	Cochinera	50

La unidad experimental constó de cinco plantas, siendo el testigo la densidad de siembra a 40 cm entre plantas para ambas variedades. Se sembraron dos semillas por golpe, con una distancia entre surcos de 0.8 m.

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (cm), peso fresco de la parte vegetativa (g) y peso seco de la parte vegetativa (g) por planta; estas variables se tomaron a los 30 días después de siembra (dds) en etapa vegetativa y a los 110 dds en etapa de floración. Las variables de rendimiento en verde fueron: peso de vainas verdes por planta (g) y peso de granos por planta (g). Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 1999).



## Resultados y Discusión

Para la variable altura de la planta, a los 30 dds se observó que la variedad Tarragona mostró diferencias estadísticas significativas a 30 y 50 cm entre plantas, mientras que para la variedad Cochinera no se observan diferencias estadísticas significativas entre densidades de siembra. Para los 110 dds, la variedad Tarragona a 30 cm entre plantas, conservó los mayores valores, comparados con los tratamientos de la variedad Cochinera (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Altura de plantas (cm) a diferentes densidades de siembra a los 30 y 110 días después de la siembra (dds).**

Tratamiento	30 dds	110 dds
1. Tarragona a 30 cm	21.60 a	77.33 a
2. Tarragona a 40 cm	19.07 ab	62.83 abc
3. Tarragona a 50 cm	20.97 a	66.50 ab
4. Cochinera a 30 cm	14.45 c	47.33 c
5. Cochinera a 40 cm	14.97 bc	51.33 bc
6. Cochinera a 50 cm	15.17 bc	56.00 bc

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

La diferencia de alturas entre tratamientos pudo deberse a la fisiología de las plantas, ya que las variedades tienen características muy puntuales entre éstas. De acuerdo a sus resultados de investigación, Quispe (2014) indica que el tamaño de la semilla y la distancia de siembra son factores independientes para el desarrollo de la altura de las plantas. Por otra parte, en investigaciones previas, Dizes y Bonifacio (1992) y Ichuta (2009) indicaron que la altura es muy variable, encontrando plantas altas y enanas. Debido a que el desarrollo de este experimento se dio en condiciones de temporal, la disminución de agua al cultivo puede haber reducido la altura de las plantas.

Mamani (2007) citada por Quispe (2014) menciona que los factores climáticos, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la genética de las variedades influyen en la altura de las plantas.

En cuanto al peso fresco de la parte vegetativa, se observó que las plantas de la variedad Tarragona a 30 cm de distancia de siembra, tuvieron mayor peso fresco del área vegetativa para ambas biometrías en comparación con los tratamientos de la variedad Cochinera (Cuadro 3).



**Cuadro 3. Peso fresco y seco (g) de la parte vegetativa de plantas de haba a los 30 y 110 días después de la siembra (dds).**

Tratamiento	30 dds		110 dds	
1. Tarragona a 30 cm	11.50 a	1.21 a	198.33 a	27.40 a
2. Tarragona a 40 cm	10.22 ab	1.03 ab	61.17 ab	13.30 ab
3. Tarragona a 50 cm	11.47 a	1.10 ab	82.17 ab	17.03 ab
4. Cochinera a 30 cm	5.50 b	0.57 b	40.33 b	9.10 b
5. Cochinera a 40 cm	5.47 b	0.61 b	59.83 ab	10.93 ab
6. Cochinera a 50 cm	6.10 b	0.61 b	70.50 ab	11.06 ab

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

A los 110 dds, el peso seco de la parte vegetativa de la variedad Tarragona a 30 cm entre plantas fue mayor con respecto a los tratamientos de la variedad Cochinera, siendo el tratamiento con separación de plantas a 30 cm, el que presentó los valores más bajos a los 30 dds (Cuadro 3).

Las investigaciones de Tetio-Kagho y Gardner, (1988), Bakry *et al.* (2011) y Benavides (2016) indican que, al aumentar la densidad de plantas, existe un aumento en la materia seca por unidad de superficie, ya que se desarrolla el área foliar; por otra parte, la materia seca por planta se disminuye, pero se compensa con la existencia de un mayor número de plantas por área cultivada.

También se observó el aumento en la altura de las plantas en el tratamiento correspondiente a la variedad Tarragona a 30 cm y en el de la variedad Cochinera a 50 cm, en los cuales, la altura de plantas pudo afectar el peso, ya que una de ellas contaba con un mayor número de tallos, pero una menor altura, o viceversa, una mayor altura pero con un menor número de tallos. Lo anterior concuerda con Tetio-Kagho y Gardner (1988) y Bakry *et al.* (2011), quienes indicaron que a una mayor densidad disminuye el crecimiento de ramas y vainas teniendo una mejor distribución de nutrientes.

No se presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso de vainas verdes por planta; sin embargo, en el peso de granos por planta, la variedad Cochinera a 50 cm de distancia entre plantas presentó valores superiores a los de la variedad Tarragona a 30 cm entre plantas (Cuadro 4). En ese sentido, Loomis y Connor (2002), López *et al.* (2005) y Aruta (2011) mencionan que el rendimiento puede sufrir variaciones, siendo la radiación el factor de mayor importancia, además de verse afectado por la morfología y arquitectura de las plantas.



**Cuadro 4. Peso de vainas verdes y grano por planta (g) a los 156 días después de la siembra.**

Tratamiento	Vainas verdes	Granos por planta
1. Tarragona a 30 cm	100.45 a	38.56 a
2. Tarragona a 40 cm	247.35 a	117.78 a
3. Tarragona a 50 cm	158.14 a	57.29 a
4. Cochinera a 30 cm	144. 14 a	73.78 a
5. Cochinera a 40 cm	159.21 a	87.51 a
6. Cochinera a 50 cm	244.62 a	125.51 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad de siembra en las variedades Tarragona y Cochinera mostró efectos significativos para las variables de crecimiento vegetativo. Específicamente la variedad Tarragona a 30 cm de distancia entre plantas tuvo mayores valores en las variables: altura de planta (cm), peso fresco y seco de la planta vegetativa (g). Sin embargo, para las variables productivas, el peso de grano por planta no fue significativamente diferente entre densidades y variedades; sólo la variedad Cochinera a 50 cm entre plantas presentó valores superiores a los de la variedad Tarragona a 30 cm.

### Literatura Citada

- Aruta, J. M. O. 2011. Evaluación agronómica de la densidad de siembra en habas de crecimiento determinado (*Vicia faba* L. var. Major), en Valdivia, Región de Los Ríos. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 78 p.
- Bakry, B. A., T. A. Elewa, M. F. El-Karamany, M. S. Zeidan and M. M. Tawfik. 2011. Effect of row spacing on yield and its components of some faba bean varieties under newly reclaimed sand soil condition. World J. Agri. Sci. 7(1):68-72.
- Benavides, S. S. I. 2016. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento y los componentes de rendimiento en haba hortícola. Memoria de título. Universidad de Chile Santiago de Chile. 33 p.



- Dizes, J. y A. Bonifacio. 1992. Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) en relación con la resistencia a la sequía. p. 69-74. In: Actas del VII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia.
- Jordan, A. B., R. Díaz R., I. Ocampo F., C. Jacinto H., J. A. S. Escalante E. y E. Pérez R. 2019. Características relacionadas con el consumo de haba consideradas por las amas de casa de la región productora de Puebla y Tlaxcala, México. Estudios Sociales 29(54):1-23.
- Ichuta, I. 2009. Medidas de adaptación al cambio climático con diferentes métodos de riego, épocas de siembra en ecotipos de haba (*Vicia faba* L.) en la localidad de Ancoraimes de la Provincia Omasuyos La Paz (No. CIDAB-T-SB351. L5-I3m). Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 98 p.
- Loomis, R. y D. Connor. 2002. Ecología de cultivos: Productividad y manejo en sistemas agrarios. Mundi-Prensa. Madrid, España. 593 p.
- López, B. F. J., L. López B. and R. J. López B. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Eur. J. Agron. 23(4):359-378.
- Quispe, L. M. 2014. El rendimiento en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) bajo tres condiciones de siembra y dos calibres de semilla en la comunidad Yaricoa-provincia Camacho. Tesis de doctorado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Estadística de producción agrícola, año 2019. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. Agron. J. 80(6):930-935.



# MÉTODOS DE INJERTACIÓN DE MACADAMIA, EN HUATUSCO, VERACRUZ

Eduardo García Jiménez<sup>1</sup>, Gustavo Mercado Mancera<sup>2</sup>, Ana Karen Granados Mayorga<sup>2</sup> y  
Víctor Manuel Cisneros Solano<sup>3\*</sup>

---

## Resumen

La macadamia se considera como un cultivo no tradicional o exótico con buen valor comercial; por sus requerimientos ecológicos puede adaptarse muy bien en las zonas cafetaleras; sin embargo, presenta problemas en la propagación asexual para producción de plantas en vivero, por lo que este trabajo tuvo como objetivo evaluar dicho procedimiento a través de injertos de púa y yema en el cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), en condiciones de clima semicálido, en Huatusco, Veracruz. Se usaron plantas de seis meses de edad de la variedad A-527, sometiéndolas a cuatro tratamientos (injerto de púa sin cubierta de botella de plástico, injerto de púa con cubierta de botella de plástico, injerto de yema sin cubierta de botella de plástico, injerto de yema con cubierta de botella de plástico). Las variables evaluadas fueron el porcentaje de prendimiento y sobrevivencia del injerto, bajo un modelo completamente al azar. Existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El mayor porcentaje de sobrevivencia y prendimiento de los injertos en macadamia fue el injerto de púa y yema con el cubrimiento con botella de plástico; a su vez, en el injerto sin botella se presentó la mayor mortalidad de los injertos. El injerto de yema presentó 30% más de prendimiento con respecto al injerto de púa. Se concluye que las condiciones de temperatura y humedad en que se desarrollan las plantas injertadas, influyen de manera importante en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** propagación asexual, injerto de púa, injerto de yema

---

<sup>1</sup> Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Licenciatura Ingeniería Agrícola.

<sup>2</sup> Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Agrícolas.

<sup>3</sup> Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. vcisneross@gmail.com



## Introducción

La producción de frutales perennifolios conlleva el manejo de la propagación como medio para obtener mejores individuos, que se adapten a las condiciones edafoclimáticas del lugar donde se proyecta producir los cultivos.

El cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) está considerado como un cultivo no tradicional o exótico con alto valor comercial, por la diversidad de usos y la apreciación monetaria en el mercado de la nuez. En la actualidad se presenta como una alternativa para la diversificación de la producción agrícola, ya que por sus requerimientos ecológicos puede adaptarse muy bien en las zonas cafetaleras (Díaz, 2015).

Sin embargo, se han observado problemas en la propagación sexual con fines de producción de plantas en vivero. Por esta razón se ha buscado en la propagación asexual el medio para conseguir mayor homogeneidad en la plantación y disminuir el periodo de juvenilidad de los árboles (Chum, 2011).

El injerto es una técnica de multiplicación vegetativa que consiste en realizar la unión de determinadas partes de plantas de diferente variedad, de manera que sigan creciendo como un único individuo (Casas y Centeno, 2017). Mediante el injerto y a lo largo del tiempo se pueden fijar algunas características varietales que no se quieren perder, lo que podría ocurrir al realizarse la reproducción sexual por semillas. Además, se practican injertos para adelantar fructificación, cultivar en terrenos desfavorables (mediante patrones resistentes), reducir el tamaño de algunos árboles, multiplicar variedades estériles, domesticar y mejorar especies silvestres (López *et al.*, 2014), y aún, para evitar algunas plagas del suelo como nematodos a través del uso de patrones tolerantes a ellos.

Asimismo, el injerto es una práctica necesaria en la macadamia, ya que con esto se homogeniza la calidad del fruto y se induce a la precocidad, pues si se utiliza planta obtenida de semilla, se tiene el inconveniente de alargar el inicio de la producción hasta los ocho años y con una calidad impredecible de frutos (Escamilla *et al.*, 2013).

El procedimiento para seleccionar la vareta de acuerdo a la variedad deseada, inicia con un anillamiento a la rama, eliminando la corteza de 1 cm de ancho, de preferencia cuando no sea época de crecimiento vegetativo y unas seis a ocho semanas antes de cortar la vareta, con el propósito de que ésta acumule nutrimentos. Una vez cortada se procede a hacer la injertación



(Sol, 2011). Los tipos de injerto más comunes son el tipo incrustación o púa terminal y el injerto juvenil de púa terminal (Escamilla, 2013).

La injertación se realiza cuando el tallo del patrón tiene una altura de 40 cm o alcanza un diámetro de 1 cm, aproximadamente. Las varetas seleccionadas para la injertación deben proceder de árboles sanos, vigorosos y fuertes, alcanzar un diámetro similar al del patrón y una longitud de 10 cm o tener de dos a tres nudos (Díaz, 2006).

En un experimento, Nicolás *et al.* (1998), realizaron 200 injertos de enchapado lateral en plántulas de macadamia de nueve meses de edad, provenientes de semilla del híbrido L21, con varetas de los híbridos L46 y L80. Las plantas injertadas se introdujeron en una cámara con nebulización intermitente. La variable evaluada fue el porcentaje de prendimiento. Concluyeron que el porcentaje de prendimiento de injertos sobre portainjertos provenientes de semilla de la selección de macadamia L21, fue diferencial con respecto al genotipo, con mayores valores para la selección L46 con un 65% de éxito en comparación con varetas de la selección L80 con un 35% de injertos prendidos.

Por su parte, Chum (2011) determinó la efectividad del injerto a diferente altura del portainjerto para valorar el prendimiento y brotación en nuez de macadamia en fase de vivero, en plantas con alturas 20, 25, 30, 35 y 40 cm de la variedad Keaau Haes 660; para ello realizó el injerto de púa terminal, utilizando varetas de la variedad Ikaika 333. Con base en los resultados obtenidos, concluyó que realizar el injerto de púa terminal en porta injertos de 35 cm de altura fue estadísticamente el mejor tratamiento, el cual alcanzó un 93.25% de prendimiento.

Díaz (2015) evaluó el prendimiento de injertos realizados en patrones de tres edades: cuatro meses, ocho meses y 12 meses. Las plantas de macadamia que usó como portainjerto fueron de la variedad Kau344, y como injerto la variedad Ikaika 333. El tipo de injerto experimentado fue el de púa terminal. Para evaluar el prendimiento de injertos se efectuaron dos lecturas, la primera a los 20 días y la segunda a los 45 día después de injertadas. Concluyó que el patrón de cuatro meses fue el más rentable, aunque los otros patrones de ocho y 12 meses, que también presentaron un buen promedio de brotes, estuvieron por debajo en la comparación de costos.

En el estado de Veracruz se presentan condiciones favorables para la producción del cultivo de macadamia, principalmente en la franja cafetalera donde se ubica el municipio de Huatusco. En la búsqueda de mejorar la producción de plantas en vivero, se planteó el objetivo de evaluar





la propagación asexual a través de los injertos de púa y yema en el cultivo de macadamia, en condiciones de clima semicálido, en Huatusco, Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

Esta investigación se realizó en el año 2019, en la comunidad de Auyantla, municipio de Huatusco, Veracruz. Huatusco se encuentra entre el Eje Neovolcánico y la Llanura Costera del Golfo Sur, en plena zona central del estado. Se ubica a 19°09'49.47" de latitud norte y 96°56'33.89" de longitud oeste, a una altitud promedio de 1,250 m (CEIEG, 2019). Esta zona cuenta con temperatura media anual de 18.8°C, con precipitación pluvial media anual de 1,825.5 mm y un clima semicálido húmedo con lluvias todo el año (INEGI, 2009).

El Centro Regional Universitario Oriente (CRUO), de la Universidad Autónoma Chapingo proporcionó plantas de macadamia de la variedad A-527 de aproximadamente seis meses de edad. Las varetas para injertar se colectaron de árboles vigorosos, sanos y productivos, de la zona de Auyantla. Los tratamientos evaluados fueron:

- Tratamiento 1: Injerto de púa, sin cubierta con botella de plástico.
- Tratamiento 2: Injerto de púa, con cubierta con botella de plástico.
- Tratamiento 3: Injerto de yema, sin cubierta con botella de plástico.
- Tratamiento 4: Injerto de yema, con cubierta con botella de plástico.

Se practicaron los injertos en 15 plantas en bolsas de plástico por tratamiento, en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones en condiciones de vivero y malla sombra al 50% de sombreo. En total fueron 60 plantas. Las botellas de plástico sirvieron para cubrir el injerto de cada planta después de su realización.

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de prendimiento y la sobrevivencia del injerto. El experimento se realizó originalmente el 12 de julio de 2019 pero debió repetirse el 26 de agosto del mismo año. Asimismo, se llevó el registro de la temperatura y humedad ambiental durante el tiempo que duraron las observaciones. Se realizó el análisis de varianza y prueba de medias por el método de Tukey a una  $p=0.05$ , con el uso del programa Statgraphics.



## Resultados y Discusión

El experimento que inició el 12 de julio de 2019 debió repetirse, debido a condiciones extraordinarias de alta temperatura y humedad ambiental, que no favorecieron el prendimiento de los injertos. La segunda fecha fue el 26 de agosto y a partir de ésta se obtuvieron los resultados que se expresan en este reporte, aunque se referencian a los resultados de la primera fecha.

En el Cuadro 1 se presentan los valores medios de los resultados obtenidos en los injertos de macadamia practicados en dos fechas, así como, la significancia estadística obtenida entre los tratamientos.

**Cuadro 1. Valores medios y significancia de prendimiento, sobrevivencia y muerte de injertos de macadamia, realizados en dos fechas.**

Fecha	Tratamiento	Prendimiento	Sobrevivencia	Muertos
12-jul-19	Injerto de púa sin botella	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	Injerto de púa con botella	1.0 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>
	Injerto de yema, sin botella	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	Injerto de yema, con botella	0.7 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>
26-ago-19	Injerto de púa sin botella	0.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>
	Injerto de púa con botella	2.3 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>
	Injerto de yema, sin botella	0.0 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>
	Injerto de yema, con botella	3.3 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.7 <sup>b</sup>

Nota: Letras iguales presentan igualdad estadística al  $p=0.05$ .

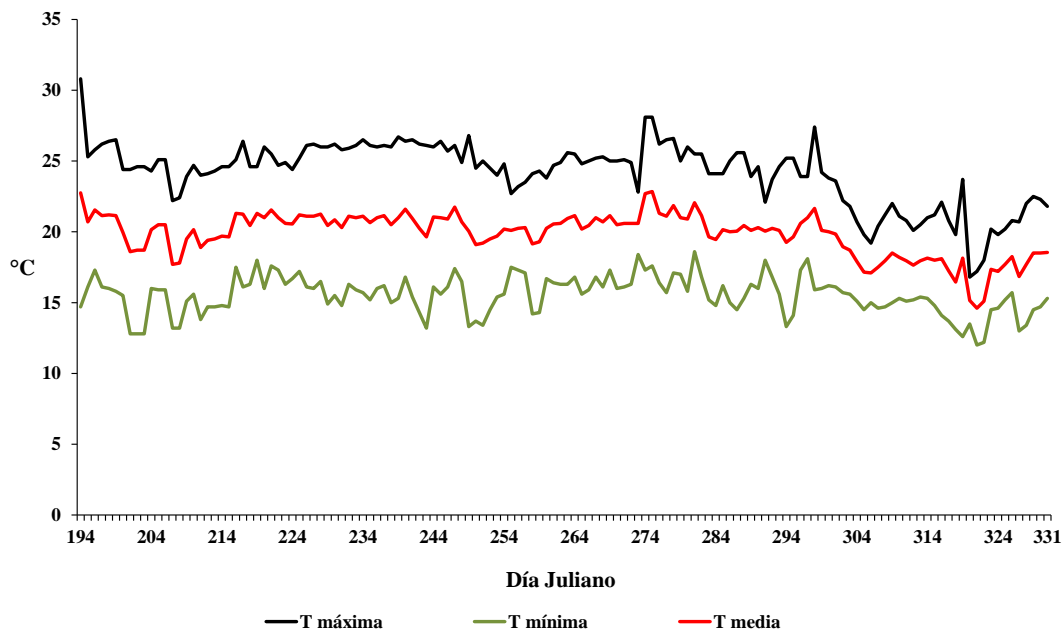
En la segunda fecha se obtuvieron mejores resultados puesto que la temperatura disminuyó y la humedad se incrementó en el área de estudio, en comparación con el período inicialmente considerado. Con base en los resultados del Cuadro 1, el mayor porcentaje de sobrevivencia y prendimiento fue en el injerto de púa y yema con el cubrimiento con botella de plástico. En el injerto sin botella se presentó la mayor mortalidad de los injertos, y esto puede deberse a la deshidratación debido a las fuertes variaciones de temperatura y humedad ambiental. Asimismo, el injerto de yema presentó 30% más de prendimiento con respecto al injerto de púa.



En las Figuras 1 y 2 se presentan las condiciones ambientales registradas durante el desarrollo de esta investigación, respecto al calendario juliano.

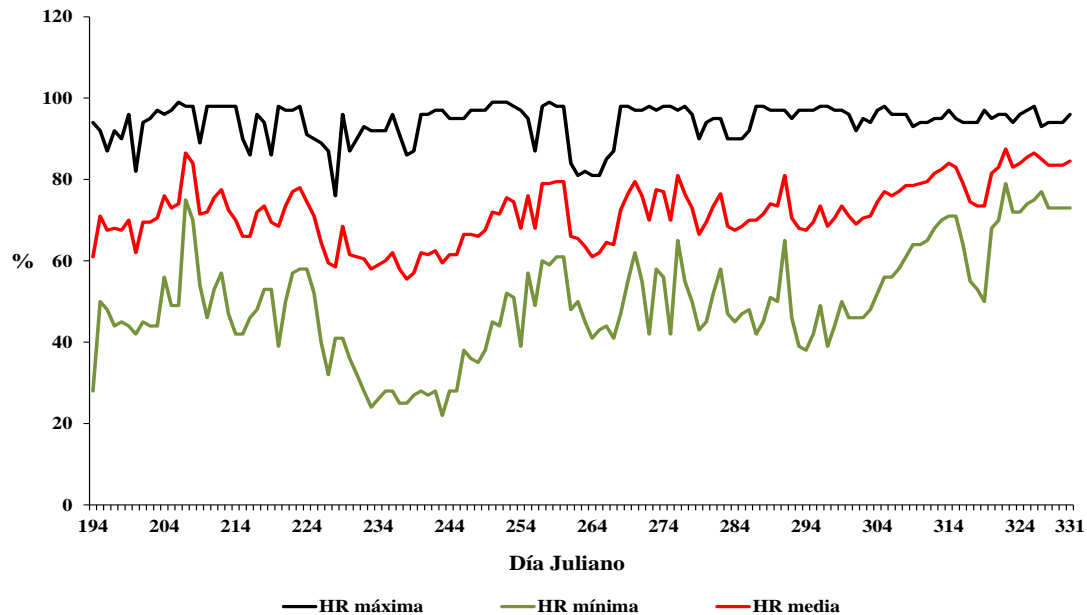
El día que se injertaron las plantas (día Juliano 194 que corresponde al día 13 de julio) se registró una temperatura mínima de 15.0°C, una máxima de 31.0°C y una media de 23.0°C (Figura 1); estas condiciones generaron la deshidratación repentina del injerto, puesto que se elevó la temperatura ambiental hasta los 31.0°C.

Durante el período de prendimiento del injerto, del día 194 hasta el día 240 (28 de agosto), la temperatura mínima osciló de 13.0 a 19.0°C, mientras que la máxima temperatura diaria osciló entre los 18.0 y 31.0°C, lo que tuvo un efecto negativo para el éxito del injerto.



**Figura 1. Temperatura ambiente presente durante el desarrollo del trabajo.**

La humedad relativa máxima al inicio de la práctica de injerto fue del 95%, y la oscilación de la humedad media en este periodo fue entre 55 y 87% (Figura 2). La humedad relativa mínima osciló entre 22 y 75%, lo cual no afectó el prendimiento del injerto, porque, además, se mantuvieron hidratadas las plantas en sus respectivas bolsas.



**Figura 2. Humedad ambiental presente durante el desarrollo del trabajo.**

La práctica de injerto se vio influenciada por el tipo de injerto y por la condición de si estuvo protegido o no con la botella. En el Cuadro 1 se observa que el injerto que fue cubierto con botella tuvo mayor éxito comparado con los que no se taparon, debido al microclima que se formó dentro de la botella; esto ocurrió para los dos tipos de injerto, yema y púa.

Es importante señalar que, para definir el tipo de injerto, sea con yema o con púa, se debe tener en cuenta el grosor del portainjerto para facilitar su prendimiento. Para el caso específico del injerto de púa, si no se empalman los grosores, tanto del portainjerto como del injerto, el prendimiento de este será menor.

## Conclusiones

1. Los injertos de púa y de yema no mostraron diferencias en el prendimiento obtenido, pero si existió diferencia estadística entre los tratamientos practicados.
2. El mayor porcentaje de sobrevivencia y prendimiento de los injertos en plantas de macadamia que se obtuvo en el injerto de púa y yema fue con el cubrimiento con botella de plástico.
3. Las condiciones de temperatura y humedad en que se desarrollaron las plantas de macadamia injertadas,



influyeron de manera importante en las variables evaluadas, lo cual deberá tomarse en cuenta para la propagación asexual de esta especie.

## Agradecimientos

Al Centro Regional Universitario de Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, así como a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Literatura Citada

- Casas, F. R. y A. Centeno M. 2017. Poda e injerto de frutales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 200 p.
- CEIEG (Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave). 2019. Sistema de Información Municipal. Cuadernillos Municipales: Huatusco. [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp\\_content/uploads/sites/21/2019/06/Huatusco\\_2019.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp_content/uploads/sites/21/2019/06/Huatusco_2019.pdf) [consultado el 25 de septiembre de 2019].
- Chum, G. B. G. 2011. Efecto de la injertación a diferente altura del porta injerto sobre el prendimiento y brotación en macadamia (*Macadamia integrifolia*), en Finca Santa Emilia, Pochuta, Chimaltenango. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Escuintla, Guatemala. 61 p.
- Díaz, B. J. C. 2006. Proyecto de factibilidad para el cultivo orgánico de macadamia (*Macadamia integrifolia*) intercalada con café robusta (*Coffea canephora*) en Puerto Quito-Pichincha. Proyecto de grado. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 80 p.
- Díaz, D. C. E. 2015. Evaluación de injertos de macadamia (*Macadamia integrifolia*) en patrones de distintas edades. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Escuintla, Guatemala. 56 p.
- Escamilla, P. E., J. D. Robledo M. y E. I. García S. 2013. La producción de nuez de macadamia en el trópico húmedo de México: Avances y retos en la gestión de la innovación. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. Chapingo, Edo. de Méx., México. 117 p.
- López, P. S., S. Mariño B., R. Álvarez M. y M. López H. 2014. Poda e injerto de frutales. Editorial Elearning S.L. Madrid, España. 402 p.



INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huatusco, Veracruz de Ignacio de la Llave. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30071.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30071.pdf) [consultado el 25 de septiembre de 2019].

Nicolás, C. M., J. G. Cruz C. e I. Rogel C. 1998. Propagación de la macadamia por injertación y estacado. Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. 82-89.

Sol, Q. G. 2011. Manual técnico para productores de nuez de macadamia: Guía de siembra, manejo y procesamiento. Asociación Mexicana de Productores, Procesadores y Exportadores de Nuez de Macadamia, A. C. México. 256 p.



## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN TLAPACOYAN, VERACRUZ

*José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>1\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>2</sup> y Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>2</sup>*

---

### Resumen

El comportamiento agronómico de un cultivo es resultante de las interacciones que se tienen en forma continua, a través de un ciclo, entre el genotipo, las condiciones ambientales y el manejo cultural, los cuales tienen que conjugarse positivamente para lograr una buena producción. En 2019 se estableció un ensayo de rendimiento de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado en Tlapacoyan, Veracruz, con la finalidad de conocer el comportamiento agronómico y productivo de 11 líneas y tres variedades de frijol negro. El ensayo se sembró en diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones; los genotipos se establecieron en parcelas de tres surcos de 5 m de longitud con una separación de 0.60 m y a una densidad de 250, 000 plantas/ha. Las variables de respuesta fueron: número de días a la floración media y a la madurez fisiológica, número de plantas cosechadas en 1 m<sup>2</sup>, peso de 100 semillas en gramos y rendimiento en kg/ha, ajustado al 14% de humedad. Se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de promedios se aplicó la Diferencia Mínima Significativa al 0.05. También se hicieron correlaciones simples de las variables cuantificadas, para determinar el tipo y grano de asociación con el rendimiento de grano. Durante el ciclo del cultivo no hubo incidencia de enfermedades, sin embargo, durante la fase reproductiva hubo ocurrencia de sequía terminal, ya que, en esa fase, el cultivo sólo recibió 37.1 mm de agua de la floración a la madurez fisiológica, cantidad insuficiente para un adecuado llenado de vainas. Bajo estas condiciones de humedad, las líneas: Papaloapan/SEN 46-3-2, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Papaloapan/SEN 46-7-12 y la variedad Verdín, fueron las más

---

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco. rodriguez.jose@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.



productivas, con un rendimiento mayor a 927 kg/ha. Estos genotipos tuvieron un ciclo de madurez de entre 77.6 y 80 d y un peso menor a 25 g por 100 semillas. De las variables cuantificadas sólo la cantidad de plantas cosechadas se asoció positiva y significativamente ( $r= 0.560^*$ ) con el rendimiento de grano.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, fenología, plantas cosechadas, rendimiento de grano

## Introducción

Una alternativa viable y recomendable para contrarrestar los factores limitantes de la producción de frijol es la incorporación de variedades. En la búsqueda de nuevos cultivares, el primer paso es conocer y explotar debidamente el acervo genético con el que se disponga. Por lo anterior, es necesario considerar la disponibilidad de líneas recombinantes de frijol común promisorias, para identificar aquellas que muestren buen comportamiento agronómico y productivo, que en un futuro puedan liberarse como nuevas variedades para su uso comercial, ya que entre las principales causas que afectan la producción del frijol, está la poca distribución de variedades para las diversas condiciones ambientales en que se cultiva esta leguminosa, así como los diferentes factores que puedan limitar la producción de frijol. En la mayoría de las zonas sembradas con frijol, los rendimientos potenciales no son alcanzados, debido principalmente a que se cultiva en condiciones ambientales poco favorables, donde es común la presencia de plagas y enfermedades, así como la escasa y errática distribución de la precipitación pluvial durante el ciclo de crecimiento (Duran *et al.*, 2014). Por otro lado, debido al cambio climático se prevé que la temperatura aumentará, lo que provocará estrés por calor, que es una de las principales causas de pérdida de rendimiento; además se predice que los eventos de sequía serán cada vez más frecuentes y severos en muchas regiones productoras (Rodríguez *et al.*, 2009; Lamz *et al.*, 2016; Voss-Felt, 2020). Por lo anterior, es importante conocer el comportamiento agronómico y productivo de genotipos de frijol, así como los componentes del rendimiento. En algunos ensayos de frijol se ha intentado aumentar la producción seleccionando sólo un factor de los componentes del rendimiento, pero no se han obtenido los resultados esperados, debido a que existe un equilibrio entre ellos; y al aumentar





algún componente, es muy probable que se modifiquen otros; por ejemplo, un mayor número de plantas cosechadas, puede provocar en el frijol, una disminución en el número de vainas por planta; esto puede detectarse, comparando diferentes genotipos donde la variación en componentes frecuentemente muestra que existe una relación muy estrecha entre ellos (White, 1991; Fageria y Santos, 2008; Rodríguez *et al.*, 2011). El buen comportamiento agronómico y productivo de un cultivo, es resultante de las interacciones que se tienen en forma continua, a través de un ciclo, entre el genotipo, las condiciones ambientales y el manejo cultural, las cuales tienen que conjugarse positivamente para lograr un buen rendimiento del cultivo (Kohashi-Shibata, 1990; Ribeiro *et al.*, 2003; López *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento agronómico y productivo de 14 genotipos de frijol negro, y la relación que existe entre las variables agronómicas estimadas con la producción de frijol, incluidos algunos componentes del rendimiento.

## **Materiales y Métodos**

El ensayo de rendimiento de frijol se estableció durante el ciclo de otoño-invierno de 2019-20 bajo condiciones de humedad residual, en el Campo Experimental Ixtacuaco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Tlapacoyan, en el norte del estado de Veracruz, a 20° 02' de latitud norte y 97° 05' de longitud oeste, a una altitud de 88 m. El clima de la localidad es cálido húmedo Af(m)(e) (Díaz *et al.*, 2006).

La siembra del ensayo se realizó el 28 de octubre de 2019, el cual se conformó por 11 líneas recombinantes de frijol negro, seleccionadas por su tolerancia y resistencia a la roya y a la antracnosis, y las variedades Negro Medellín, Negro Jamapa y Verdín, liberadas para las áreas tropicales del sureste de México. Los genotipos se establecieron a una densidad de 250,000 plantas/ha, en diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas de tres surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, donde la parcela útil correspondió al surco central.

En la etapa vegetativa del cultivo se realizó fertilización mineral al suelo con la fórmula 40N-40P-00K, utilizando como fuentes nutrimentales urea (46% de N) y fosfato diamónico (DAP),



grado 18-46-0 (López *et al.*, 1994). Se realizaron dos escardas manuales (con azadón) para mantener el cultivo libre de maleza; para el control de doradillas (*Diabrotica* sp.) y chicharritas (*Empoasca kraemeri*) se aplicó un insecticida a base de imidacloprid (grupo Neoncotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis de 1 mL de producto por 1 L de agua (200 mL/ha de producto comercial). Durante la conducción del ensayo se registró la precipitación pluvial, la temperatura ambiental y la humedad relativa (CEIXTA, 2020). Las variables de respuesta fueron: 1. Días a la floración media después de la siembra, la cual se registró cuando aproximadamente el 50% de las plantas de cada parcela tuvieran cuando menos una flor abierta; 2. Días a la madurez fisiológica, registrado cuando el 50% de las vainas de cada parcela cambiaron su color, de verde a amarillo o morado, dependiendo del genotipo; 3. Número de plantas cosechadas en 1 m<sup>2</sup>; 4. Peso de 100 semillas en gramos y 5. Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nueva León, versión 2.5, se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error (DMS, 0.05) (Olivares, 1994). También se hicieron correlaciones simples de todas variables cuantificadas con el rendimiento de grano, para determinar su grado de asociación.

## Resultados y Discusión

En el sitio de evaluación hubo condiciones de alta humedad relativa del ambiente principalmente durante la fase vegetativa (promedio de 90%), con una temperatura media de 20.8°C durante todo el ciclo del cultivo y una máxima promedio de 27.3°C (CEIXTA, 2020). Durante la fase reproductiva el cultivo tuvo una baja disponibilidad de humedad, ya que de 290 mm de agua que precipitaron durante toda la fase de crecimiento, sólo 37.1 mm cayeron en las etapas R6 a R9 (de la floración a la madurez fisiológica) (Fernández *et al.*, 1985; Rodríguez *et al.*, 2018), cantidad insuficiente para una adecuada formación de vainas y llenado de granos (Acosta *et al.*, 2009; Ruíz *et al.*, 2013); debido a lo anterior, se obtuvo bajo rendimiento de grano promedio (874.3 kg/ha).



Bajo estas condiciones ambientales en todas las variables cuantificadas se detectó efecto altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos, lo que indica que los genotipos tuvieron diferente comportamiento agronómico y productivo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia detectada en variables evaluadas en el ensayo de genotipos de frijol negro. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo de otoño-invierno de 2019-20.**

FV	GL	F	MF	PC	P100S	RG
Tratamientos	13	6.637	4.144	10.914	15.812	46083.38
Bloques	2	3.023	0.023	0.003	0.381	550.00
Error	26	0.818	0.460		0.664	10732.38
Total	41					
ANVA		**	**	**	**	**
CV (0.05)		2.28	0.86	11.25	4.34	11.85

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; F = Días a la floración media; MF = Días a la madurez fisiológica; PC = Plantas cosechadas por metro cuadrado; P100S= Peso de 100 semillas; RG = Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.

En el Cuadro 2 se muestra que las líneas: Papaloapan/SEN 46-7-12, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 fueron las más tardías en llegar a la floración media, en tanto que, la variedad Verdín, fue la más precoz, con 36.67 d, tiempo estadísticamente inferior al del resto de los genotipos. Las tres líneas más tardías en florecer, también tardaron más en alcanzar su madurez fisiológica, junto con las líneas Papaloapan/SEN 46-3-2, Papaloapan/SEN 46-7-10, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5 y Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6. Por su parte, la variedad Verdín fue el primer genotipo en alcanzar su madurez fisiológica (a los 76 d).

La precocidad de Verdín se ha documentado en estudios de evaluación realizados en el estado de Veracruz (Tosquy *et al.*, 2014; 2016); esto es importante, ya que les permite a las plantas de frijol completar su ciclo y escapar a periodos de sequía, que comúnmente ocurren y provocan reducción del rendimiento de grano en las siembras comerciales de frijol en condiciones de humedad residual, en el estado de Veracruz (Tosquy *et al.*, 2018). A su vez, los genotipos con mayor número de días en llegar a su madurez en condiciones limitantes de humedad, generalmente muestran una respuesta de menor productividad (Martínez *et al.*, 2008; Zilio *et al.*, 2013). El tiempo en que los genotipos alcanzarán la floración media y la



madurez fisiológica, no se asoció con el rendimiento de frijol ( $r = -0.199$  ns y  $0.398$  ns, respectivamente) (Cuadro 3).

**Cuadro 2. Características agronómicas y rendimiento de grano de genotipos de frijol negro evaluados en el Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver. Ciclo de otoño-invierno de 2019-20.**

Genotipo	F (d)	MF (d)	PC (m <sup>2</sup> )	P100S (g)	RG (kg/ha)
Papaloapan/SEN 46-2-6	40.33 bc	79.00 bcd	5.0 e	19.73 b	904.67 bc
Papaloapan/SEN 46-3-2	39.00 d	79.33abcd	10.9 abc	19.80 b	1080.67a
Papaloapan/SEN 46-7-7	39.67 c	78.67 de	9.2 cde	19.80 b	947.00abc
Papaloapan/SEN 46-7-10	40.00 c	80.00ab	9.4 cde	19.57 b	788.33 c
Papaloapan/SEN 46-7-12	42.00a	80.00ab	10.7abc	18.73 b	928.00abc
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5	40.00 c	80.33a	6.6 fg	15.23 c	537.33 d
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6	40.00 c	79.67abc	8.2 f	14.80 c	896.33 bc
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8	39.00 cd	78.33 de	8.4 e	15.83 c	797.67 c
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	41.67ab	79.67abc	8.8 de	18.53 b	800.00 c
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1	42.00a	80.00ab	5.5 g	19.50 b	882.00 bc
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	39.00 d	77.67	11.2ab	18.73 b	978.00ab
Negro Medellín	38.00 de	78.33 de	11.5ab	19.10 b	877.00 bc
Negro Jamapa	39.33 cd	78.33 de	10.4 bcd	19.90 b	884.67 bc
Verdín	36.67 e	76.00 f	12.3a	23.87a	939.67abc
Promedio	39.76	78.95	9.4	18.79	874.38
DMS (0.05)	1.519	1.139	1.78	1.368	173.91

F = Días a la floración media; MF = Días a la madurez fisiológica; PC = Número de plantas cosechadas por metro cuadrado; P100S = Peso de 100 semillas; RG = Rendimiento de grano.

**Cuadro 3. Valores de coeficientes de correlación (r) obtenidos entre las variables agronómicas y el rendimiento de grano. Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver. Ciclo de otoño-invierno de 2019-20.**

Rendimiento de grano	Floración media (d)	Madurez fisiológica (d)	Peso de 100 semillas (g)	Plantas cosechadas (1 m <sup>2</sup> )
	-0.199	0.398	0.524	0.560
	ns	ns	ns	*

La cantidad de plantas cosechadas por superficie es un factor muy importante para obtener alto rendimiento de frijol, ya que, al cosechar un mayor número de ellas, existe más cantidad de granos. En este trabajo se cosecharon más plantas por metro cuadrado en la variedad



Verdín, cantidad estadísticamente similar a la de Negro Medellín y al de las líneas Papaloapan/SEN 46-3-2, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 y Papaloapan/SEN 46-7-12, pero significativamente superior a la del resto de los cultivares (Cuadro 2). El mayor número de plantas cosechadas les permitió a estos genotipos obtener un rendimiento de grano aceptable (Njoka *et al.*, 2005; Fageria y Santos, 2008; Rodríguez *et al.*, 2011); esta variable se correlacionó positiva y significativamente con un mayor rendimiento de frijol ( $r = 0.560 *$ ) (Cuadro 3), aún con la presencia de sequía terminal (Calero *et al.*, 2018; Chaves-Barrantes *et al.*, 2018).

El tamaño de grano (peso de 100 semillas) de la variedad Verdín fue significativamente superior al del resto de los genotipos (Cuadro 2), lo cual obedece, a que genéticamente su grano es ligeramente de mayor grosor y longitud; pero por tener un peso de 100 semillas menor o alrededor a 25 g, también se clasifica como de tamaño pequeño, al igual que los demás genotipos (SNICS, 2013). Esta característica varió numéricamente entre cultivares, pero no se relacionó significativamente con un mayor rendimiento de frijol ( $r = 0.524$  ns) (Cuadro 3).

La línea Papaloapan/SEN 46-3-2 fue la más productiva, con un rendimiento de grano de 1080.7 kg/ha, estadísticamente similar al de las líneas Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Papaloapan/SEN 46-7-12, y al de la variedad Verdín (Cuadro 2). El mayor rendimiento de grano obtenido por la línea Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 y la variedad Verdín, se debe en gran parte a su tolerancia al estrés hídrico terminal, característica que ya ha sido documentada en otros estudios de evaluación (Rodríguez *et al.*, 2015; Tosquy *et al.*, 2016; Ibarra *et al.*, 2019). A su vez, la línea Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5 fue la menos productiva, con un rendimiento de grano de 537.33 kg/ha, inferior al promedio obtenido (874.38 kg/ha) en este sitio de evaluación (Cuadro 2).

## Conclusiones

1. Bajo las condiciones ambientales de humedad, temperatura y de estrés hídrico terminal, en que se realizó este estudio, Papaloapan/SEN 46-3-2, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, Papaloapan/SEN 46-7-7, Papaloapan/SEN 46-7-12 y Verdín mostraron la mejor respuesta productiva.
2. Estos genotipos tuvieron un ciclo de madurez intermedio (de entre 76 y 80 días



después de la siembra) y un peso de 100 semillas menor a 25 g, por lo que reúnen las características de tipo de frijol, negro opaco, de tamaño pequeño, que demandan los consumidores en el estado de Veracruz. 3. La cantidad de plantas cosechadas fue la única característica que se asoció positiva y significativamente con un mayor rendimiento de frijol.

### Literatura citada

- Acosta, D. E., J. A. Acosta G., C. Trejo L., J. S. Padilla R. and M. D. Amador R. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agric. Téc. Méx.* 35(4):419-428.
- Calero, A., Y. Castillo, E. Quintero, Y. Pérez y D. Olivera. 2018. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia* 7(1):88-100.
- CEIXTA (Campo Experimental Ixtacuaco). 2020. Estación climatológica. Datos históricos de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%), 2019-2020. <http://www.clima.inifap.gob.mx> [consultado el 18 abril de 2020].
- Chaves-Barrantes, N. F., J. A. Polanía, C. G. Muñoz-Perea, I. M. Rao y S. E. Beebe. 2018. Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 29(1):1-18.
- 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 No. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.
- Duran, A., T. Lambert y R. Velázquez. 2014. Evaluación de genotipos mejorados de frijol negro *Phaseolus vulgaris* en Barinas y Monagas, Venezuela. *Revista de Ciencias Agrícolas* 31(2):63-75.
- Fageria, N. and A. Santos. 2008. Yield physiology of dry beans. *Journal of Plant Nutrition* 31:983-1004.
- 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 (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.*



- Ibarra, P. F. J., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., E. López S. y J. R. Rodríguez R. 2019. Identificación de líneas recombinantes de frijol negro resistentes a la sequía terminal. p. 267-273. *In*: Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H. *et al.* (comps.). Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. Libro Científico No. 1. Año 3. INIFAP. CP. UACH. INAPESCA. UV. TecNM. Medellín, Ver., México.
- 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.
- Lamz, A., M. Cárdenas, R. Ortiz, V. Montero, B. Martínez, C. de la Fé, *et al.* 2016. Evaluación del comportamiento agro-morfológico a partir de la caracterización de la variabilidad en líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas en época tardía. *Cultivos Tropicales* 37(2):108-114.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores No. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. A. Acosta G., J. R. Rodríguez R. y P. A. Meza. 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):173-181.
- Martínez, G. M. A., E. S. Osuna C., S. J. Padilla R., J. A. Acosta G. y C. Loredó O. 2008. Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México. Libro Técnico No. 4. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental San Luis. 206 p.
- Njoka, E., M. Muraya and M. Okumu. 2005. The influence of plants density on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Trópica et Subtrópica* 38(1):22-27.
- 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.
- Ribeiro, N. D., L. Hoffmann Júnior, M. R. D. Stroschein and S. B. Possebon. 2003. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 3(1):27-34.



- Rodríguez, J. R., F. J. Ibarra, O. H. Tosquy y E. López. 2018. Etapas de crecimiento y desarrollo de tres variedades de frijol en el norte de Veracruz. p. 85-96. *In: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. Libro Científico No. 1. Año 2. INIFAP. CP. UACH. INAPESCA. UV. TecNM. Medellín, Ver., México.*
- Rodríguez, J. R., O. Tosquy-Valle y E. López-Salinas. 2011. Producción de grano de frijol y su relación con la densidad de plantas, en Veracruz, México. p. 37-42. *In: IV Congreso Internacional Biológico-Agropecuario. Tuxpan, Ver., México.*
- Rodríguez, J. R., O. H. Tosquy y E. López. 2015. Genotipos de frijol negro y su tolerancia a sequía terminal en Veracruz, México. p. 165-170. *In: Figueroa, E., L. Godínez y F. Pérez. (eds.). Ciencias de la Biología y Agronomía. HANDBOOK, T-1. ECORFAN. Texcoco, Edo. de Méx., México.*
- Rodríguez, O., O. Chaveco, R. Ortiz, M. Ponce, H. Ríos, S. Miranda *et al.* 2009. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA). Temas de Ciencia y Tecnología 13(39):19-30.
- Ruíz, C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T. *et al.* 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico No. 3. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2013. Guía técnica para la descripción varietal. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). SAGARPA. SNICS. Tlalnepantla, Edo. de Méx., México. 24 p.
- Tosquy, O. H., E. López, B. Villar., J. A. Acosta y J. R. Rodríguez R. 2016. Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. REMEXCA 7(7):1775-1780.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., F. J. Ibarra P., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., J. A. Acosta G. *et al.* 2018. Registration of 'Verdín', an early-season, opaque black-seeded bean cultivar. Journal of Plant Registrations 1(12):13-18.
- 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. REMEXCA 5(7):1205-1217.
- Voss-Felt, K. 2020. Modern crop breeding for future food security. The University of Queensland, Australia. <https://qaafi.uq.edu.au/blog/2020/02/modern-crop-breeding-future-food-security> [consultado 4 de junio de 2020].





White, J. 1991. Conceptos básicos de la fisiología de frijol. p. 43-56. *In*: Frijol: Investigación y producción. López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

Zilio, M., C. A. Souza, C. M. Medeiros Coelho, D. J. Miquelluti and A. F. Michels. 2013. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. *Acta Scientiarum: Health Sciences* 35(1):21-30.



## CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS REGIONALES DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum* L.)

Carolina Isabel Basto Pool<sup>1\*</sup>, Felipe Santamaría Basulto<sup>1</sup> y Raúl Díaz Plaza<sup>1</sup>

### Resumen

Se evaluaron las características morfológicas y agronómicas de cuatro genotipos de *Capsicum annuum* del Banco de Germoplasma de Chiles del Campo Experimental Mocochoá del INIFAP. Las accesiones P32, P107, YAXCHT y YAXCH2 se establecieron en un invernadero con distancias de 1.5 m entre líneas y 0.4 m entre plantas en dos ciclos. En el primer ciclo (octubre 2019 a mayo 2020) se evaluó el rendimiento y se seleccionaron plantas con frutos de características deseables. En el segundo ciclo (septiembre 2020 a abril 2021) se realizó la caracterización morfológica de la planta, flor y fruto de acuerdo al manual de la UPOV. Los genotipos evaluados mostraron características diferentes en altura de la planta, pigmentación antociánica en nudos, forma de la hoja, tamaño y forma de fruto y rendimiento. El genotipo P32 registró la menor altura de la planta (66 cm), forma de hoja lanceolada, frutos de forma acorazonada con menor longitud y mayor diámetro (0.92 longitud/diámetro), profundidad media de los surcos interoculares y rendimiento de 28.545 t/ha. Por su parte, el genotipo P107, a diferencia de los demás genotipos, no presentó la coloración antociánica en nudos, la forma de la hoja es lanceolada, registró la mayor longitud del fruto con 67 mm y la forma del fruto es cuadrada con un rendimiento de 22.613 t/ha. El genotipo YAXCHT registró la mayor altura de la planta (107 cm), forma de la hoja oval, frutos de forma plana con menor longitud y mayor diámetro (0.80 longitud/diámetro), profundidad profunda de los surcos interoculares y rendimiento de 25.119 t/ha. Con respecto al genotipo YAXCH2, la hoja es de forma oval, la longitud del fruto es 60 mm con forma plana y un rendimiento de 26.008 t/ha. Los genotipos P32 y YAXCHT presentaron características morfológicas y agronómicas sobresalientes en comparación con los demás genotipos.

<sup>1</sup>Campo Experimental Mocochoá. CIRSE. INIFAP. carolinabasto93@gmail.com



**Palabras clave:** rendimiento, Yucatán, UPOV

## Introducción

El género *Capsicum* comprende alrededor de 25 especies de las cuales *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. pubescens* Ruiz & Pav., *C. frutescens* L. y *C. baccatum* L. han sido domesticadas y cultivadas (Morán *et al.*, 2004; Milla, 2006). El chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes en México y en el mundo, cuya producción se ha incrementado en los últimos años, con un estimado de 29 millones de toneladas. México ocupa el segundo lugar mundial en la producción de chile verde, lo que representa el 14.3%, de un total de 32,968,75 t, de las cuales China se registra como el primer productor con el 67.5% del total con 178,212,38 t (FAOSTAT, 2019).

México, como centro de domesticación posee una gran diversidad de recursos fitogenéticos de *Capsicum* spp. Este género cuenta con una amplia variabilidad morfológica y genética de poblaciones silvestres de *C. annuum* y en menor grado de *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. chinense* (Latournerie *et al.*, 2002). La especie más cultivada bajo diferentes sistemas de producción, tanto a cielo abierto como en agricultura protegida es *C. annuum*; los principales estados productores son: Guanajuato, Jalisco, Sinaloa, Yucatán y Zacatecas, con una producción de 6,802.11 t (SIAP, 2019).

El chile dulce (*C. annuum*) se distribuye principalmente en Yucatán, Campeche, Tabasco y la parte norte de Chiapas (SIAP, 2019). Este chile se cultiva en diferentes sistemas de producción (campo abierto y agricultura protegida); en Yucatán se cultiva en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano bajo condiciones de riego. En 2018, la superficie sembrada fue de 44.90 ha, con una producción de 495.42 t y un rendimiento promedio de 11.03 t/ha (SIAP, 2019).

En la península de Yucatán existe una gran diversidad de cultivares de *C. annuum*; sin embargo, están poco caracterizados, no se cuentan con variedades mejoradas o registradas y la mayoría se produce en la región. Así mismo, se desconoce el potencial productivo de diversos materiales regionales de chile dulce que conservan los agricultores en sus sistemas tradicionales de producción. Además, existe muy poca disponibilidad de semilla y también se cuenta con poca información de ellos (González Estrada *et al.*, 2010; Basto-Pool y Hernández-



Pinto, 2020). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar y evaluar mediante descriptores morfológicos y agronómicos cuatro genotipos de *Capsicum annuum* L. del Banco de Germoplasma de Chiles del Campo Experimental Mocochoá del INIFAP en el estado de Yucatán.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental Mocochoá del INIFAP, ubicado entre las coordenadas geográficas de 21°10' LN y 89°30' LO, a una altitud de 9 m El clima es cálido sub-húmedo ( $Aw_1(x')(i)g$ ), con temperatura media anual de 26.1°C y una precipitación promedio de 55.7 mm/año. Los trabajos se establecieron en un invernadero con distancias de 1.5 m entre líneas y 0.4 m entre plantas en dos ciclos. En el primer ciclo, de octubre de 2019 a mayo de 2020, se evaluó el rendimiento, mientras que, en el segundo ciclo, de septiembre de 2020 a abril de 2021, se realizó la descripción morfológica.

### **Material vegetal**

Se evaluaron las accesiones P32, P107, YAXCHT y YAXCH2. La accesión P32 se colectó en el municipio de Muna, Yucatán en el año 2011; los frutos son más anchos en la parte de los hombros y menos anchos en la parte apical. La colecta de la accesión P107 se realizó en el mismo municipio en el año 2013; los frutos tienen la parte apical de ancho similar a los hombros. La accesión YAXCHT se colectó en la localidad de Yaxchekú del municipio de Tizimín, Yucatán en febrero de 2018; los frutos son menos largos que anchos y tienen los lóculos muy pronunciados. La accesión YAXCH2 se colectó al mismo tiempo que YAXCHT; los frutos son similares, la diferencia es que YAXCH2 tiene los lóculos menos pronunciados.

### **Evaluación de rendimiento**

En el ciclo de octubre de 2019 a mayo de 2020 se evaluó el rendimiento. La parcela de cada variedad experimental constó de ocho plantas con tres repeticiones. Se registró el rendimiento de fruto fresco por parcela y se reportó en toneladas por hectárea, clasificado en porcentaje de frutos grandes, medianos y chicos. La cosecha se realizó cada semana por un periodo de tres meses, con un total de 12 cortes. Para la clasificación del tamaño de fruto se consideró el



diámetro del fruto de acuerdo con la siguiente clasificación: frutos grandes (FG) de 8.6 a 10.0 cm, frutos medianos (FM) de 7.1 a 8.5 cm y frutos chicos (FCH) de 6.0 a 7.0 cm.

### **Caracterización morfológica**

En el ciclo de septiembre de 2020 a abril de 2021, se realizó la descripción morfológica. Se seleccionaron 23 descriptores morfológicos de planta, flor y fruto de acuerdo a la Guía Técnica para la Descripción Varietal aprobada para *Capsicum annuum* L. propuesta por la UPOV (2018) e identificados como discriminantes en estudios previos de caracterización (Pardey *et al.*, 2006). Cada descriptor se evaluó en 20 plantas.

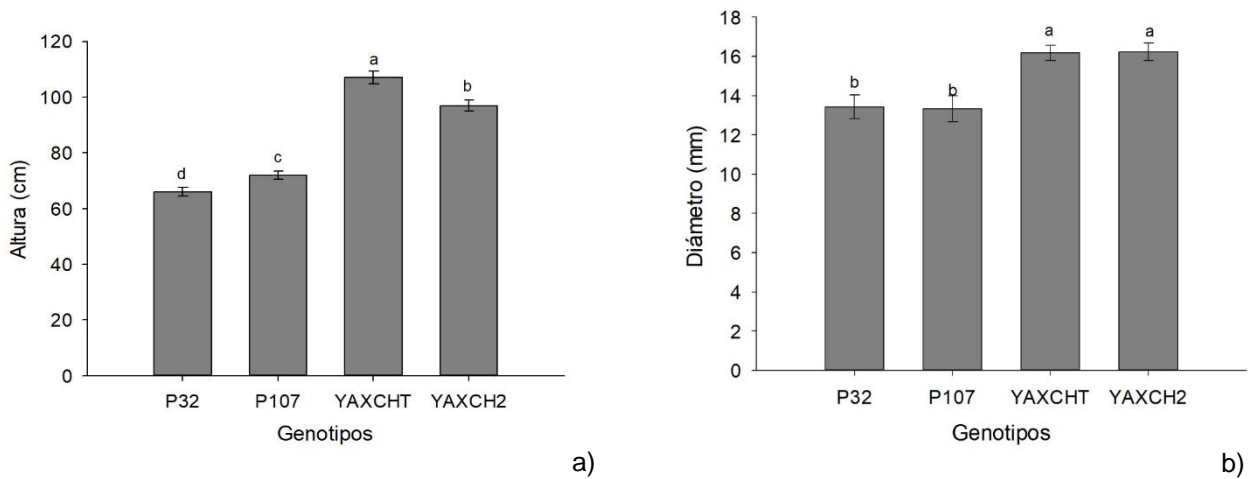
### **Análisis estadísticos de los datos**

Los datos de las variables se analizaron mediante el software estadístico Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA), los parámetros cualitativos se analizaron mediante estadística descriptiva y a los datos cuantitativos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y donde hubo diferencias significativas se realizó una comparación de medias con el método de Tukey,  $P \leq 0.05$ .

## **Resultados y Discusión**

El genotipo YAXCHT registró la mayor altura (107 cm), estadísticamente superior en 39% al genotipo P32, el cual obtuvo el valor más bajo (66 cm) (Figura 1a). Los genotipos YAXCHT y YAXCH2 registraron el mayor diámetro de tallo con 16 mm, estadísticamente superior a los genotipos P32 y P107, con 13.42 mm y 13 mm respectivamente (Figura 1b).

González Estrada *et al.* (2010) mencionan que *C. annuum* es una planta de comportamiento anual y perenne, con una altura promedio de 0.3 a 1.5 m, dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo agronómico. En este sentido, el genotipo P32 se caracterizó como una planta de altura baja y porte erecto, mientras que YAXCHT, como una planta de tamaño alto y crecimiento erecto, a pesar de que todos los genotipos se establecieron en las mismas condiciones ambientales y agronómicas. Lo anterior se atribuye a diferencias genéticas entre los genotipos, tal como lo mencionan Ix-Nahuat *et al.* (2013).



**Figura 1. Caracteres agronómicos de plantas de *C. annuum*. a) Altura de la planta y b) diámetro de tallo. Los datos son medias, valores con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).**

Las cuatro accesiones iniciaron la producción después de los 70 días del trasplante (ddt) y 108 días después de la siembra (dds). El rendimiento fue estadísticamente igual en las cuatro accesiones; éste varió desde 22.613 t/ha con la accesión P107 hasta 28.545 t/ha con la accesión P32. Se observó que la accesión P107 registró menor rendimiento por hectárea, menor peso de fruto (44.594 g fruto<sup>-1</sup> contra 62.779 g/fruto de la accesión YAXCH2 y fue la accesión que produjo menor porcentaje de frutos grandes y mayor porcentaje de frutos chicos (Cuadro 1). Sin embargo, el rendimiento de las cuatro accesiones fue superior al promedio de 17.1 t/ha reportado por Ix-Nahuat *et al.* (2013).

En las variables cualitativas de la planta, los genotipos P32, YAXCHT y YAXCH2 presentaron pigmentación antocianica en los nudos, con excepción de P107, el cual no presentó la coloración. La forma de la hoja fue lanceolada para P32 y P107, mientras que YAXCHT y YAXCH2 presentaron hojas de forma oval; el porte pedúnculo fue colgante en todos los genotipos. En todos los materiales está presente la pigmentación antocianica de las anteras (Cuadro 2), lo cual concuerda con lo reportado por Hernández-Pinto (2020), quien obtuvo resultados similares en variables cualitativas de plantas de chile dulce.



**Cuadro 1. Producción y porcentaje de frutos de diferente calidad por tamaño de cuatro accesiones de chile dulce criollo producidos en invernadero. Mocochá, Yucatán, 2019-2020.**

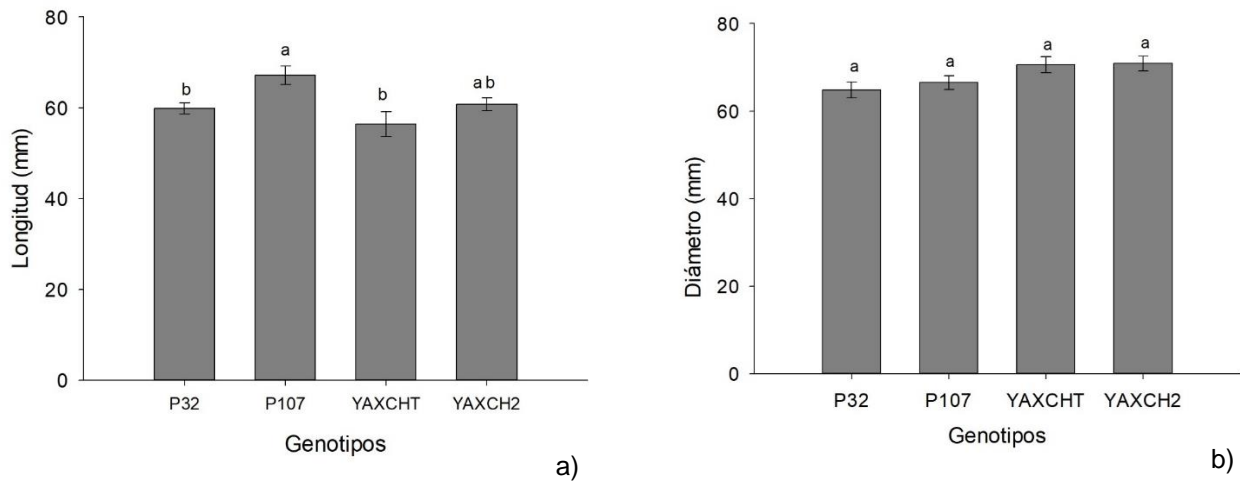
Accesión	t/ha (NS)	kg /planta (NS)	g/fruto	FCH 6.0 a 7.0 cm	FM 7.1 a 8.5 cm	FG 8.6 a 10 cm
P32	28.545	1.729	54.343 ab	20.1%	21.1%	58.8%
P107	22.613	1.370	44.594 b	28.7%	24.7%	46.6%
YAXCHT	25.119	1.522	55.315 ab	13.7%	26.1%	60.2%
YAXCH2	26.008	1.575	62.779 a	22.0%	21.2%	56.8%

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05). NS=Diferencia estadística no significativa. FCH= frutos chicos, FM= frutos medianos, FG= frutos grandes.

**Cuadro 2. Caracteres cualitativos de planta y flor en genotipos de *C. annuum*.**

Descriptor	P32	P107	YAXCHT	YAXCH2
Pigmentación antociánica de los nudos	Presente	Ausente	Presente	Presente
Forma de la hoja	Lanceolada	Lanceolada	Oval	Oval
Porte del pedúnculo	Colgante	Colgante	Colgante	Colgante
Pigmentación antociánica de la antera	Presente	Presente	Presente	Presente

En las variables cuantitativas de fruto, la comparación de medias separó a los genotipos P107 y YAXCHT2, los cuales registraron la mayor longitud del fruto con 67 mm y 60 mm respectivamente, en comparación con los genotipos P32 y YAXCHT, que obtuvieron frutos con menor longitud (59 mm y 56 mm, respectivamente) (Figura 2a). El genotipo P32 registró el menor diámetro del fruto con 64 mm; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos (Figura 2b). Al respecto, Ix-Nahuat *et al.* (2013), mencionan que el tamaño y forma de fruto son características importantes en la selección de cultivares de chile dulce de buena calidad. En este sentido, los genotipos P32 y YAXCHT son los que presentan los frutos de menor proporción longitud/diámetro (0.92 y 0.80, respectivamente), por lo tanto, se considera que son los frutos que presentan características deseables, ya que en chile dulce existe cierta preferencia por los frutos achatados, es decir de menor longitud, pero de mayor diámetro (Ix-Nahuat *et al.*, 2013; Basto-Pool y Hernández-Pinto, 2020).



**Figura 2. Longitud (a) y diámetro (b) de frutos de *C. annuum*. Los datos son medias, valores con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).**

Con respecto a las variables cualitativas de fruto, los genotipos P32, P107 y YAXCHT presentaron frutos de color verde medio antes de la maduración, a excepción de YAXCH2, que presentó color verde claro; la posición de los frutos es colgante en todos los materiales. El genotipo P32 presenta forma de fruto acorazonada (ancho en la parte superior y diámetro reducido en la parte apical), mientras que el P107 tiene forma cuadrada y las accesiones YAXCHT y YAXCH2, presentan forma plana. La sección transversal es angular con sinuosidad media en todos los genotipos. Los frutos maduros son de color rojo con una intensidad media a oscura para todos los genotipos. La cavidad peduncular está presente en todas las accesiones y la profundidad va de media (YAXCHT y YAXCH2) a profunda (P32 y P107). La forma del ápice es hundida y la profundidad de los surcos interloculares va de media (P32 y P107) a profunda (YAXCHT y YAXCH2). En cuanto al número de lóculos, los genotipos P32 y P107 presentaron igualmente tres y cuatro, mientras que, YAXCHT y YAXCH2, predominante cuatro y más; el aspecto del cáliz es no envolvente para todos los genotipos (Cuadro 3).





**Cuadro 3. Caracteres cualitativos de fruto en genotipos de *C. annuum*.**

Descriptor	Categoría	P32	P107	YAXCHT	YAXCH2
Color antes de la madurez	Blanco verdoso	1			
	Amarillo	2			
	Verde	3	3	3	3
	Púrpura	4			
Intensidad del color antes de la madurez	Muy clara	1			
	Clara	3			
	Media	5	5	5	3
	Oscura	7			
	Muy oscura	9			
Porte del fruto	Erecto	1			
	Horizontal	2	3	3	3
	Colgante	3			
Forma en sección longitudinal	Plana	1			
	Circular	2			
	Acorazonada	3			
	Cuadrada	4			
	Rectangular	5	3	4	1
	Trapezoidal	6			
	Moderadamente triangular	7			
	Triangular estrecha	8			
	En forma de cuerno	9			
Forma en sección transversal	Elíptica	1			
	Angular	2	2	2	2
	Circular	3			
Sinuosidad del pericarpio de la parte basal	Ausente o muy débil	1			
	Débil	3			
	Media	5	5	5	5
	Fuerte	7			
	Muy fuerte	9			
Sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal	Ausente o muy débil	1			
	Débil	3			
	Media	5	5	5	5
	Fuerte	7			
	Muy fuerte	9			
Color a la madurez	Amarillo	1			
	Naranja	2			
	Rojo	3	3	3	3
	Marrón	4			
	Verde	5			
Intensidad del color a la madurez	Clara	3			
	Media	5	5	5	7
	Oscura	7			7



**Continúa Cuadro 3...**

Descriptor	Categoría		P32	P107	YAXCHT	YAXCH2
Cavidad peduncular	Ausente	1				
	Presente	9	9	9	9	9
Profundidad de la cavidad peduncular	Muy poco profunda	1				
	Poco profunda	3				
	Media	5	7	7	5	5
	Profunda	7				
	Muy profunda	9				
Forma del ápice	Muy aguda	1				
	Aguda	2				
	Redondeada	3	4	4	4	4
	Hundida	4				
	Muy hundida	5				
Profundidad de los surcos interoculares	Ausente o muy poco profunda	1				
	Poco profunda	3	5	5	7	7
	Media	5				
	Profunda	7				
Número de lóculos	Predominante dos	1				
	Igualmente dos y tres	2				
	Predominante tres	3	4	4	5	5
	Igualmente tres y cuatro	4				
	Predominante cuatro y más	5				
Aspecto del cáliz	No envolvente	1	1	1	1	1
	Envolvente	2				

**Conclusiones**

Los genotipos evaluados mostraron diferencias en la caracterización y evaluación agromorfológica. Los genotipos P32 y YAXCHT presentaron características morfológicas y agronómicas sobresalientes en comparación con los demás genotipos. El genotipo P32 es una planta de altura baja y porte erecto, presentó frutos de menor longitud y mayor diámetro con forma acorazonada y una profundidad media de los surcos interoculares y un rendimiento de 28.545 t/ha. Por otra parte, el genotipo YAXCHT es una planta de porte alto y crecimiento erecto, presentó frutos de menor longitud y mayor diámetro, pero con forma plana y surcos interoculares profundos y rendimiento de 25.119 t/ha. Por lo tanto, los genotipos P32 y YAXCHT presentan potencial para integrarse a un programa de fitomejoramiento por sus



características del fruto que son deseables para comercializar, previo a una producción de semilla certificada por el SNICS.

## Literatura Citada

- Basto-Pool, C. I. y C. Hernández-Pinto. 2020. El chile dulce, más allá de su diversidad y sus formas. Desde el Herbario CICY 12:164-168.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2019. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [consultado el 11 de mayo de 2021].
- González, E. T., C. Casanova C., L. Gutiérrez P., L. Torres T., F. Contreras M. y S. Peraza S. 2010. Chiles cultivados en Yucatán. p. 342-344. *In*: Durán, R. y M. Méndez (eds.) Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Hernández-Pinto, J. 2020. Caracterización agronómica y molecular de chile bobo: híbrido originado de la cruce de X'catik y Dulce (*Capsicum annuum* L.). Tesis de maestría. Tecnológico Nacional de México-Campus Conkal. Conkal, Yuc., México. 45 p.
- Ix-Nahuat, J. G., L. Latournerie-Moreno, A. M. Pech-May, A. Pérez-Gutiérrez, J. M. Tun-Suárez, G. Ayora-Ricalde *et al.* 2013. Valor agronómico de germoplasma de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. *Universidad y Ciencia* 29(3):231-242.
- Latournerie, M. L., J. L. Chávez S., M. Pérez P., G. Castañón N., S. A. Rodríguez H., L. M. Arias R. *et al.* 2002. Valoración *In situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) in Yaxcabá, Yucatán. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1):25-33.
- Milla, A. 2006. *Capsicum* de capsas, cápsula: el pimiento. p. 21-31. *In*: Chávez-Servia, J. L., J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Pimientos, Compendios de Horticultura. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos. Cali, Colombia.
- Morán, B. S. H., B. M. Ribero, F. Y. García y V. P. Ramírez. 2004. Patrones isoenzimáticos de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) de Yucatán, México. p. 83-89. *In*: Chávez-Servia, J. L., J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Pimientos, Compendios de Horticultura. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos. Cali, Colombia.
- Pardey, R. C., M. A. García D. y F. A. Vallejo C. 2006. Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Acta Agron.* 55(3):1-9.



SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Por estado. Yucatán <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 11 de mayo de 2021].

UPOV (International Union for the Protection of new Varieties of Plants). 2018. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Sweet pepper, hot pepper, paprika, chili. UPOV Code: CAPSI\_ANN *Capsicum annum* L. TG/76/8 Rev 2. Geneva, Switzerland. 52 p.



## USO DEL MODELO AMMI EN OCHO VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN EL BAJÍO

*Aquilino Ramírez Ramírez<sup>1\*</sup>, Ernesto Solís Moya<sup>1</sup>, Antonio Mariscal Amaro<sup>1</sup> y Lourdes Ledesma Ramírez<sup>1</sup>*

### Resumen

La estabilidad permite al genotipo ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación ambiental. Al respecto, se han desarrollado procedimientos univariados y multivariados. El modelo AMMI (additive main effects and multiplicative interactions) se emplea para estimar la interacción genotipo x ambiente (GxA). Además, permite el análisis de la interacción con más de un procedimiento estadístico y disponer de estimados exactos del rendimiento. En el ACP (Análisis de Componentes Principales), los valores de los ejes describen los patrones de respuesta de los genotipos, por medio de un índice de sensibilidad. Los valores positivos describen los genotipos con mejor comportamiento en ambientes de alto rendimiento, y lo contrario ocurre con los puntajes negativos. Un valor de cero o próximo a éste corresponde a un genotipo con sensibilidad media. El objetivo fue usar el modelo AMMI para ocho genotipos de trigo evaluados en 14 ambientes. Se evaluaron ocho cultivares de trigo harinero: Elia M2016, Alondra F2014, Urbina S2007, Luminaria F2012, Bárcenas S2002, Cortazar S94, Maya S2007 y Salamanca S75 evaluados en 14 ambientes de El Bajío, durante los ciclos OI 2013-14 a 2016-17. La variedad Elia M2016 (34) fue el genotipo con mayor rendimiento seguido de Alondra F2014 (11) y Bárcenas S2002 (7); la variedad Eneida F94 (9) expresó los rendimientos más bajos. El ambiente ABA17 (una evaluación en Abasolo durante el ciclo 2016-17) fue el que obtuvo el mayor rendimiento y el VS15 (una evaluación realizada en Valle de Santiago en el ciclo 2014-15) registró el menor rendimiento. Seis ambientes obtuvieron rendimientos iguales o superiores a la media y el resto registró un rendimiento inferior. Salamanca S75 (16) y Eneida F94 (9) 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.

<sup>1</sup> Campo Experimental Bajío. CIRCE. INIFAP. ramirez\_aqui@hotmail.com



**Palabras clave:** estabilidad, índice de sensibilidad, variación ambiental, procedimientos multivariados

## Introducción

La estabilidad permite al genotipo ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación ambiental (Lin *et al.*, 1986). Al respecto, se han desarrollado procedimientos univariados (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966) y multivariados para estimar la estabilidad y la interacción genotipo–ambiente ( $G \times A$ ) (Mandel, 1971; Crossa *et al.*, 1990). Los métodos multivariados son más adecuados para evaluar la estabilidad, porque permiten describir e interpretar los efectos de la interacción  $G \times A$  (Gauch y Furnas, 1991).

El modelo AMMI (additive main effects and multiplicative interactions) es uno de los más empleados para estimar la interacción  $G \times A$  (Zobel *et al.*, 1988; Crossa *et al.*, 1990; Chisi *et al.*, 1996; Brancourt–Hulmel y Lecomte, 2003), ya que considera que los efectos de los factores principales (genotipos y ambiente) son aditivos y lineales, lo que permite estimarlos a través del análisis de varianza; mientras que la interacción  $G \times A$  tiene efectos multiplicativos que pueden ser explicados por el análisis de componentes principales (ACP). Además, el modelo AMMI permite el análisis de la interacción con más de un procedimiento estadístico y disponer de estimados exactos del rendimiento (Gauch, 1992). En el ACP los valores de los ejes describen los patrones de respuesta de los genotipos, por medio de un índice de sensibilidad. Los valores positivos describen los genotipos con mejor comportamiento en ambientes de alto rendimiento, y lo contrario ocurre con los puntajes negativos. Un valor de cero o próximo a éste corresponde a un genotipo con sensibilidad media. Según Crossa *et al.* (1990), las puntuaciones AMMI no miden la estabilidad, sino el grado de interacción del genotipo con el ambiente. Cuando en el ACP un genotipo presenta un valor próximo a cero, la interacción es pequeña; cuando ambos valores del ACP tienen el mismo signo, su interacción es positiva; si son diferentes es negativa (Hernández y Crossa, 2000), indican y ejemplifican la ventaja de la gráfica AMMI Biplot para explicar la interacción genotipo–ambiente. Según Yan *et al.* (2000), dada la necesidad de evaluar a los genotipos en un limitado número de ambientes, la mejor localidad puede ser la que disponga de altos valores del componente principal uno (CP1) y



pequeños valores de componente principal dos (CP2). Crossa *et al.* (1991) señalan también que localidades con valores CP1 cercanos a cero tienen poca interacción y baja discriminación de genotipos. Por lo tanto, el objetivo fue usar el modelo AMMI para ocho genotipos de trigo evaluados en 14 ambientes.

## **Materiales y Métodos**

Se evaluaron ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.): Elia M2016, Alondra F2014, Urbina S2007, Luminaria F2012, Bárcenas S2002, Cortazar S94, Maya S2007 y Salamanca S75 evaluadas en 14 ambientes de El Bajío, durante los ciclos OI 2013-14 a 2016-17. Se analizaron con el modelo AMMI. La siembra se hizo con densidad de 120 kg/ha en parcelas de validación con productores cooperantes. La parcela experimental y útil tuvo dos surcos de 3 m de longitud sembrados en doble hilera, separados 75 cm. Para todos los experimentos se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00, la mitad de N y todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con la siembra y el resto del N con el primer riego de auxilio. Las fuentes de fertilizantes fueron urea [CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] con 46% N, y superfosfato de calcio triple [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Las arvenses de hoja angosta se controlaron con Topik 24EC® 28 días después del riego de siembra y las de hoja ancha con Esteron 47® a los 34 días. Durante la etapa fenológica de grano masoso se aplicó Cipermetrina® al 2.5% para controlar pulgones. La cosecha se realizó con una cosechadora adaptada para parcelas experimentales, cuando el grano alcanzó de 12 a 14% de humedad.

## **Resultados y Discusión**

En la Figura 1 se muestran los resultados de la validación de ocho variedades evaluadas en 14 ambientes de El Bajío, durante los ciclos OI 2013-14 a 2016-17, analizadas con el modelo AMMI. 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 valores 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.

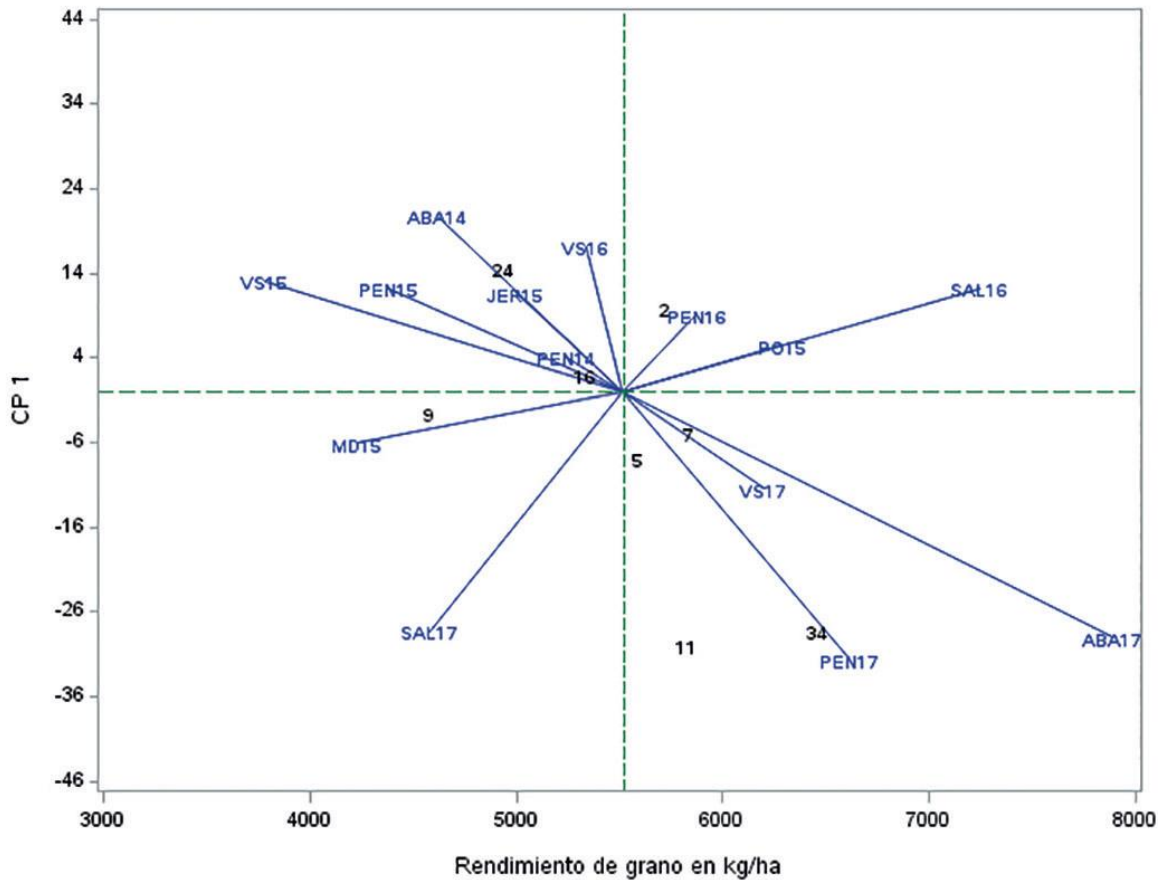


Figura 1. Biplot AMMI para rendimiento de grano de ocho genotipos de trigo 2 (Urbina S2007), 5 (Maya S2007), 7 (Bárceñas S2002), 9 (Eneida F94), 11 (Alondra F2014), 16 (Salamanca S75), 24 (Luminaria F2012) y 34 (Elia M2016), evaluados en 14 ambientes, ABA14 y ABA17 evaluaciones en Abasolo en los ciclos otoño invierno 2013-14 y 2016-17, JER15 en Jerécuaro 2014-15, MD15 en Manuel Doblado en OI 2014-15, PEN14, PEN15, PEN16 y PEN17 evaluación realizada en Pénjamo en los ciclos OI 2013-14, 2014-15, 2015-16 y 2016-17, PO15 evaluación en OI 2014-15 en Pastor Ortiz, Michoacán, SAL16 y SAL17.

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 variedad Elia M2016 (34) fue el genotipo con mayor rendimiento, seguido de Alondra F2014 (11) y Bárcenas S2002 (7); en cambio, la variedad Eneida F94 (9) expresó los rendimientos más bajos. El ambiente ABA17 (una evaluación en Abasolo durante el ciclo 2016-17) fue el que obtuvo el mayor rendimiento y el VS15 (una evaluación realizada en Valle de Santiago en el ciclo 2014-15) registró el menor rendimiento. Seis 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  $CP1 > 0$ , (que significa que, su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del  $CP1$ . Salamanca S75 (16) y Eneida F94 (9) 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. Se ha señalado que la estabilidad es importante, pero no es más que un modificador del rendimiento medio. El 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.

## Conclusiones

1. La variedad Elia M2016 (34) fue el genotipo con mayor rendimiento seguido de Alondra F2014 (11) y Bárcenas S2002 (7); en cambio, la variedad Eneida F94 (9) expresó los rendimientos más bajos.
2. El ambiente ABA17 (una evaluación en Abasolo durante el ciclo 2016-17) fue el que obtuvo el mayor rendimiento y el VS15 (una evaluación realizada en Valle de Santiago en el ciclo 2014-15) registró el menor rendimiento.
3. Seis ambientes obtuvieron rendimientos iguales o superiores a la media y el resto registró un rendimiento inferior.
4. Salamanca S75 (16) y Eneida F94 (9) 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.



## Literatura Citada

- Brancourt–Hulmel, M. y C. Lecomte. 2003. Effect of environmental variates on genotype environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. *Crop Sci.* 43:608-617.
- Chisi, M., P. Bramel-Cox, M. Witt, M. Classen and D. Andrews. 1996. Breeding for grain yield stability using full-sib family recurrent selection in sorghum. *Crop Sci.* 36:1083-1085.
- Crossa, J., H. G. Gauch Jr. and R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trails. *Crop Sci.* 30:493-500.
- Crossa, J., P. N. Fox, W. H. Pfeiffer, S. Rajaram and H. G. Gauch Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of two international maize cultivar trials. *Theor. Appl. Genet.* 81:27-37.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-46.
- Finlay, K. W. and A. A. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Austr. J. Agric. Res.* 14:742-754.
- Gauch, H. G. Jr. 1992. *Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs.* Elsevier, New York, NY, USA. 278 p.
- Gauch, H. G. Jr and Furnas R. E. 1991. Statistical analysis of yield trails with MATMODEL. *Agron. J.* 83:916-920.
- Hernández M. y J. Crossa. 2000. El análisis AMMI y la gráfica Biplot en SAS. <http://www.cimmyt.cgiar.org/biometrics> [consultado el 15 de mayo de 2015].
- Lin, C. S., M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.
- Mandel, J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics* 13:1-18.
- Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.
- Yates, F. and W. G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 28:556-580.
- Zobel, R., M. Wright and H. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:88-397.



## USO DE MICORRIZAS EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) Y SU RENTABILIDAD EN “EL BAJÍO”

Aquilino Ramírez Ramírez<sup>1\*</sup> Ernesto Solís Moya<sup>1</sup>, Luis A. Mariscal Amaro<sup>1</sup>, Lourdes Ledesma Ramírez<sup>1</sup>, Sarahyt S. González Figueroa<sup>1</sup> y Manuel Jerónimo Arriaga<sup>1</sup>

---

### Resumen

En El Bajío, se requiere usar un enfoque sustentable en la producción de alimentos. Para aumentar los rendimientos de los cultivos una de las medidas más eficaces es mejorar la nutrición de las plantas, y la más utilizada es la aplicación de fertilizantes químicos. Sin embargo, estos insumos han aumentado de precio, obligando a los productores a racionalizar su uso para reducir costos de producción. Una opción para mejorar la nutrición de las plantas manteniendo bajos los costos de cultivo, es el empleo de las micorrizas. Por esta razón se vio la necesidad de ver efecto del uso de micorrizas en cebada y su rentabilidad. El trabajo se realizó en terreno de un productor cooperante en Pénjamo, Gto. con la variedad Esperanza. Los tratamientos fueron: fertilización química 100% (FQ100) testigo, fertilización química 75% + micorriza (FQ75+M) y fertilización química 50% + micorriza (FQ50+M). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG), altura de planta, número de macollos por planta, granos por espiga, número de espigas m<sup>-2</sup>. Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas. También se calcularon la eficiencia agronómica y la rentabilidad de la tecnología aplicada. Los análisis indicaron que sólo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta. La FQ100 fue la mejor para número de macollos por planta, mientras que la FQ75+M fue la más alta en rendimiento, altura de planta y número de espigas m<sup>2</sup>. La eficiencia agronómica fue de 1.84 y la rentabilidad de 1:2.06, o sea por cada peso invertido se ganaron \$2.06.

**Palabras clave:** producción sustentable, nutrición de plantas, fertilización química, costos de producción

---

<sup>1</sup>Campo Experimental Bajío. CIRCE. INIFAP. ramirez\_aqui@hotmail.com



## Introducción

En México, se requiere usar un enfoque sustentable en la producción de alimentos. Es una necesidad imperante aumentar los rendimientos de los cultivos; una de las medidas más eficaces es mejorar la nutrición de las plantas. La medida más utilizada es la aplicación de fertilizantes químicos, los cuales incrementan significativamente la producción forrajera y de grano, pero su uso excesivo puede generar problemas medioambientales (Rivera *et al.*, 2010; Velázquez *et al.*, 2010), además de que han tenido aumentos considerables de precio (Huang, 2009). Dichos incrementos obligan a los productores a racionalizar su uso para reducir sus costos de producción, mejorando la rentabilidad de los cultivos. Esto es especialmente relevante en esta época, donde existe una gran volatilidad en los precios de los productos agrícolas. Los precios a la baja pueden reducir o nulificar las ganancias (Márquez *et al.*, 2012). Una opción para mejorar la nutrición de las plantas manteniendo bajos los costos de cultivo, es el empleo de las micorrizas, una alternativa viable que permite aumentar rendimientos, mejorando la rentabilidad de los cultivos. Algunos las consideran como los organismos terrestres más importantes en las interacciones con los agro-ecosistemas. 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. La estimulación del crecimiento que ocasionan es atribuible principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica (Plenchette *et al.*, 2005).

La mayoría de las raíces de la vegetación mundial forma asociación con hongos micorrízicos: el 83% de las dicotiledóneas, el 79% de las monocotiledóneas, y todas las gimnospermas regularmente forman este tipo de asociaciones (Wilcox, 1991). Trappe (1987) estima que el 95% de las especies vasculares presentan micorrizas. El uso de las micorrizas se está convirtiendo en una práctica común entre los productores. Es una parte importante del proceso de producción que, en combinación con otros factores favorece el buen desarrollo, aumenta el rendimiento y la calidad del producto de los cultivos. Varios trabajos han demostrado su bondad en la respuesta positiva de los cultivos.

Por otro lado, la eficiencia nutricional es la capacidad para producir mayor cantidad de biomasa seca por unidad de mineral aplicado o absorbido (Fageria y Baligar, 1997). En este sentido, la



eficiencia de aprovechamiento de un nutrimento se eleva al ser aplicado junto con la semilla, como es el caso de las micorrizas.

Sin embargo, los incrementos en rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables, pero lo más importante es que los trabajos deben ser avalados o soportados por un análisis económico para conocer su rentabilidad, que sin duda dependerá del cultivo en que se está aplicando, desde el punto de vista de su remuneración. Por lo cual, el objetivo fue evaluar en condiciones del productor cooperante la aplicación de micorrizas, determinar la mejor para aumentar los rendimientos de cebada, su eficiencia y rentabilidad.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se realizó en el terreno de un productor cooperante en la localidad Estación Pénjamo, municipio de Pénjamo, Gto., con la variedad Esperanza. Los tratamientos fueron: fertilización química 100% (testigo, FQ100 = 200-60-00), fertilización química 75% + micorriza (FQ75+M = 150-45-00 + M) y fertilización química 50% + micorriza (FQ50+M = 100-30-00 + M). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG) (kg/ha), altura de planta (cm), número de macollos por planta a los 75 días, granos por espiga y número de espigas m<sup>2</sup>. Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas.

La variable rendimiento de grano se usó para el cálculo de la eficiencia agronómica (EA), que permite conocer con que cantidad de nitrógeno el cultivo alcanza su máxima producción (Janssen, 1998), mediante la fórmula propuesta por Mengel y Kirkby (2001) y adaptada para micorrizas:  $EA = (RTFN - Rt) / NA$ , donde:

RTFN = Rendimiento de grano del tratamiento con micorriza (kg/ha),

Rt = Rendimiento de grano del testigo (kg/ha),

NA = N aplicado (kg/ha).

Para rentabilidad se consideraron sólo los costos directos; para estimarlos se tomaron los siguientes datos: rendimiento por hectárea del tratamiento con micorriza, costo de la micorriza más costo de aplicación (incluyendo equipo más jornales de trabajo por hectárea) y precio del grano. Con estos datos se estimó el ingreso total por concepto de aplicación de la micorriza,



el ingreso neto y la tasa de retorno. La fórmula usada, manejada por Trinidad y Aguilar (1999) y adaptada para micorrizas fue la siguiente:

$$\text{Ingreso total} = (T1-T0)*P$$

$$\text{Ingreso neto} = (T1-T0)*PG-CM$$

$$\text{Tasa de retorno} = [(T1-T0)*PG-CM]/CM \text{ donde;}$$

T1 = Rendimiento de grano con micorriza

T0 = Rendimiento de grano sin aplicación

PG = Precio del grano (\$5,000.00 por tonelada)

CM = Costo de la micorriza más aplicación

## Resultados y Discusión

Los análisis indican que sólo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta. En el Cuadro 1 se muestran las medias por tratamiento de las variables estudiadas y la comparación de medias para número de macollos por planta, donde se observa que el tratamiento con fertilización química (testigo FQ100) fue el que produjo más macollos por planta. Para rendimiento de grano, altura de planta y número de plantas m<sup>2</sup> el mejor tratamiento fue el FQ75 +M.

**Cuadro 1. Medias por tratamiento de las variables altura de planta, numero de macollos por planta, numero de espigas m<sup>2</sup> y rendimiento de grano.**

Variables	FQ100	FQ75 +M	FQ50 +M
Altura de planta (cm)	63.7	67.3	66.3
Número de macollos por planta	3.0 a	2.7 b	2.5 c
Número de espigas m <sup>-2</sup>	323	372	360
Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	6,264	6,356	5,692

FQ100 = fertilización química 100%; FQ75 + M = fertilización química 75%+ micorriza; FQ50 +M = fertilización química 50% + micorriza. Letras iguales presentan igualdad estadística al p=0.05.

En el Cuadro 2 se muestra que la eficiencia agronómica del nitrógeno fue de 1.84. También se observa en el resumen del análisis económico, en el que se estimó un costo de la micorriza y su aplicación a la semilla de \$150.00 por hectárea. El incremento en rendimiento fue de 92 kg



ha<sup>-1</sup> y considerando un precio de \$ 5,000.00 por tonelada de grano se tiene un ingreso total de \$460.00. A esto se le resta el costo de la micorriza teniendo un ingreso neto de \$310.00, que equivale a una tasa de retorno de 1:2.06; es decir por cada \$1.00 invertido se ganaron \$2.06 por concepto de aplicación de micorriza. Si además se incluye el ahorro en fertilizante, se tuvieron ganancias o ingreso neto de \$680.00.

## **Cuadro 2. Eficiencia agronómica de la micorriza y resumen de análisis económico de la aplicación de esta tecnología en cebada.**

<b>Indicadores económicos</b>	<b>Cantidades como indicadores</b>
<b>Micorriza</b>	2.0 kg/ha
<b>Eficiencia agronómica</b>	1.84
<b>Costo de micorriza + aplicación</b>	\$150.00
<b>Incremento de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	92.0
<b>Costo del grano por tonelada</b>	\$5,000.00
<b>Ingreso total</b>	\$460.00
<b>Ingreso neto sin incluir ahorro en fertilizante</b>	\$310.00
<b>Ingreso neto incluyendo ahorro de fertilizante*</b>	\$680.00
<b>Tasa de retorno</b>	2.06

\*Ahorro de fertilizante (50 y 15 kg de urea y superfosfato de calcio triple, respectivamente).

## **Conclusiones**

1. Sólo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta, el testigo FQ100 fue el mejor tratamiento. 2. Para rendimiento de grano, altura de planta y número de plantas m<sup>2</sup> el mejor tratamiento fue FQ75+M. 3. La eficiencia agronómica fue de 1.84. 4. La tasa de retorno o rentabilidad fue de 1:2.06, o sea por cada peso invertido se ganaron \$2.06.

## **Literatura Citada**

Fageria, N. K. and V. C. Baligar. 1997. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. J. Plant Nutr. 20(10):1267-1277.



- Huang, W. 2009. Factors contributing to the recent increase in U.S. fertilizer prices, 2002-08. Outlook AR-33. A report from the Economic Research Service. USDA. <http://www.ers.usda.gov/Publications/AR33/AR33.pdf>
- Janssen, B. H. 1998. Efficient use of nutrients: An art of balancing. *Field Crops Res.* 56:197-201.
- Márquez, B. S. R., G. Almaguer-Vargas, A. V. Ayala G., and A. K. Gardezi. 2012. Drought and agriculture: the case of Mexico. p. 729-732. *In: Proceedings Minia International Conference for Agriculture and Irrigation in the Nile Basin Countries.* Minia, Egypt.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> ed. Dordrecht Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 849 p.
- 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.
- Rivera, L. P., M. Robledo, E. Menéndez y P. F. Mateos. 2010. Biofertilizantes... ¿en cereales? *Tierras: Agricultura* 173:52-57.
- Trappe, J. M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. p. 5-25. *In: Safir, G. R. (ed.). Ecophysiology of VA mycorrhizal plants.* CRC Press Inc. Boca Raton, FL, USA.
- Trinidad, S. A. y D. Aguilar M. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra* 17:247-257.
- Velázquez, E., P. F. Mateos, A. Peix, R. Rivas, M. E. Trujillo T., J. M. Igual A. *et al.* 2010. Los rhizobia: biofertilizantes para leguminosas y no leguminosas. *Tierras: Agricultura* 173:78-85.
- Wilcox, H. E. 1991. Mycorrhizae. p. 731-765. *In: Waisel, Y., A. Eshel and U. Kafkafi (eds.). Plant roots - the hidden half.* Marcel Dekker. New York, NY, USA.





## RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA REGIÓN DE TALA, JALISCO

*Jeovani Francisco Cervantes Preciado<sup>1\*</sup>, Marcelino Álvarez Silva<sup>1</sup> y Luis Alberto Solano González<sup>2</sup>*

### Resumen

En un suelo franco arcilloso y en condiciones de riego de auxilio, se estableció un grupo de 13 nuevos híbridos de caña de azúcar en fase agroindustrial. El objetivo fue evaluar y seleccionar su adaptación y comportamiento de campo e industrial, utilizando los testigos comerciales Mex 57-473 y CP 72-2086 como control. Las características evaluadas fueron: población de tallos molederos, estimación del rendimiento de campo a los 13 meses de edad de la planta y porcentaje de sacarosa en caña. La prueba de Tukey comparó los promedios con un nivel de confianza del 5%. Los resultados obtenidos indicaron que durante el ciclo planta y en condiciones locales del suelo, el híbrido ColMex 05-484 (C3) mostró el mayor rendimiento estimado de campo ( $204.4 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el mayor valor para el azúcar teórico por hectárea (29.59 t), a pesar de que obtuvo valores bajos de porcentaje de sacarosa (Pol) (14.47%). Con respecto al porcentaje de sacarosa, los híbridos ColMex 05-542 (16.71%), el testigo Mex 57-473 (15.90%) y ColMex 05-38 (C9) (15.98%) obtuvieron registros altos a los 13 meses, con valores superiores al control comercial CP 72-2086 (15.71%). Una limitación importante en el ensayo fue la poca humedad en el suelo al momento de la plantación, así como, presencia y daño no cuantificado de la enfermedad raya roja en la mayoría de los híbridos evaluados.

**Palabras clave:** producción, sacarosa, riego de auxilio

<sup>1</sup> Campo Experimental Tecomán. INIFAP. cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Ingenio Tala S. A. de C. V. Grupo Azucarero México.



## Introducción

En México más de 164 mil productores distribuidos en 15 estados se dedican a la producción de caña de azúcar (CONADESUCA, 2016), cuya agroindustria, anualmente beneficia a más de 2 millones de personas de manera directa e indirecta. En la zafra 2018/19 se cultivó una superficie aproximada de 805 mil hectáreas, con promedio de producción de 70.81 t/ha (CONADESUCA, 2019). El estado de Jalisco, que ocupa el segundo lugar en producción de caña de azúcar del país, participó con más de 80 mil hectáreas distribuidas en seis ingenios, entre los que destaca el ingenio Tala S. A. de C. V. con 23 mil hectáreas sembradas durante el mismo periodo (CONADESUCA, 2019). Pese a la relevancia del cultivo desde el ámbito estatal y nacional, existe la prioridad de ampliar o renovar el número de variedades comerciales, principalmente las que rebasan los 30 años de uso y que actualmente presentan marcada diferencia productiva, mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, desadaptación a los cambios climáticos y edáficos, incidiendo en baja productividad y como consecuencia, disminución de la rentabilidad del cultivo. En el país, la obtención de nuevas variedades es una de las principales prioridades tecnológicas de los productores e industriales de la caña de azúcar (Moreno, 2010). En este contexto el programa nacional de mejoramiento genético mediante un proceso experimental que comprende las etapas de hibridación y selección de variedades y un periodo entre 14 y 15 años ininterrumpidos de evaluación (Senties *et al.*, 2016), ha obtenido cultivares de alto rendimiento agroindustrial para algunas zonas cañeras del país. Por ejemplo, en Campeche, Vera *et al.* (2016) mediante la evaluación agroindustrial de nuevas variedades encontraron que CP 94-1674 y SP 83-5073 superaron a las variedades comerciales en producción de caña y sacarosa. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar y seleccionar nuevos híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con alto rendimiento agroindustrial y adaptación al área de abasto del Ingenio Tala, localizado en el municipio de Tala, Jalisco, México.



## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en terrenos del Campo Experimental del Ingenio Tala S. A. de C. V., ubicado en la localidad de Teuchitlán, municipio de Tala, Jalisco, con las siguientes coordenadas geográficas: 20°41'54.5" N y 103°51'22.5" W. Las condiciones edafoclimáticas del lugar son: suelo franco arcilloso y ligera pedregosidad. El sitio se encuentra a una altitud de 1,200 m, tiene una temperatura media anual de 20.5°C y precipitación pluvial anual de 821 mm (Ruíz *et al.*, 2012). En este trabajo se evaluaron 13 nuevos híbridos de caña de azúcar en fase agroindustrial, ciclo planta y bajo condiciones de riego de auxilio. El material vegetativo procede de semilla verdadera (Fuzz), generación 2005, obtenido del proceso de hibridación del CIDCA y de las fases avanzadas del programa de selección de híbridos del Campo Experimental Tecomán del INIFAP, los cuales fueron comparados con los testigos regionales Mex 57-473 y CP 72-2086 (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cinco surcos de 8 m de longitud por 1.20 m de ancho, parcela útil de tres surcos de 8 m de longitud. Las variables evaluadas fueron: estimación de rendimiento de campo y porcentaje de sacarosa a los 13 meses de edad de la planta. Los valores obtenidos de las variables agronómicas se analizaron mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 1. Relación de nuevos híbridos de caña de azúcar en evaluación dentro del área de abasto del Ingenio Tala S. A. de C. V.**

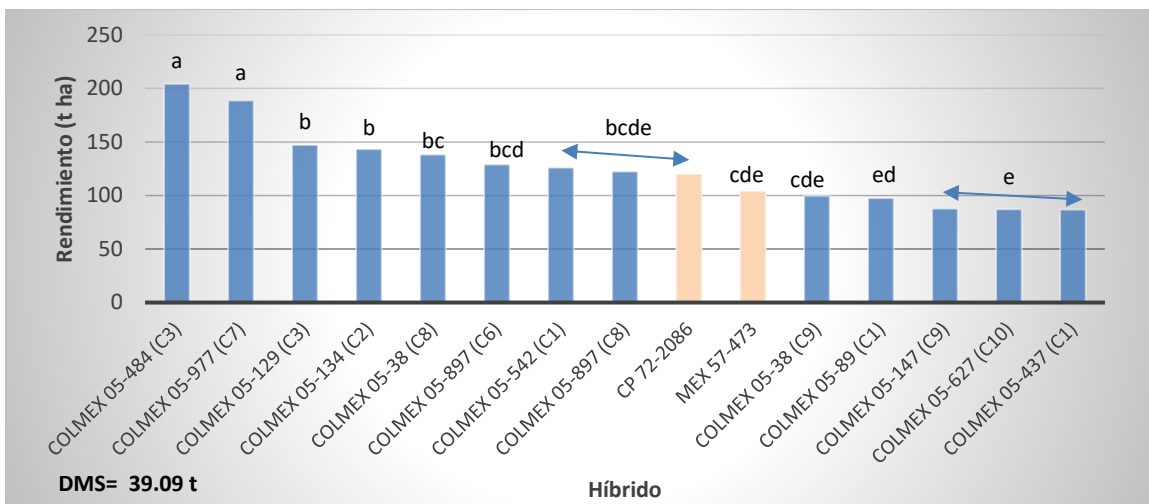
Híbrido y clon	Origen	Híbrido y clon	Origen
ColMex 05-129 (C3)	Fuzz	ColMex 05-542 (C1)	Fuzz
ColMex 05-134 (C2)	Fuzz	ColMex 05-627 (C10)	Fuzz
ColMex 05-147 (C9)	Fuzz	ColMex 05-89 (C1)	Fuzz
ColMex 05-38 (C8)	Fuzz	ColMex 05-897 (C6)	Fuzz
ColMex 05-38 (C9)	Fuzz	ColMex 05-897 (C8)	Fuzz
ColMex 05-437 (C1)	Fuzz	ColMex 05-977 (C7)	Fuzz
ColMex 05-484 (C3)	Fuzz	CP 72-2086	Testigo
		Mex 57-473	Testigo



## Resultados y Discusión

### Rendimiento de campo

Los datos del ANOVA para la variable rendimiento de campo, indicaron que hubo diferencia altamente significativa entre los híbridos evaluados, mas no así para sus repeticiones, con valores de 0.0001 y 0.0944 respectivamente, además de un coeficiente de variación (CV) de 12.24%, lo cual indicó que el experimento fue confiable. La prueba de Tukey al 5% (Figura 1), destaca los híbridos ColMex 05-484 (C3) y ColMex 05-977 (C7) con 204.40 y 188.90 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, los cuales, a pesar de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) obtenida de 39.09 t ha<sup>-1</sup>, fueron estadísticamente superiores al resto de los híbridos en evaluación, donde se encuentran agrupados los testigos comerciales CP 72-2086 y Mex 57-473, con valores de 120 y 104 t/ha respectivamente. Lo anterior, indica que los resultados son económicamente significativos, debido al precio actual de la tonelada de caña de azúcar (\$800.00 aproximadamente).



**Figura 1. Rendimiento de campo a los 13 meses de edad de la planta, en la localidad de Teuchitlán, Jalisco, dentro de la zona de abasto del Ingenio Tala S. A. de C. V.**

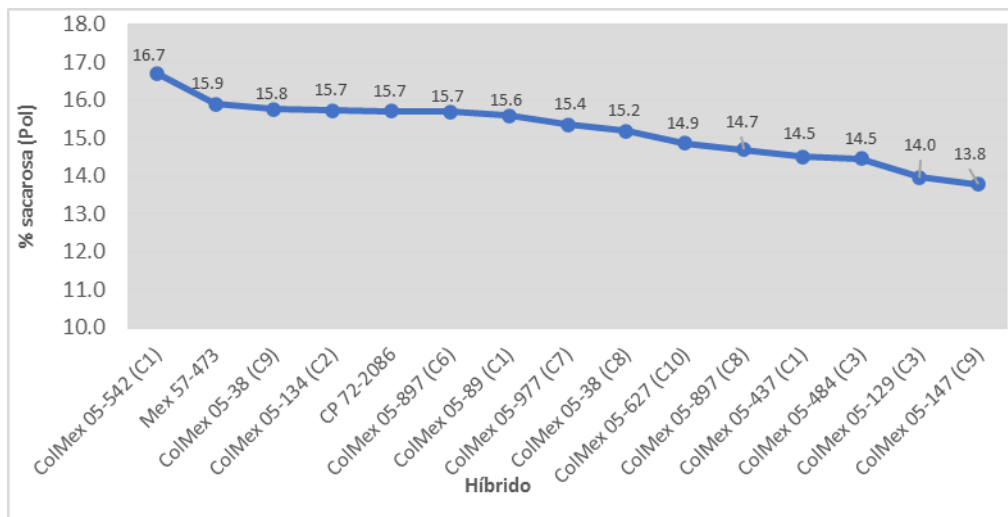
Por otro lado, mencionar que solamente cinco híbridos en evaluación (ColMex 05-38 (C9), ColMex 05-89 (C1), ColMex 05-147 (C9), ColMex 05-627 (C10) y ColMex 05-437 (C1)) obtuvieron valores alrededor a 100 t ha<sup>-1</sup>, lo cual indica que son similares a los rendimientos históricos de las variedades o híbridos cultivados en dicho lugar. Cervantes *et al.* (2017),



reportaron que, para el rendimiento de campo y fábrica en nuevas variedades, participan un grupo de variables de clima, suelo y manejo, que tienen una influencia marcada en su comportamiento.

### Porcentaje de sacarosa (Pol)

El contenido de sacarosa en caña es uno de los componentes más importantes al momento de la cosecha, ya que está asociado con un alto rendimiento de campo y alta eficiencia de fábrica. Entre mayor sea la cantidad de azúcar obtenida en la agroindustria, mayor será el ofrecimiento del precio por tonelada de caña de azúcar. En la Figura 2 se puede observar el contenido de sacarosa a la edad de los 13 meses para cada uno de los híbridos evaluados, siendo ColMex 05-542 (C1) el que obtuvo el mayor valor para esta variable (16.7%), seguido por un grupo de cinco híbridos más, en los que se encuentran los testigos comerciales Mex 57-473 y CP 72-2086 con valores de 15.9 y 15.7% respectivamente, pudiéndose considerar como híbridos de tipo de madurez temprana.



**Figura 2. Porcentaje de sacarosa en caña (Pol) a los 13 meses de edad de la planta, en la localidad de Teuchitlán, Jalisco, dentro de la zona de abasto del Ingenio Tala S. A. de C. V.**

Los resultados también muestran heterogeneidad en los valores de sacarosa, debido a que algunos híbridos, sobre todo los de menor contenido de sacarosa, puedan ser de tipo de madurez tardío, lo que se pudiera corroborar con la toma de información en ciclo soca y resoca del cultivo. Estudios anteriores considerando dos ciclos de evaluación, muestran que algunos



nuevos híbridos sobresalientes en sacarosa (García *et al.*, 2017), en ocasiones coinciden y en otras no, con los materiales representados en la Figura 2. Por ello es importante seguir con futuras evaluaciones para la determinación de la curva de madurez (Delgado *et al.*, 2012). Igualmente, el considerar la interacción de aspectos edáficos, climáticos y de manejo en la respuesta o comportamiento de un nuevo material a un ambiente determinado (Cervantes *et al.*, 2017), es vital para la distribución de nuevas variedades.

## **Conclusiones**

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, podemos concluir que durante el ciclo planta y en condiciones locales del suelo, el híbrido ColMex 05-484 (C3) mostró el mayor rendimiento estimado de campo (204.4 t/ha) y el mayor valor para el azúcar teórico por hectárea (29.59 t), a pesar de que obtuvo valores bajos de porcentaje de sacarosa (Pol) (14.47%). Con respecto al porcentaje de sacarosa, los híbridos ColMex 05-542 (16.71%), el testigo Mex 57-473 (15.90%) y ColMex 05-38 (C9) (15.98%) obtuvieron registros altos a los 13 meses, con valores superiores al control comercial CP 72-2086 (15.71%). Sin embargo, es importante evaluar los híbridos durante los ciclos soca y resoca, con la finalidad de determinar el mejor híbrido para la zona o área de evaluación.

## **Agradecimientos**

Al Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) por la aportación de la semilla FUZZ. Al personal técnico de campo del Ingenio Tala S. A. de C. V. del Grupo Azucarero México (GAM), por todo el apoyo recibido para la realización del presente trabajo de investigación en campo y laboratorio.



## Literatura Citada

- Cervantes, P. J. F., N. Milanés R. y J. C. García P. 2017. Evaluación de rendimiento de campo de 11 nuevos 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*. Boca del Rio, Ver., México.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector. Nuevas variedades de caña de azúcar. México, D. F. 16 p.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2019. Reportes balance de caña cosechada y de molienda. Zafra: 2018-2019. Datos al: 28/12/2019.  
<https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/Reporte.aspx?cr=64&lstZaf=2019+++&mZafra=1&numero=0&mNumeno=1&recorrer=1&mSector=1&mIngenio=1&li mitl=75&lstEst=14&mEstado=1&f=2&acu=1>.
- Delgado, M. I., J. Suárez H., H. García P., N. Bernal L., F. R. Díaz M., A. Bernal V. *et al.* 2012. Potencialidades de familias de variedades de caña de azúcar para diferentes períodos de zafra en Cuba. *Cultivos Tropicales* 33(3):5-14.
- García, P. J. C., M. Álvarez C., M. Guzmán M., J. F. Cervantes P. y M. J. Bermúdez G. 2017. Evaluación de variables de calidad en híbridos de *Saccharum* spp. en diferentes ambientes agroecológicos de Jalisco, México. *Agroproductividad* 10(11):105-111.
- Moreno, T. V. M. 2010. Nuevas variedades de caña de azúcar. Programa de Documentación de Casos de Éxito. Fundación Produce Colima A. C., IICACOFUPRO. Colima, Col., México. 57 p.
- Ruiz, C. J. A., H. E. Flores L., J. R. Regalado R. y G. Ramírez O. 2012. Estadísticas climáticas normales del estado de Jalisco. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 350 p.
- Sentíes, H. H. E., F. C. Gómez M. y R. Loyo J. 2016. El mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México: una historia de éxito con nuevos desafíos. *Agroproductividad* 9(2):9-15.
- Vera, E. J., E. Carrillo A., S. Flores C., J. Arreola E., M. Osnaya G. y C. Castillo A. 2016. Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) *Agroproductividad* 9(3):21-26.



## CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL RUBÍ EN VERACRUZ Y CHIAPAS, MÉXICO

*Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>1\*</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>1</sup>, José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>2</sup>, José Luis Anaya López<sup>3</sup> y Jorge A. Acosta Gallegos<sup>3</sup>*

### Resumen

En Veracruz y Chiapas, México, la productividad de frijol es baja (<700 kg/ha), debido a que el cultivo es afectado por la incidencia de enfermedades, la sequía y los suelos ácidos. Para contribuir a solucionar esta problemática, el INIFAP desarrolló y registró la variedad Rubí en el SNICS. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer sus principales características agronómicas y su respuesta productiva a nivel semi-comercial en diferentes regiones productoras. Durante el ciclo invierno-primavera de 2018, bajo condiciones de riego, Rubí se caracterizó en dos ambientes del estado de Veracruz; uno en la localidad de El Rubí y otro en Tlapacoyan, ubicadas en las zonas centro y norte de la entidad, respectivamente. En cada lote se sembraron parcelas de 10 surcos de 10 m de longitud por genotipo. Se cuantificaron 31 características cualitativas y 12 cuantitativas, de acuerdo a las guías metodológicas de la UPOV y el SNICS. Durante el temporal de 2018 y 2019, Rubí se validó y comparó con las variedades Negro Jamapa y T-39 en la localidad de Rincón Grande, Orizaba, ubicada en la zona central montañosa de Veracruz y en el temporal de 2018 en San Sebastián, municipio de Villa Corzo, en el centro de Chiapas. Los resultados indicaron que Rubí es una variedad de crecimiento indeterminado, de plantas arbustivas y erectas, tipo II, con una altura de planta promedio de 42.5 cm, guías medianas, hojas de color verde oscuro, vainas amarillas a la madurez fisiológica y grano negro opaco, de forma circular a elíptica, con un peso de 100 semilla de 17.5 g. Es de ciclo precoz (con 71 días a la madurez fisiológica), resistente al BCMV y tolerante al BGYMV. En parcelas de validación, el rendimiento promedio de Rubí fue de 1,487 kg/ha, significativamente superior al de T-39 y similar al de Negro Jamapa.

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla – INIFAP. [ibarra.francisco@inifap.gob.mx](mailto:ibarra.francisco@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Campo Experimental Ixtacuaco – INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Bajío – INIFAP.





**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., descripción varietal, rendimiento de grano

## Introducción

En el sureste de México, el frijol de grano negro es el de mayor demanda comercial, por lo que, la mayoría de las siembras de frijol se realizan con variedades de este tipo de grano (FIRA, 2016). En esta región, Chiapas y Veracruz sobresalen por su superficie de siembra de frijol, la cual durante 2018 fue en total de 145,683 ha; sin embargo, el rendimiento promedio conjunto de ambas entidades es bajo (<700 kg/ha) (SIAP, 2019), debido a que el cultivo es afectado por factores bióticos y abióticos, entre los que destacan: la incidencia de las enfermedades como el mosaico amarillo dorado del frijol (BGYMV) y el mosaico común del frijol (BCMV) (López *et al.*, 2006), la sequía terminal, que frecuentemente ocurre después de la floración del cultivo cuando el frijol se cultiva en condiciones de humedad residual, particularmente en el ciclo de otoño-invierno (Tosquy *et al.*, 2017), así como la siembra de frijol en suelos ácidos deficientes en nutrientes y pobres en su contenido de materia orgánica (Villar *et al.*, 2003; Tosquy *et al.*, 2008).

Como una opción para solucionar esta problemática, en el Programa de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para el sureste de México, se han realizado estudios de mejoramiento genético para obtener cultivares resistentes a enfermedades, tolerantes a sequía y con adaptación en suelos ácidos de baja fertilidad (López *et al.*, 2007). Como producto de estos trabajos de investigación en 2018 se generó la variedad Rubí.

La línea Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 que dio origen a la variedad Rubí, se derivó de la cruce simple Jamapa Plus/XRAV-187-3, realizada en 2007 en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP. La línea Jamapa Plus se utilizó como progenitor de amplia adaptación al trópico y grano de aceptación comercial, mientras que la línea élite XRAV-187-3 como fuente de resistencia al mosaico amarillo dorado del frijol, ya que tiene el gen *bgm-1* y el QTL SW12, que le confieren resistencia al BGYMV, así como al mosaico común del frijol (BCMV) y mosaico necrótico común del frijol (BCMNV), ya que sus plantas poseen el gen *I*, que le confiere resistencia al BCMV (Beaver *et al.*, 2014).



De la generación F<sub>2</sub> hasta la F<sub>8</sub> se realizaron selecciones individuales y masales; en 2015, la línea F<sub>6:10</sub> Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8, que dio origen a Rubí, junto con otros 67 genotipos de frijol se tamizaron mediante inoculación artificial y el uso de marcadores moleculares, para determinar su resistencia al BGYMV, BCMV y BCMNV (Anaya *et al.*, 2018). De 2015 a 2017 se evaluó en viveros de adaptación y en ensayos uniformes de rendimiento en diferentes ambientes de los estados de Veracruz y Chiapas, bajo condiciones de temporal, humedad residual, riego y sequía terminal, en donde obtuvo rendimientos de grano significativamente sobresalientes y alta eficiencia productiva con y sin estrés hídrico terminal (Ibarra *et al.*, 2019), así como la menor interacción con el ambiente, muy superior a la mostrada por las variedades comerciales Negro Comapa y Negro Grijalva (Tosquy *et al.*, 2019), es decir, que la nueva variedad tiene mayor estabilidad del rendimiento y mejor adaptación en los ambientes de prueba que las variedades referidas.

En 2018, la línea Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 (Rubí) se caracterizó, junto con dos testigos de referencia de acuerdo a la guía metodológica de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2012) y la guía técnica para la descripción varietal de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2017); así mismo, durante 2018 y 2019 se validó en terrenos de agricultores en tres ambientes de los estados de Veracruz y Chiapas. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer sus principales características agronómicas, así como su respuesta productiva a nivel semi-comercial.

## **Materiales y Métodos**

### **Caracterización de Rubí**

Durante el ciclo invierno-primavera de 2018, la variedad Rubí, junto con las variedades comerciales Negro Jamapa y Negro INIFAP (utilizadas como testigos de referencia) se caracterizaron en dos ambientes del estado de Veracruz. Uno ubicado en la localidad de El Rubí, municipio de Medellín de Bravo, en la zona centro de la entidad, localizado a 18° 55' de latitud norte (LN) y 96° 11' de longitud oeste (LO), a una altitud de 22 m, con clima sub-húmedo Aw<sub>0</sub> (w)(g) y otro ubicado en el Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTA), municipio de



Tlapacoyan, en la zona norte de la misma entidad, localizado a 20° 02' 17.9" LN y 97° 05' 47.8" LO, a una altitud de 92 m, con clima cálido húmedo Af(m) (e), de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1987).

Ambos lotes de caracterización se sembraron en febrero de 2018. Cada genotipo se sembró en parcelas de 10 surcos de 10 m de longitud, a una densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> (se depositaron 20 semillas por metro lineal en surcos de 0.80 m), los cuales se condujeron bajo condiciones de riego durante todo el ciclo del cultivo. La fertilización, el control de malezas y plagas se hicieron de acuerdo a las recomendaciones que para frijol hace el INIFAP para el estado de Veracruz (López *et al.*, 2017).

En cada genotipo se cuantificaron 31 características cualitativas y 12 cuantitativas, las cuales se registraron durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Cuadros 1 y 2). En las variables cualitativas se realizó evaluación visual mediante observación de un grupo de plantas o partes de plantas, mientras que las observaciones cuantitativas se efectuaron sobre una muestra de 20 plantas con competencia completa o partes de cada una de las 20 plantas, de acuerdo a la guía metodológica propuesta por la UPOV (2012) y la guía técnica para la descripción varietal de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del SNICS (2017).

**Cuadro 1. Características cualitativas y su etapa de registro en tres genotipos de frijol negro. Ciclo invierno-primavera de 2018.**

Característica	Etapa de registro
Planta	
Pigmentación antociánica del hipocótilo	En plántula (hojas primarias)
Intensidad de pigmentación del hipocótilo	“ “ “ “
Tipo de crecimiento	Floración media
Tipo de planta	“ “
Hoja	
Intensidad del color verde	En plena floración
Rugosidad	“ “ “
Forma del foliolo terminal	“ “ “
Longitud del ápice del foliolo terminal	“ “ “
Inflorescencia y flor	
Ubicación de inflorescencias	En plena floración
Tamaño de las brácteas de la flor	Floración media
Color del estandarte de la flor	“ “



**Continúa Cuadro 1...**

Característica	Etapa de registro
Color del ala de la flor	“ “
Vaina	
Forma en sección transversal	Madurez de mercado
Color base	“ “ “
Intensidad del color base	“ “ “
Color base	Madurez fisiológica
Intensidad del color base	“ “
Presencia de un color secundario	En vaina y semilla seca
Filamento de la sutura ventral	Madurez de mercado
Grado de curvatura	“ “ “
Forma de la curvatura	“ “ “
Forma de la parte distal (excluido el pico)	“ “ “
Curvatura del pico	“ “ “
Textura de la superficie	“ “ “
Estrangulamientos	En vaina seca
Semilla	
Forma en la sección longitudinal	En semilla seca
Forma en sección transversal	“ “ “
Número de colores	“ “ “
Color principal (superficie mayor)	“ “ “
Color secundario	“ “ “
Venación	“ “ “

**Cuadro 2. Características cuantitativas, época de registro y unidades de medida de tres genotipos de frijol negro. Ciclo invierno-primavera de 2018.**

Característica	Etapa de registro	Unidad de medida
Planta		
Altura	100% de floración	cm
Hoja		
Tamaño del foliolo terminal	En plena floración	cm
Inflorescencia y flor		
Época de floración media	Momento en que ocurra	dds*
Vaina		
Longitud (excluida el pico)	Madurez de mercado	cm
Anchura	“ “ “	mm
Espesor	“ “ “	mm



**Continúa Cuadro 2...**

Característica	Etapa de registro			Unidad de medida
Relación espesor/anchura	“	“	“	Adimensional
Longitud del pico	“	“	“	mm
Época de madurez fisiológica	Momento en que ocurra			dds*
<b>Semilla</b>				
Peso de 100 semillas	En estado seco			g
Anchura en sección transversal	“	“	“	mm
Longitud	“	“	“	mm

\*días después de la siembra.

**Validación de Rubí**

La variedad Rubí se validó en terrenos de agricultores y comparó con las variedades testigo Negro Jamapa y T-39 (de grano tipo Negro Michigan), en dos ambientes del estado de Veracruz y uno en Chiapas. En Veracruz, las parcelas de validación se establecieron durante los ciclos de verano de 2018 y 2019, bajo condiciones de temporal, en la localidad de Rincón Grande, municipio de Orizaba, ubicada en la región de Las Altas Montañas, a 18° 51' LN y 97° 06' LO, a una altitud de 1,248 m, con clima semi-cálido húmedo (A) C(m)b(i)g, mientras que en Chiapas, la parcela se estableció en el temporal de 2018, en la localidad de San Sebastián, municipio de Villa Corzo, ubicado en la zona centro de la entidad, a 16° 09' 28'' LN y 93° 17' 40'' LO, a una altitud de 569 m, con clima cálido sub-húmedo Aw<sub>1</sub> (García, 1987).

La superficie total de cada parcela con los tres genotipos varió entre 1500 y 2000 m<sup>2</sup>, en donde los genotipos se sembraron en surcos separados a 0.80 m, a una densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>, ya que se depositaron 20 semillas por surco lineal. El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a la recomendación que para frijol hace el INIFAP, para los estados de Veracruz y Chiapas (Villar *et al.*, 2002; López *et al.*, 2017).

Durante la conducción de las parcelas se registró la precipitación pluvial ocurrida en el ciclo del cultivo. Al final de la etapa de maduración (R9) se seleccionaron cuatro muestras representativas de la superficie total de cada variedad, en las que se cosecharon y trillaron las plantas de un surco de 5 m de longitud (4 m<sup>2</sup> por muestra). El grano cosechado, se limpió y se pesó, y se estimó el rendimiento en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

Con los datos de rendimiento de cada muestreo, se obtuvo el promedio por genotipo y localidad, y se determinó el porcentaje de incremento de rendimiento de la variedad Rubí, con



respecto al obtenido por las variedades testigo. Así mismo, se aplicó la prueba t de Student para determinar si el promedio de rendimiento de la variedad Rubí fue significativamente mayor, al promedio de los dos testigos (Reyes, 1990).

## Resultados y discusión

### Descripción de la variedad Rubí

De acuerdo a la guía metodológica de la UPOV (2012) y guía técnica del SNICS (2017), las plantas de la variedad Rubí son de crecimiento indeterminado, arbustivas y erectas tipo II (Singh, 1982), con una altura promedio de 42.5 cm, guías medianas y hojas de color verde oscuro. Sus flores son de color violeta, las vainas amarillas en la madurez fisiológica y de color semejante a la paja en la cosecha y su grano es negro opaco, de forma circular a elíptica y tamaño pequeño, con un peso promedio de 17.5 g por 100 semillas (Figura 1 y Cuadro 3), clasificado como muy ligero (SNICS, 2017), el cual reúne las características de tipo de grano comercial que demanda el consumidor del sureste de México.



Figura 1. Tipo de grano de la variedad Rubí.

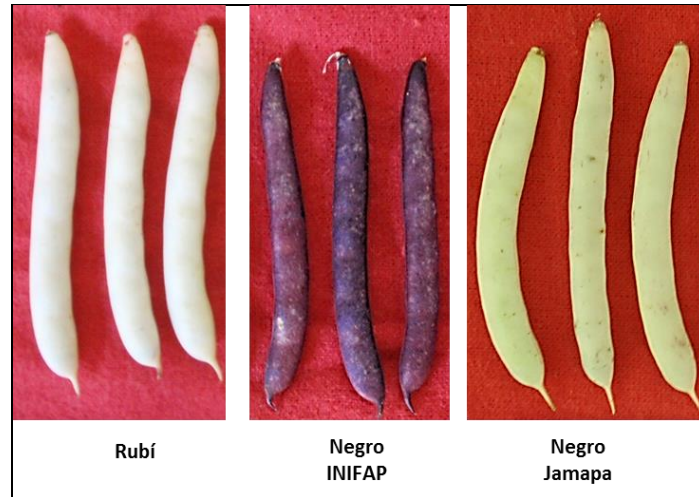


**Cuadro 3. Principales características botánicas y agronómicas de la variedad Rubí.**

Característica	Cualitativa	Cuantitativa
Habito de crecimiento	Indeterminado, tipo II (guía mediana)	
Color de hojas	Verde de intensidad oscura	
Color de la flor (estandarte y alas)	Violeta	
Floración media (días)		36 a 40
Altura de Planta (cm)		Media (30 a 50 cm)
Reacción al virus del mosaico amarillo dorado	Baja incidencia	< 20%
Resistencia al virus del mosaico común	Resistente	Ausencia de síntomas (100%)
Reacción a antracnosis	Tolerante	
Reacción a roya	Tolerante	
Tamaño del foliolo terminal (cm)		Grande (> 9 cm)
Longitud de la vaina (cm)		Mediana (7 a 10 cm)
Anchura de la vaina (mm)		Ancha (> 10 cm)
Color de la vaina a madurez fisiológica	Amarilla	
Madurez fisiológica (d)		69 a 73
Color de la vaina a cosecha	Crema	
Cosecha (d)		80 a 85
Color de la semilla	Negro opaco	
Forma y tamaño de la semilla	Circular a elíptica y pequeña	
Peso de 100 semillas (g)		Muy ligero (< 25 g)

Valores promedio obtenidos en dos lotes de prueba.

Las principales características cualitativas en que difiere Rubí de las variedades Negro Jamapa y Negro INIFAP son las siguientes: la intensidad del color de hojas, que es oscura en las variedades Rubí y Negro Jamapa y de intensidad media en la variedad Negro INIFAP, así como el color de base de la vainas y su intensidad en la etapa de madurez fisiológica, el cual es amarillo de intensidad débil en las variedades Rubí y Negro Jamapa, y de color violeta de intensidad fuerte, en la variedad Negro INIFAP (Figura 2).



**Figura 2. Diferencias en el color de base de las vainas en la etapa de madurez fisiológica de la variedad Rubí y las variedades Negro INIFAP y Negro Jamapa.**

En las características cuantitativas, las plantas de las variedades Rubí y Negro Jamapa son de porte medio, con una altura promedio de 42.5 y 43.1 cm, respectivamente, en tanto que las de la variedad Negro INIFAP son de porte alto, con una altura promedio de 53.4 cm; el tamaño del foliolo terminal, que es grande en las variedades Rubí y Negro INIFAP (promedio de 9.4 y 10.2 cm) y medio en la variedad Negro Jamapa (promedio de 8.7 cm) (Figura 3).



**Figura 3. El foliolo terminal de la variedad Rubí es grande, mientras que el de Negro Jamapa es de tamaño medio.**

Las plantas de la variedad Rubí llegan a las etapas de floración y madurez fisiológica de manera muy temprana (promedio de 38 y 71 días, respectivamente); en tanto que, las variedades Negro Jamapa y Negro INIFAP alcanzan dichas etapas a los 42 y 75 días después





de la siembra (UPOV, 2012). La característica de precocidad de la nueva variedad, le permite escapar a los periodos de sequía terminal, que comúnmente ocurren en las siembras de frijol de humedad residual del ciclo de otoño-invierno (Acosta-Díaz *et al.*, 2011), así como obtener grano de mejor calidad, al menos ocho días antes que las variedades testigo que comúnmente se siembran en la región.

Otras características sobresalientes de esta variedad, es su resistencia al BCMV y su baja incidencia de BGYMV (Anaya *et al.*, 2018) debido a que sus plantas poseen los genes *I*, *bgm-1* y el QTL SW12, respectivamente, que les confieren resistencia a estos virus, en tanto que, la mayoría de las variedades criollas y la variedad Negro Jamapa, comúnmente utilizadas en Veracruz y Chiapas son susceptibles a estas enfermedades virales, principalmente al BGYMV (Figura 4); así como su amplia adaptación a las áreas tropicales y subtropicales de los estados de Veracruz y Chiapas y mayor potencial de rendimiento que las variedades antes mencionadas (Tosquy *et al.*, 2019).



**Figura 4. Plantas de la variedad Negro Jamapa con incidencia del BGYMV (izquierda) y de la variedad Rubí con buena sanidad (derecha).**

#### **Validación de la variedad Rubí**

En Rincón Grande, Orizaba, Ver., se obtuvieron los rendimientos de grano más altos (Cuadro 4), debido principalmente a que, en ambos ciclos de temporal, el cultivo dispuso de una precipitación pluvial total superior a 900 mm, con adecuada distribución de lluvias durante el



ciclo del cultivo, mientras que, en San Sebastián, Villa Corzo, Chis., aunque el cultivo también dispuso de adecuada cantidad de agua de lluvia (652.1 mm), se presentó un periodo de sequía que incluyó la mayor parte de la fase vegetativa del cultivo, lo que afectó el crecimiento, desarrollo y el rendimiento de frijol (Núñez y Foster, 1996).

En el mismo cuadro se observa que, el rendimiento promedio de Rubí en Rincón Grande fue 71.3% superior al de la variedad T-39 (de grano tipo Negro Michigan) y ligeramente inferior (2.6%) al de Negro Jamapa, mientras que en San Sebastián, el rendimiento de Rubí fue muy superior al de las dos variedades comerciales. El rendimiento promedio general de Rubí fue de 1,487 kg/ha, significativamente superior al de T-39 y estadísticamente similar al promedio de Negro Jamapa. Así mismo, el rendimiento promedio general de la nueva variedad superó en 31.2% al promedio obtenido por los dos testigos regionales (Cuadro 4). Estos resultados permitieron confirmar el mayor potencial de rendimiento y mejor adaptación que tiene Rubí, en relación con variedades como Negro Jamapa y T-39, comúnmente utilizadas por los agricultores en los estados de Veracruz y Chiapas.

**Cuadro 4. Rendimiento de grano (kg/ha) de Rubí y dos variedades comerciales de frijol negro en parcelas de validación conducidas en Veracruz y en Chiapas. Ciclos de verano de 2018 y 2019.**

Localidad/estado/año	Rubí	Negro Jamapa	T-39	Promedio de testigos
Rincón Grande, Orizaba, Ver., 2018	1,602	2,023	993	1,508
Rincón Grande, Orizaba, Ver., 2019	1,628	1,294	894	1,094
Promedio	1,615	1,658	943	1,301
IRT (%)		-2.6	71.3	24.1
San Sebastián, Villa Corzo, Chis., 2018	1,231	746	852	799
IRT (%)		65.0	44.5	54.1
Promedio general	1,487	1,354.3 ns	913.0 *	1,133.7
IRT (%)		9.8	62.9	31.2

IRT = Incremento de rendimiento de la variedad Rubí respecto a los testigos. ns = Diferencia no significativa entre el rendimiento promedio de Rubí y Negro Jamapa, de acuerdo a la prueba t de Student. \* Diferencia significativa entre el rendimiento promedio de Rubí y T-39, de acuerdo a la prueba t de Student.



## Conclusiones

1. La variedad de frijol Rubí presenta características cualitativas como la intensidad del color de sus hojas y el color de base e intensidad de sus vainas, en que difiere de la variedad Negro INIFAP y cuantitativas como la altura de planta promedio y el tamaño de su foliolo terminal, en que difiere de la variedad Negro Jamapa. 2) Rubí es de ciclo precoz, resistente al mosaico común del frijol, tolerante al mosaico amarillo dorado del frijol, y su grano negro opaco, de tamaño pequeño, reúne el tipo y características comerciales de frijol que demandan los consumidores en el sureste de México. 3) A nivel semi-comercial, Rubí mostró un rendimiento de grano promedio significativamente superior al de T-39, así como buena adaptación a las condiciones ambientales de las regiones productoras de frijol de los estados de Veracruz y Chiapas.

## Literatura Citada

- Acosta-Díaz, E., I. Hernández-Torres, R. Rodríguez-Guerra, J. A. Acosta-Gallegos, J. Pedroza-Flores, M. D. Amador-Ramírez y J. S. Padilla-Ramírez. 2011. Efecto de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol. REMEXCA 2(2):249-263.
- Anaya, L. J. L., E. R. Garrido R., E. Chiquito A., O. H. Tosquy V., F. J. Ibarra P. y E. López S. 2018. Identificación de líneas recombinantes de frijol negro opaco resistentes a BCMV, BCMNV y BGYMV mediante marcadores moleculares. REMEXCA 9(3):601-614.
- Beaver, J. S., E. H. Prophete, J. C. Rosas, G. Godoy-Lutz, J. R. Steadman and T. G. Porch. 2014. Release of 'XRAV-40-4' black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar. J. Agric. Univ. P. R. 98(1):83-87.
- FIRA (Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura). 2016. Panorama agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Frijol 2016. FIRA. México. 36 p.
- 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.
- Ibarra, P. F. J., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., E. López S. y B. Villar S. 2019. Efectos de sequía terminal en líneas de frijol negro tropical. p. 387-390. *In*: Mallén, R. C. (ed.). X Reunión Nacional de Investigación Agrícola Chiapas 2019. Tuxtla Gutiérrez, Chis., México.



- 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., F. J. Ugalde A., J. Cumpián G. y E. N. Becerra L. 2007. Negro Papaloapan, nuevo cultivar de frijol para las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas, México. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):197-200.
- López, S. E., O. H. Tosquy V. y F. J. Ibarra P. 2017. Frijol. p. 33-36. *In: Agenda Técnica Agrícola Veracruz. SAGARPA. COFUPRO. INIFAP. Ciudad de México, México.*
- Núñez, B. A. y E. Foster. 1996. Efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento de hojas, tallos y vainas de frijol. *Agric. Téc. Méx.* 22(1):99-109.
- Reyes, C. P. 1990. Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales y ciencias de la salud. 3a ed. Trillas. México, D. F. 348 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Avances de siembras y cosechas. Resumen por estado. SIAP. Gobierno de 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 2019].
- Singh, S. P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 25:92-95.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Guía técnica para la descripción varietal. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). 2a ed. SAGARPA. SNICS. Coyoacán, Cd. de Méx., México. 36 p.
- Tosquy, V. O. H., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., F. J. Ibarra P., R. Zetina L., P. A. Meza y J. L. Anaya L. 2019. Adaptación de genotipos de frijol negro a diferentes ambientes de Veracruz y Chiapas. *REMEXCA* 10(6):1301-1312.
- 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. *Terra Latinoam.* 35(1):29-39.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., R. Zetina L., F. J. Ugalde A., B. Villar S. y J. Cumpián G. 2008. Selección de genotipos de frijol con adaptación a suelos ácidos. *Terra Latinoam.* 26(3):227-233.
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2012. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad, para Judía común, Alubia (*Phaseolus vulgaris*). Documento TG/12/9 Rev. Ginebra, Suiza. 46 p.



- Villar, S. B., E. R. Garrido R., A. López L. y F. J. Cruz Ch. 2002. Manual para la producción de frijol en el estado de Chiapas. Publicación Especial No. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 165 p.
- Villar, S. B. y E. López S. 2003. Negro Grijalva. Nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones similares. Folleto Técnico No. 2. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 22 p.



# SECUESTRO DE CARBONO Y ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO EN LEGUMINOSAS PROMISORIAS PARA SER USADAS COMO ABONO VERDE EN VERACRUZ, MÉXICO

Nain Peralta Antonio<sup>1\*</sup>, María de Jesús Ávila Escobedo<sup>2</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>2</sup>, Libia I. Trejo Téllez<sup>3</sup> y Andrés Rebolledo Martínez<sup>2</sup>

## Resumen

Los abonos verdes son una alternativa para secuestrar el carbono (C) atmosférico, a la vez que se recicla el nitrógeno (N) de la atmosfera y del suelo, para ser usado en el sector agrícola. El objetivo fue determinar la capacidad que tienen diferentes leguminosas en concentrar y acumular C y N, así como su relación C/N, para determinar su potencial para ser usadas como abono verde en Veracruz, México. La *Crotalaria breviflora*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, *Canavalia ensiformis* y *Cajanus cajan*, *Dolichos lablab* sin. *Lablab purpureu*, *Mucuna aterrima* y *Mucuna cirenea* fueron evaluados durante dos ciclos productivos (2019-2020 y 2020-2021). Se detectaron diferencias entre abonos verdes en la concentración (g/kg) de C y N en la hoja y tallo, de igual forma en la cantidad de nutrientes acumulados por cada tonelada de materia seca producida (kg), acumulación en una hectárea de terreno (kg/ha) y la relación C/N en la biomasa de la planta. Se concluye que la mayor capacidad para la captura de C por tonelada de materia seca producida y por hectárea de terreno, así como la biomasa con mayor relación C/N, se logra con *C. juncea* y *C. cajan*. Por otra parte, la mayor capacidad para acumular N, por tonelada de materia seca producida y por hectárea se logra con *M. aterrima* y *M. cirenea*.

**Palabras clave:** reciclaje de nutrientes, Fabaceae, macronutrientes, relación C/N

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México, CP. 94270. \*Autor por correspondencia: [peralta.nain@inifap.gob.mx](mailto:peralta.nain@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carr. México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Edo. de México, México. C. P. 56230.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados. Programa de Edafología. Campus Montecillo. Carr. México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Edo. de México, México. C. P. 56230.



## Introducción

La captura de carbono (C) y fijación de nitrógeno (N) atmosférico, son temas de interés actual en la sociedad, ya que, en la captura está relacionada con la mitigación del cambio climático (Powlson *et al.*, 2011; Fang *et al.*, 2018), mientras que el N, es un nutriente clave para asegurar la producción de alimentos vegetales (Fageria y Baligar, 2005; Congreves *et al.*, 2021). En el sector agrícola, la fertilización, es una práctica indispensable para asegurar el crecimiento de plantas y altos rendimientos de frutos, granos u otros órganos comestibles de la planta. Entre los diferentes nutrientes, el N, es el más demandado. En el país y el mundo, actualmente, los fertilizantes minerales obtenidos de forma sintética, son la principal fuente de N para la agricultura, esto ocasiona que, el mayor volumen de importación de fertilizantes corresponda a los nitrogenados (SEMARNAT, 2021).

Para poder continuar con la producción de alimentos vegetales, a la vez que se disminuye el impacto ambiental, se buscan nuevas alternativas para remplazar de forma parcial o total a los fertilizantes sintéticos. Una de esas alternativas son los abonos verdes. Esta tecnología consiste en utilizar especies vegetales para atrapar N atmosférico (Herridge *et al.*, 2008; Mus *et al.*, 2016) y para recuperar el N que se encuentra distribuido en las diferentes profundidades del suelo (Ciaccia *et al.*, 2017; de Jesus Souza *et al.*, 2019), con la finalidad de que dicho nutriente se utilizado en los cultivos agrícolas. Otra ventaja de los abonos verdes, es que brinda servicio de captura de carbono (Rojas-Velázquez *et al.*, 2020), lo cual tiene un impacto directo para mitigar el cambio climático, convirtiendo a esta tecnología muy atractiva desde el punto de vista ambiental.

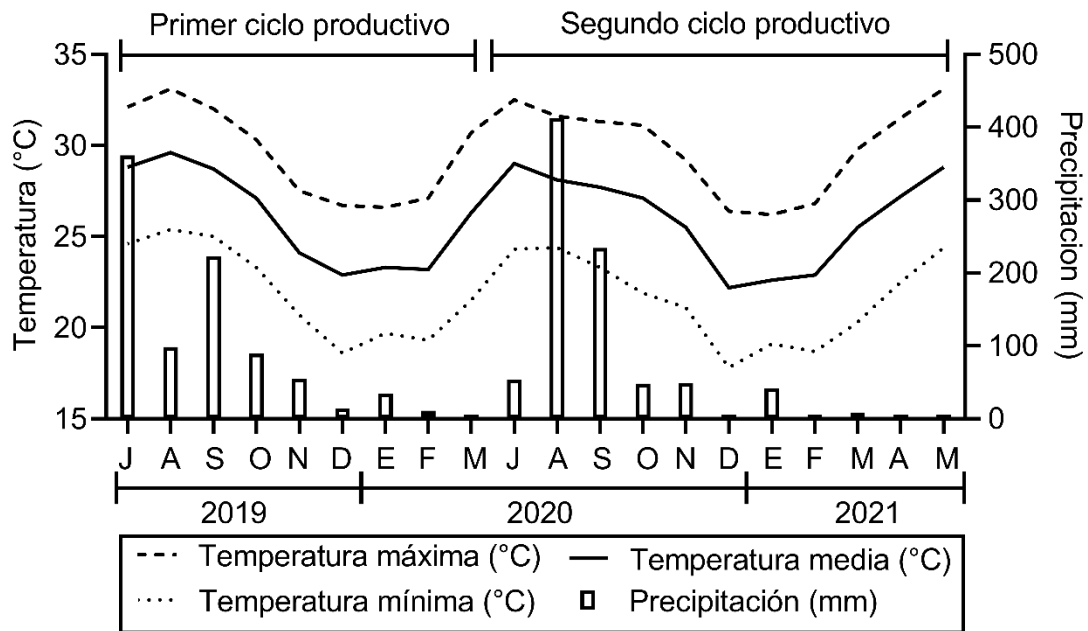
El éxito del abono verde en la agricultura, está en función de la sincronización entre la liberación de nutrientes y el requerimiento nutrimental del cultivo deseado (Valadares *et al.*, 2016), por lo tanto, deben ser estudiados los factores que se relacionan con la liberación de nutrientes. La concentración de N, junto con la relación C/N, son parámetros que se relaciona con la velocidad en que se liberan los nutrientes (Pei *et al.*, 2019; Watthier *et al.*, 2020), por eso, deben ser considerados al momento de evaluar especies vegetales promisorias. A pesar de que, la tecnología de abonos verdes está desarrollada en diferentes regiones del mundo (Labrador, 2012; Prager Mosquera *et al.*, 2012), en México, aún es deficiente. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar la capacidad que tienen diferentes leguminosas en



concentrar y acumular C y N, así como su relación C/N, para determinar su potencial para ser usadas como abono verde en Veracruz, México.

## Materiales y Métodos

En dos ciclos productivos (2019-2020 y 2020-2021) se evaluaron nueve especies de leguminosas, en el Campo Experimental Cotaxtla – INIFAP, en Medellín, Veracruz, México (18° 56' 13" N; 96° 11' 38" W). Datos de temperatura ambiental y precipitación fueron registrados durante el periodo de estudio (Figura 1). El suelo utilizado se clasificó como migajón arcillo-arenoso, con 55%, 27% y 18% de arena, arcilla y limo, respectivamente, 5.46 de pH. 3.69% de materia orgánica y 16.8, 12.0, 1956, 413, 12.38, 0.18 y 2.15 mg kg<sup>-1</sup> de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn.



**Figura 1. Comportamiento de la temperatura del aire y la cantidad de lluvia precipitada durante dos ciclos productivos (julio 2019 a marzo 2020 y julio 2020 a mayo 2021) de diferentes especies de leguminosas, en el Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México.**





Las especies utilizadas como abonos verdes fueron especies de porte erecto y especies rastreras. Las especies de porte erecto fueron: *Crotalaria breviflora*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, *Canavalia ensiformis* y *Cajanus cajan*. Las especies rastreras fueron: *Dolichos lablab* sin. *Lablab purpureu*, *Mucuna aterrima* y *Mucuna cirenea*. Para el primer y segundo ciclo productivo, las semillas fueron sembradas el 18/07/2019 y 30/07/2020, respectivamente. En los dos ciclos productivos, la distancia entre surcos fue de 0.8 m, para obtener un total de 125 surcos por hectárea. En los dos ciclos productivos, para *C. ensiformis*, *D. lablab*, *M. aterrima* y *M. cirenea*, se depositaron dos semillas por cada punto de siembra, con distanciamiento de 0.8 m entre cada punto de siembra. Para el caso de *C. breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *C. paulina* y *C. cajan*, las semillas fueron depositadas en chorrillo. Cada vez que necesario, en los dos ciclos productivos, se realizó control manual de arvenses, control de plagas con cipermetrina en dosis comercial y control de enfermedades fungosas con Fosetil aluminio en dosis comercial.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. Para las primeras siete especies, en cada bloque, la unidad experimental fue dos surcos de 25 m lineales, para las últimas dos especies, la unidad experimental fue nueve surcos de 10 m lineales.

Al momento en que cada especie alcanzó el 50% de floración se realizó el corte de biomasa. Para especies de porte erecto, en cada unidad experimental, el corte se realizó en una superficie de 8 m lineales, mientras que, para especies rastreras, el corte fue en 16 m<sup>2</sup>. Muestras representativas de hoja y tallo fueron secadas en estufa de secado a través de aire forzado, a 50°C, hasta alcanzar peso constante. Posterior al secado, se determinó la proporción de hoja y tallo en la planta.

Las muestras representativas de hojas y tallos fueron molidas, en molino tipo Wiley, con malla de 30 micras. El C se determinó por el método Walkley y Black (1934) y el N por el método Kjeldahl (1883), en el laboratorio de Edafología del Colegio de Postgraduados.

Se estimó la cantidad C y N acumulada en una tonelada de materia seca (MS) producida y la cantidad acumulada en la biomasa de los abonos verdes producidos en una hectárea de terreno. La acumulación por hectárea se determinó de la siguiente forma: Acumulación de nutrientes (kg/ha): cantidad de nutrientes en 1 kg de materia seca x materia seca total obtenida en una hectárea. Para la cantidad de nutrientes en 1 kg de materia seca, se estimó considerando el peso seco de la hoja y del tallo en la planta, así como la concentración de



nutrientes en cada uno de esos órganos. Cantidad de nutriente en 1 kg de MS (g) = [Concentración de nutriente en hoja x (proporción de la hoja / 100)] + [Concentración de nutriente en tallo x (proporción del tallo / 100)] (Ray *et al.*, 2020). La relación C/N, fue obtenida al dividir la cantidad de C y N acumulado en 1 kg de MS.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparar la respuesta de las especies de abono verde.

## Resultados y Discusión

Únicamente se detectaron diferencias en la concentración de C en la hoja en el primer ciclo de producción, donde, *C. ochroleuca*, *C. juncea* y *C. paulina* fueron similares y estadísticamente superiores a *D. lablab* y *M. aterrima* (Figura 2 a). La concentración de C en el tallo únicamente se detectó en el segundo ciclo, donde, *C. paulina* y *C. cajan* fueron similares y ambos superaron a *C. breviflora* (Figura 2 f).

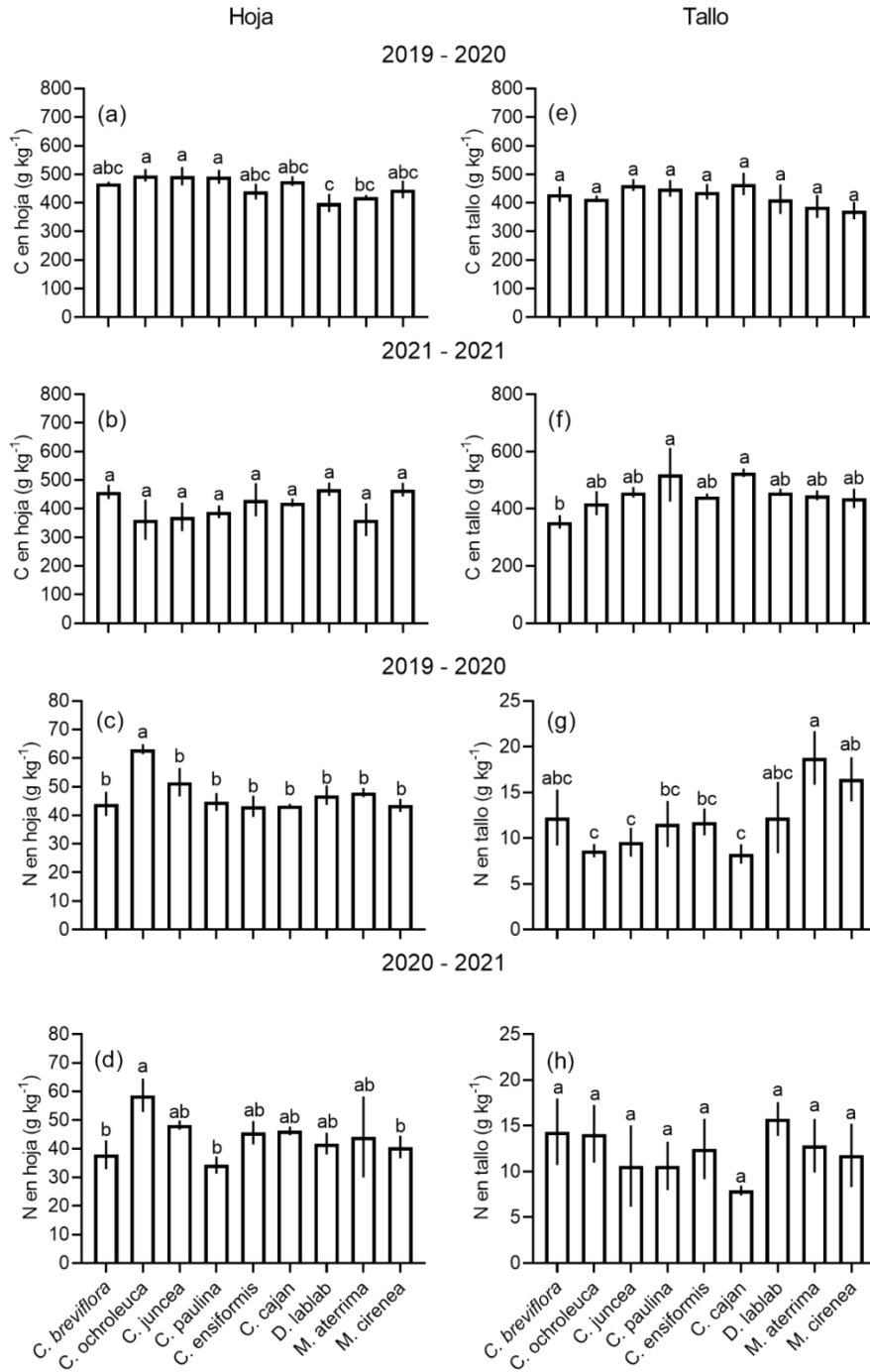
Se observaron diferencias en la concentración de N en la hoja, en los dos ciclos de producción. En ambos casos, la mayor concentración se encontró en *C. ochroleuca* (Figura 2 c, d). Diferencias estadísticas en la concentración de N en el tallo, únicamente se detectaron en el primer ciclo de producción, donde, *M. aterrima*, fue similar a *C. breviflora*, *D. lablab* y *M. cirenea*, y mayor al resto de abonos verdes (Figura 2 g).

Se detectaron diferencias en la acumulación de nutrientes en 1 t de MS. En el caso de C, únicamente se presentó diferencias en el segundo ciclo de producción, donde, *C. cajan* superó a *C. breviflora*, *C. ochroleuca* y *M. aterrima* (Cuadro 1). Para N en el primer ciclo de producción, *M. aterrima* y *M. cirenea* fueron similares a *C. breviflora* y superiores al resto de los abonos verdes. Para el segundo ciclo de producción, *C. ensiformis* y *M. cirenea* fueron similares y ambos acumularon más N que *C. cajan* (Cuadro 1).

La cantidad de C y N acumulado en una hectárea de terreno cambió entre las especies de abono verde. En el primer ciclo de producción, la acumulación de C con *C. juncea* y *C. cajan* fueron similares al de *M. cirenea* y superiores al resto de abonos verdes. Para el segundo ciclo de producción, la acumulación de C en la biomasa de *D. lablab* fue superior al de *C. breviflora* y *C. paulina* (Cuadro 1). En cuanto al N en el primer ciclo, *M. cirenea* fue similar al de *M.*



aterrima y mayor al del resto de los abonos verdes. Para el segundo ciclo de producción, la *M. cirenea* y *D. lablab* superaron a *C. cajan* (Cuadro 1).



**Figura 2. Concentración de carbono (C) y nitrógeno (N) en la hoja y el tallo de diferentes leguminosas, durante dos ciclos de producción, en Veracruz, México.**



En el caso de la relación C/N, para el primer ciclo, el *C. cajan* fue similar a *C. juncea* y mayor a los otros abonos verdes (Figura 3 a), mientras que, en el segundo ciclo, el *C. cajan* superó al resto de abonos verdes (Figura 3 b).

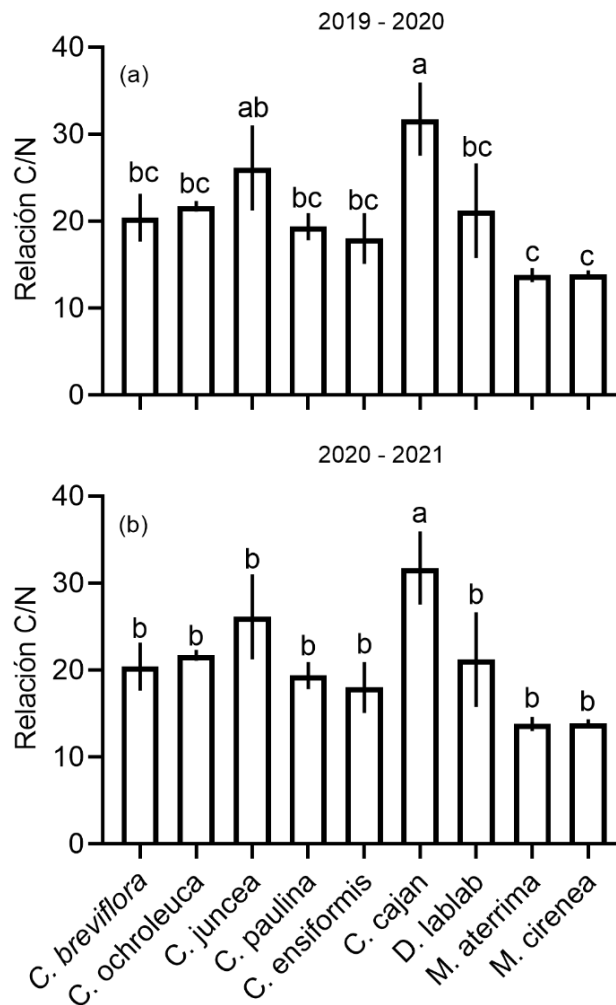
**Cuadro 1. Cantidad (kg) de carbono (C) y nitrógeno (N) acumulados en 1 t de materia seca y su equivalente en una hectárea de terreno (kg/ha), de diferentes leguminosas, en dos ciclos de producción, en Veracruz, México.**

Especie de abono verde	C	N	C	N
	----- (g) -----		----- (kg/ha) -----	
Primer ciclo de producción (2019 – 2020)				
1. <i>C. breviflora</i>	441.4 a	22.0 abc	1823.5 e	90.6 e
2. <i>C. ochroleuca</i>	431.4 a	19.9 bc	1586.5 e	73.0 e
3. <i>C. juncea</i>	469.2 a	18.3 bc	7901.9 a	308.8 bc
4. <i>C. paulina</i>	466.1 a	24.1 ab	1944.0 e	100.4 e
5. <i>C. ensiformis</i>	439.5 a	24.7 ab	3928.8 cd	217.1 cd
6. <i>C. cajan</i>	468.7 a	14.9 c	7664.9 a	242.4 c
7. <i>D. lablab</i>	412.7 a	20.3 bc	2390.5 de	115.9 de
8. <i>M. aterrima</i>	398.6 a	28.9 a	4833.7 bc	352.7 ab
9. <i>M. cirenea</i>	407.1 a	29.5 a	6030.5 ab	435.2 a
Coeficiente de variación	6.0	11.9	15.9	16.5
Segundo ciclo de producción (2020 – 2021)				
1. <i>C. breviflora</i>	389.0 b	22.0 ab	2063.7 b	116.2 ab
2. <i>C. ochroleuca</i>	408.2 b	23.3 ab	2109.2 ab	114.8 ab
3. <i>C. juncea</i>	439.9 ab	18.4 ab	2815.9 ab	116.3 ab
4. <i>C. paulina</i>	470.0 ab	19.6 ab	3402.2 b	145.7 ab
5. <i>C. ensiformis</i>	437.3 ab	26.1 a	1826.5 ab	111.2 ab
6. <i>C. cajan</i>	506.5 a	15.1 b	2483.0 ab	72.8 b
7. <i>D. lablab</i>	457.3 ab	22.3 ab	3699.5 a	180.8 a
8. <i>M. aterrima</i>	420.1 b	23.6 ab	2198.2 ab	121.6 ab
9. <i>M. cirenea</i>	452.2 ab	26.0 a	3197.5 ab	184.7 a
Coeficiente de variación	6.5	14.4	21.2	25.0

Los resultados de este estudio, muestran los impactos ambientales que se pueden obtener con los abonos verdes, en la captura de carbonos. Potencialmente se puede capturar de la atmósfera entre 399 y 506 kg de C por cada tonelada de MS producida; en este rubro, *C. cajan*, *M. aterrima* y *M. cirenea* presentaron el mayor potencial de captura de C. En este estudio, la



máxima cantidad de C acumulado en la biomasa producida en una hectárea de terreno fue 7902 y 7665 kg y se obtuvo con *C. juncea* y *C. cajan*, respectivamente. Estos valores son superiores a los 869 y 918 t/ha de C obtenidos por Rojas-Velázquez *et al.* (2020) con *Lablab purpúreos* L. ex Sweet y *Vigna unguiculata* L. Walp.



**Figura 3. Relación C/N en la biomasa de diferentes especies leguminosas, durante dos ciclos de producción, en Veracruz, México.**

Para el reciclaje de N, los resultados mostraron que, por cada t de MS producida, se puede reciclar entre 18 y 30 kg de N, siendo la *C. ensiformis*, *M. aterrima* y *M. cirenea* las especies que pueden concentrar mayor cantidad de N en su biomasa. Con la biomasa producida en una hectárea de terreno, la máxima cantidad de N acumulado fue de 308, 352 y 435 kg, con *C. juncea*, *M. aterrima* y *M. cirenea*, respectivamente. El efecto de la especie vegetal sobre la



acumulación de nutrientes ya ha sido reportado en estudios previos como los de Rivero Herrada *et al.* (2016). También, se ha reportado que la cantidad potencial que tiene un abono verde para acumular nutrientes, dependerá de la cantidad de biomasa producida y la concentración de nutrientes en su tejido (Silva *et al.*, 2010; Peralta-Antonio *et al.*, 2019), por lo tanto, la menor acumulación de C y N alcanzados por *C. breviflora*, *C. ochroleuca* y *C. paulina*, se explica por la menor cantidad de MS producida.

Una de las dificultades que presentan los abonos verdes en la nutrición de cultivos es la adecuada sincronización entre la liberación de nutrientes y la demanda nutrimental del cultivo (Valadares *et al.*, 2016). Para lograr una adecuada sincronización, se debe tomar en cuenta el ciclo fenológico del cultivo agrícola y la tasa de mineralización de nutrientes. Considerando que la concentración de N y la relación C/N se correlaciona positiva y negativamente con la velocidad de mineralización de los residuos de abonos verdes, respectivamente (Pei *et al.*, 2019; Watthier *et al.*, 2020), nuestros resultados sugieren que, la descomposición y la liberación de N, será más lento *C. cajan*, debido a que, presentó bajas concentraciones de N y alta relación C/N. Por el contrario, se espera mayor velocidad de mineralización con *M. aterrima* y *M. cirenea*, debido a su baja relación C/N en los dos ciclos productivos. Se ha observado que, en residuos vegetales con relación C/N inferior a 20, el tiempo de media vida (tiempo necesario para que el 50% de la degradación y liberación de nutrientes sea realizado) es de 44 – 68, 32 - 57, 8 - 49, 91 - 231 y 20 - 173 días para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Cuando el residuo vegetal presenta relación C/N entre 20 y 30, el tiempo de vida media puede aumentar a 110 - 231, 61 - 231, 12 - 77, 157 - 347, 101 – 347 días, respectivamente (Espindola *et al.*, 2006; Watthier *et al.*, 2020). Tomando en cuenta lo anterior, nuestros resultados sugieren que, el *C. cajan* puede ser una alternativa para complementar la nutrición de cultivos anuales con ciclo productivo intermedio o ciclo largo, mientras que, los otros abonos verdes pueden ser alternativas para cultivos anuales de ciclo corto. Por otra parte, estudios previos han demostrado que, residuos orgánicos con una relación C/N arriba de 36 ocasiona inmovilización de nutrientes al ser depositados en el suelo (Martín y Rivera, 2004; Nourbakhsh y Dick, 2005). Tomando en cuenta que, en este estudio, la relación C/N fluctuó entre 16.9 y 31.7, no se espera inmovilización de nutrientes durante la descomposición de los residuos vegetales, es decir, habrá excedente de nutrientes, que podrán ser aprovechados por los cultivos agrícolas de interés.



**Cuadro 2. Correlación de Pearson para conocer la relación que hay entre la cantidad de carbono (CHA) y nitrógeno (NHA) acumulado en una hectárea de terreno con diferentes parámetros agronómicos.**

	CHA	NHA	Relación C/N
Plantas por ha	0.225	-0.073	0.351**
Materia fresca en una ha	0.726**	0.892**	-0.161
Materia seca en una ha	0.958**	0.831**	0.229
Proporción hoja en la planta	-0.279*	0.106	-0.602**
Proporción de tallo en la planta	0.279*	-0.106	0.602**
Relación hoja/tallo	-0.236	0.131	-0.598**
Concentración de C en la hoja	0.256	0.138	0.098
Concentración de N en la hoja	-0.082	-0.059	-0.075
Concentración de C en el tallo	0.077	-0.281*	0.656**
Concentración de N en la hoja	-0.032	0.380**	-0.696**
Cantidad de C en 1 kg de materia seca	0.192	-0.178	0.675**
Cantidad de N en 1 kg de materia seca	-0.130	0.397**	-0.916**
Relación C/N	0.259	-0.283*	1

El desarrollo de los abonos verdes está influenciado por factores edafoclimáticos, ya que, al cambiar las condiciones del clima, cambiará la respuesta de los abonos verdes en la duración de su ciclo fenológico, tasa de supervivencia, estado nutricional, producción de MS y, en consecuencia, la cantidad de nutrientes que puede acumular en su biomasa (Barbosa *et al.* 2011). En este estudio, se observó diferente respuesta de los abonos verdes entre el primer ciclo y segundo ciclo, principalmente, en el crecimiento de plantas, densidad de plantas y producción de biomasa, lo que influyó en las variables nutrimentales. Estas diferencias se atribuyen principalmente a la cantidad de lluvia precipitada. En el primer ciclo, en los 30 días posteriores a la siembra, la cantidad de agua precipitada fue 187 mm, mientras que, en el segundo ciclo fue 375 mm. La mayor cantidad de lluvia en el segundo ciclo, ocasionó estrés por exceso de humedad en las plantas y también propició la presencia de enfermedades fungosas, por lo tanto, las especies más susceptibles, fueron más afectadas por estos factores adversos.



## Conclusiones

- 1) La mayor capacidad para la captura de C y biomasa con mayor relación C/N se logra con *C. juncea* y *C. cajan*. Mientras que, mayor capacidad para acumular N, por tonelada de materia seca producida y por hectárea se logra con *M. aterrima* y *M. cirenea*.

## Literatura Citada

- Barbosa, C. E., E. Lazarini, P. R. Picoli e S. Ferrari. 2011. Determinação da massa seca, teor de nutrientes e cobertura do solo de espécies semeadas no outono-inverno. *Rev Bras Cienc Agrar* 16(2):265-272.
- Ciaccia, C., F. Ceglie, F. Tittarelli, D. Antichi, S. Carlesi, E. Testani and S. Canali. 2017. Green manure and compost effects on NP dynamics in Mediterranean organic stockless systems. *J Soil Sci Plant Nutr.* 17(3):751-769.
- Congreves, K. A., O. Otchere, D. Ferland, S. Farzadfar, S. Williams and M. M. Arcand. 2021. Nitrogen Use Efficiency Definitions of Today and Tomorrow. *Front. Plant Sci.* 12. 10p.
- de Jesus Souza, B., D. L. do Carmo, R. H. S. Santos, T. S. de Oliveira and R. B. A. Fernandes. 2019. Residual contribution of green manure to humic fractions and soil fertility. *J Soil Sci Plant Nutr.* 19(4):878-886.
- Espindola, J. A. A., J. G. M. Guerra, D. L. D. Almeida, M. G. Teixeira e S. Urquiaga. 2006. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *Rev Bras Cienc Solo.* 30(2):321-328.
- Fageria, N. K. and V.C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv Agron.* 88:97-185.
- Fang, J., G. Yu, L. Liu, S. Hu and F. S. Chapin. 2018. Climate change, human impacts, and carbon sequestration in China. *PNAS.* 115(16):4015-4020.
- Herridge, D. F., M. B. Peoples and R. M. Boddey. 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant soil.* 311(1):1-18.
- Kjeldahl, T. J. G. C. 1883. Anotaciones de Kjeldahl sobre el método iodométrico de determinación de ácidos. *Résumé du Compte-Rendu des Travaux du Laboratoire de Carlsberg* 2 : 193-196.





- Labrador, J. 2012. Los abonos verdes, mucho más que una técnica para la fertilización del suelo en la producción ecológica. *Vida Rural*. 346:26-31.
- Martín, G. M. y R. Rivera. 2004. Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. *Cult trop*. 25(3):89-96.
- Mus, F., M. B. Crook, K. Garcia, A. Garcia C., B. A. Geddes, E. D. Kouri, P. Paramasivan, M. H. Ryu, G. E. D. Oldroyd, P. Poole, M. K. Udvardi, C. A. Voigt, J. M. Ané and J. W. Peters. 2016. Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. *Appl Environ Microbiol*. 82(13):3698-3710.
- Nourbakhsh, F. and R. P. Dick. 2005. Net Nitrogen Mineralization or Immobilization Potential in a Residue-Amended Calcareous Soil. *Arid Land Res Manag*. 19(4):299–306.
- Pei, G., J. Liu, B. Peng, D. Gao, C. Wang, W. Dai, P. Jiang and E. Bai. 2019. Nitrogen, lignin, C/N as important regulators of gross nitrogen release and immobilization during litter decomposition in a temperate forest ecosystem. *For Ecol Manag*. 440:61-69.
- Peralta, A. N., M. Watthier, R. H. S. Santos, H. E. P. Martinez and L. Vergütz. 2019. Broccoli nutrition and changes of soil solution with green manure and mineral fertilization. *J Soil Sci Plant Nutr*. 19(4):816-829.
- Powlson, D. S., A. P. Whitmore and K. W. Goulding. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *Eur J Soil Sci*. 62(1):42-55.
- Prager, M. M., O. E. Sanclemente R., M. Sánchez de P., J. Miller G. y F. I. Ángel S. 2012. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7(1):53-62
- Ray, K., H. Banerjee, S. Dutta, S. Sarkar, T. S. Murrell, V. K. Singh and K. Majumdar. 2020. Macronutrient management effects on nutrient accumulation, partitioning, remobilization, and yield of hybrid maize cultivars. *Front. Plant Sci*. 11:1307.
- Rivero, H. M., R. R. Gaibor F., J. J. Reyes P., W. Mozena L., y E. Petrônio de B. F. 2016. Abonos verdes y su influencia en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistema agroecológico. *Ctro Agr*. 43(2):42-48.
- Rojas, V. M., J. C. Rodríguez O., J. A. Alcalá J., P. E. Díaz F., F. J. Carballo M. and E. Zuñiga V. 2020. Greenhouse trial of green manures on soil properties, chard production and environmental implications. *REMEXCA* 11(4):945-951.



- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2021. Consulta Temática. Importación de fertilizantes. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D2\\_AGRIGAN05\\_07&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREANIO=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_AGRIGAN05_07&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREANIO=*) [consultado el 18 de agosto de 2021]
- Silva, A. G. D., C. A. C. Crusciol, R. P Soratto, C. H. M. D. Costa e J. Ferrari Neto. 2010. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. *Cien Rural*. 40(10):2092-2098.
- Valadares, R. V., L. Ávila S., R. S. Teixeira, R. N. Sousa and L. Vergütz. 2016. Green manures and crop residues as source of nutrients in tropical environment. p. 51-84. *In: Larramendy, M. L., and E. Solonesky (Ed) Organic fertilizers from basic concepts to applied outcomes*. 1 ed. IntechOpen, Cap. 3.
- Walkley, A. J. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37:29-38.
- Wathier, M., N. Peralta Antonio, J. A. Gomes, S. B. F. Rocha and R. E. S. Santos. 2020. Decomposition of green manure with different grass: legume ratios. *Arch Agron Soil Sci*. 66(7):913-924.



# CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y DE SEMILLA DE LEGUMINOSAS POTENCIALES PARA SER USADOS COMO ABONO VERDE EN VERACRUZ, MÉXICO

Nain Peralta Antonio<sup>1</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>1\*</sup>, Félix Alberto Ramírez Bautista<sup>2</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>1</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>1</sup> y María Enriqueta López Vázquez<sup>1</sup>

---

## Resumen

Los abonos verdes son una alternativa para sustituir parcialmente a los fertilizantes minerales y para identificar las especies promisorias, es necesario conocer su respuesta a las condiciones ambientales. El objetivo fue determinar la duración del ciclo productivo, altura de planta, materia fresca, materia seca, producción de semilla y peso individual de semillas de nueve especies de leguminosas. *Crotalaria breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *C. paulina*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lablab*, *Mucuna aterrima* y *M. cinerea* fueron evaluados de julio 2020 a abril 2021, en Veracruz, México. Se identificaron abonos verdes de ciclo corto (*C. breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea* y *C. ensiformis*), ciclo intermedio (*C. paulina*, *C. cajan* y *D. lablab*) y ciclo largo (*M. aterrima* y *M. cinerea*). La mayor altura de planta se determinó con *C. juncea* y *C. cajan*, mientras que la mayor cantidad de materia seca se obtuvo con *C. cajan*, y la mayor producción y peso individual de semillas se registró con *C. ensiformis*. Se concluye que, el tiempo requerido para el corte de biomasa, cosecha de semilla, altura de planta, producción de materia seca, rendimiento y tamaño de semillas, cambia en función de la especie de abono verde. Mayor producción de materia seca en un menor tiempo, se consigue con *C. juncea* y *C. cajan*. Mayor rendimiento de semillas se consigue con la especie que tiene semillas grandes, pero, más de una cosecha de semillas se puede obtener con especies de semilla pequeña.

**Palabras clave:** Fabaceae, macronutrientes, micronutrientes, nitrógeno

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México, CP. 94270. \*Autor por correspondencia: peralta.nain@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Peñuela - Universidad Veracruzana.



## Introducción

Desde la revolución verde, la fertilización mineral ha sido la principal forma para nutrir a los diversos cultivos agrícolas. Esta situación, ha provocado efectos adversos, pues el uso exclusivo y continuo de fertilizantes minerales ha ocasionado contaminación de acuíferos (Kulkarni y Goswami, 2019) y pérdida de la fertilidad del suelo (Menšík *et al.*, 2018). Por lo anterior, se requieren alternativas para sustituir a los fertilizantes minerales sin demeritar la producción y calidad de los alimentos vegetales. Una de las alternativas para sustituirlos, son los abonos verdes, principalmente, especies que pertenecen a la familia Fabaceae, también conocidas como leguminosas.

En México, aún existen muchas interrogantes que limitan el uso de la tecnología de abonos verdes. Evaluaciones previas en México se han realizado en los estados de Oaxaca (Ruiz-Vega y Loeza-Ramírez, 2003), Baja California Sur (Beltrán-Morales *et al.*, 2005; Ruiz Espinosa *et al.*, 2007), Michoacán (Astier *et al.*, 2006), Tlaxcala (Arévalo-Galarza *et al.*, 2007), Oaxaca (Ruiz-Vega *et al.*, 2010), Tabasco (Cruz *et al.*, 2002; Córdoba-Sánchez *et al.*, 2013), San Luis Potosí (Zavala Sierra *et al.*, 2018; Rojas-Velázquez *et al.*, 2020) y Campeche (Magaña *et al.*, 2020). En dichos estudios, se han evaluado especies como *Mucuna* spp., *M. deerengiana*, *Vicia sativa*, *D. lablab*, *Vigna unguiculata*, *Cicer arietinum*, *C. juncea*, *V. radiata*, *C. cajan*, *Phaseolus lunatus* y *Sesbania emerus*. El objetivo de los diferentes estudios ha sido conocer la capacidad de los abonos verdes para producir biomasa, capturar carbono y fijar nitrógeno atmosférico, para determinar la tasa de descomposición de los residuos de vegetales, así como, conocer el efecto de los abonos verdes sobre las características del suelo y sobre la respuesta de diferentes cultivos agrícolas.

Son diferentes aspectos que se deben conocer para fomentar el uso de la tecnología de abonos verdes. Uno de ellos es, la capacidad que tiene una especie para acumular nutrientes en la biomasa, ya que, esto definirá su capacidad para sustituir parcial o totalmente al fertilizante mineral. Se debe tomar en cuenta que, la cantidad de nutrientes que puede acumular un abono verde, se relaciona con la cantidad de materia seca (MS) producida y concentración de nutrientes en el tejido de la planta (Borkert *et al.*, 2003). Otros factores pueden ayudar a seleccionar una especie adecuada para un área geográfica, cultivo agrícola o época del año específico son: vigor de la planta, adaptación de la especie a las condiciones



edafoclimáticas, duración del ciclo productivo, capacidad de producción de semillas, susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, capacidad para controlar problemas fitosanitarios, capacidad para competir con arvenses y velocidad de degradación de los residuos vegetales (Labrador, 2012; Prager *et al.*, 2012; Wutke *et al.*, 2014). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue, determinar la duración del ciclo productivo, altura de planta, materia fresca (MF), MS, producción de semilla y peso individual de semillas, de nueve especies de leguminosas, para determinar su potencial para ser usadas como abono verde en Veracruz, México.

## **Materiales y Métodos**

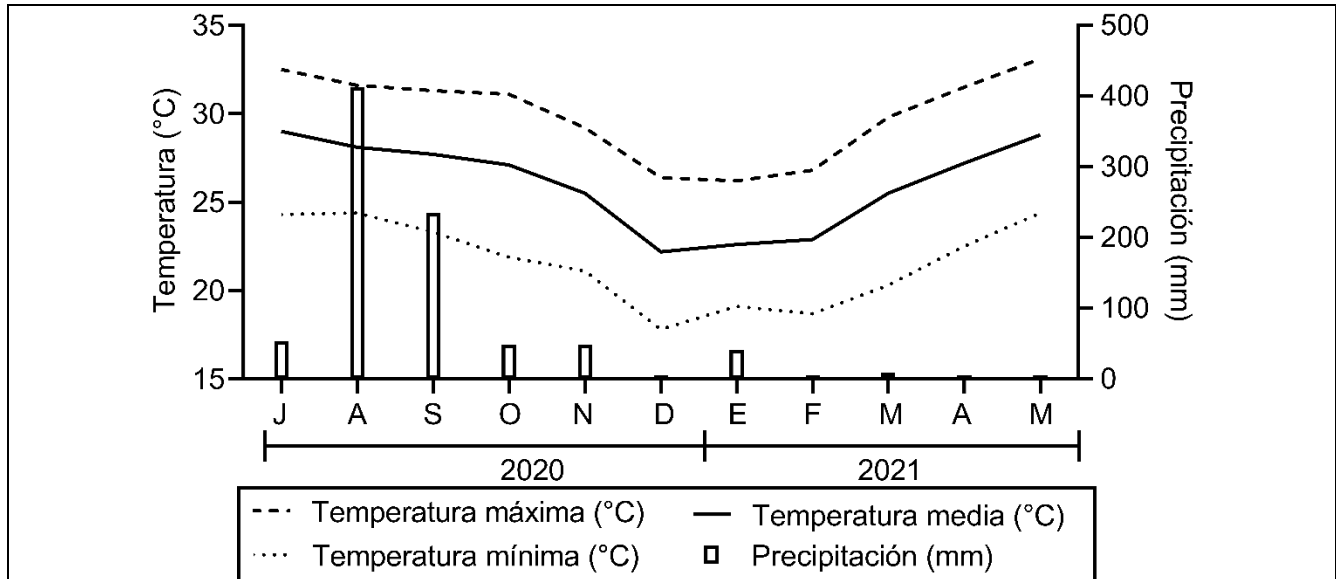
Nueve especies de leguminosas se evaluaron de julio de 2020 a abril de 2021, en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en Medellín, Veracruz, México (18°56'13" N y 96°11'38" O). Datos de temperatura ambiental y precipitación se registraron durante el periodo de estudio (Figura 1). El suelo del lote experimental es migajón arcillo-arenoso, con 55, 27 y 18% de arena, arcilla y limo, respectivamente, 5.46 de pH. 3.69% de materia orgánica. 14% de N. 16.8, 12.0, 1956, 413, 12.38, 0.18 y 2.15 mg/kg de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn, respectivamente.

Las especies utilizadas como abono verde, fueron especies de porte erecto y especies rastreras. Las especies de porte erecto fueron: *Crotalaria breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *C. paulina*, *Canavalia ensiformis* y *Cajanus cajan*. Las especies rastreras fueron: *Dolichos lablab* (sin. *Lablab purpureus*), *Mucuna aterrima* y *M. cinerea*. Las semillas se sembraron el 30 de julio de 2020. La distancia entre surcos fue de 0.8 m, dando un total de 125 surcos por hectárea. Para *C. ensiformis*, *D. lablab*, *M. aterrima* y *M. cinerea*, se depositaron dos semillas por cada punto de siembra, con distanciamiento de 0.8 m entre cada punto de siembra. Para *C. breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *C. paulina* y *C. cajan*, las semillas se depositaron a chorrillo. Se realizó control manual de arvenses, control de plagas (con cipermetrina en dosis comercial) y control de enfermedades fungosas (con Fosetil aluminio en dosis comercial), cada vez que fueron necesarios.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. Para las especies de porte erecto, en cada bloque, la unidad experimental fue de tres surcos de 25 m lineales,



dando un total de 60 m<sup>2</sup>. Para las especies rastreras, en cada bloque, la unidad experimental fue nueve surcos de 10 m lineales, dando un total de 80 m<sup>2</sup>.



**Figura 1. Comportamiento de la temperatura del aire y la cantidad de lluvia precipitada, de julio de 2020 a mayo de 2021, durante el desarrollo de diferentes especies de leguminosas, en el Campo Experimental Cotaxtla, en Medellín, Veracruz, México.**

Al momento en que cada especie alcanzó el 50% de floración se realizó el corte de biomasa. Para especies de porte erecto, en cada unidad experimental, el corte se realizó en una superficie de 8 m lineales, mientras que, para especies rastreras, el corte fue en 16 m<sup>2</sup>. En cada unidad experimental, se cuantificó el número de plantas en la superficie donde se realizó el corte de biomasa. Al momento del corte, en cinco plantas de cada unidad experimental, se registró la altura de la planta, considerando la distancia entre la superficie del suelo y la parte más alta de la planta. Para todas las especies, se cuantificó el número de días transcurridos desde la siembra hasta el corte de biomasa. Muestras representativas de hoja y tallo se secaron en una estufa de secado a través de aire forzado, a 50°C, hasta alcanzar peso constante. Después del secado, se determinó la proporción de hoja y tallo. La relación hoja/tallo se estimó al dividir el peso seco de la hoja entre el peso seco del tallo.

Al momento que una especie alcanzó el punto de cosecha, se recolectaron las vainas. Se cuantificó el número de días transcurridos de la siembra hasta el momento de la cosecha de semillas, práctica que se realizó en una superficie similar a la que se utilizó para el corte de



biomasa. Las semillas se separaron de las vainas y se secaron al sol, para estimar el rendimiento por hectárea.

Los datos se sometieron a análisis de varianza en bloques al azar y se usaron pruebas de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para comparar la respuesta de las especies de abono verde.

## Resultados y Discusión

El tiempo transcurrido entre la siembra y el corte de biomasa varió entre especies. Se requirió entre 68 y 89 días para *C. breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea* y *C. ensiformis*, entre 110 y 118 días para *C. paulina*, *C. cajan* y *D. lablab*, mientras que, para *M. aterrima* y *M. cinerea* el tiempo requerido fue de 140 días (Cuadro 1).

La mayor altura de planta se observó con *C. juncea*, la cual fue similar al *C. cajan*, mientras que, la menor altura se presentó con *C. ensiformis*, *D. lablab*, *M. aterrima* y *M. cinerea*. Mayor número de plantas por metro lineal se obtuvo con *C. breviflora*, en comparación con los otros abonos verdes (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tiempo requerido para el corte de biomasa fresca y cosecha de semillas, altura de planta, densidad de plantas y proporción de hoja y tallo, de diferentes especies de leguminosas, en Veracruz, México, de julio de 2020 a abril de 2021.**

Especie	Días de siembra a floración	Altura de planta (cm)	Plantas/m lineal	Proporción hoja (%)	Proporción tallo (%)	Días de siembra a cosecha de semillas
1. <i>C. breviflora</i>	68	75 de	78.2 a	47.2 ab	52.8 cd	108 a 266
2. <i>C. ochroleuca</i>	89	128 c	34.2 bc	33.0 cd	67.0 ab	108
3. <i>C. juncea</i>	89	174 a	39.8 b	30.7 d	69.3 a	138
4. <i>C. paulina</i>	110	134 bc	35.0 bc	32.2 d	67.8 a	192
5. <i>C. ensiformis</i>	69	87 d	6.0 c	53.4 a	46.6 d	187
6. <i>C. cajan</i>	118	163 ab	22.2 bc	29.0 d	71.0 a	219
7. <i>D. lablab</i>	118	88 d	2.4 c	34.0 cd	66.0 ab	192
8. <i>M. aterrima</i>	140	47 e	1.6 c	35.9 cd	64.1 ab	208
9. <i>M. cinerea</i>	140	50 e	1.5 c	40.2 bc	59.8 bc	208
C.V.		9.8	51.6	6.9	4.1	



Similar cantidad de materia fresca se observó en todos los abonos verdes (Figura 2a). Mayor producción de biomasa seca se obtuvo con *C. cajan* en comparación con *C. ensiformis* (Figura 2b).

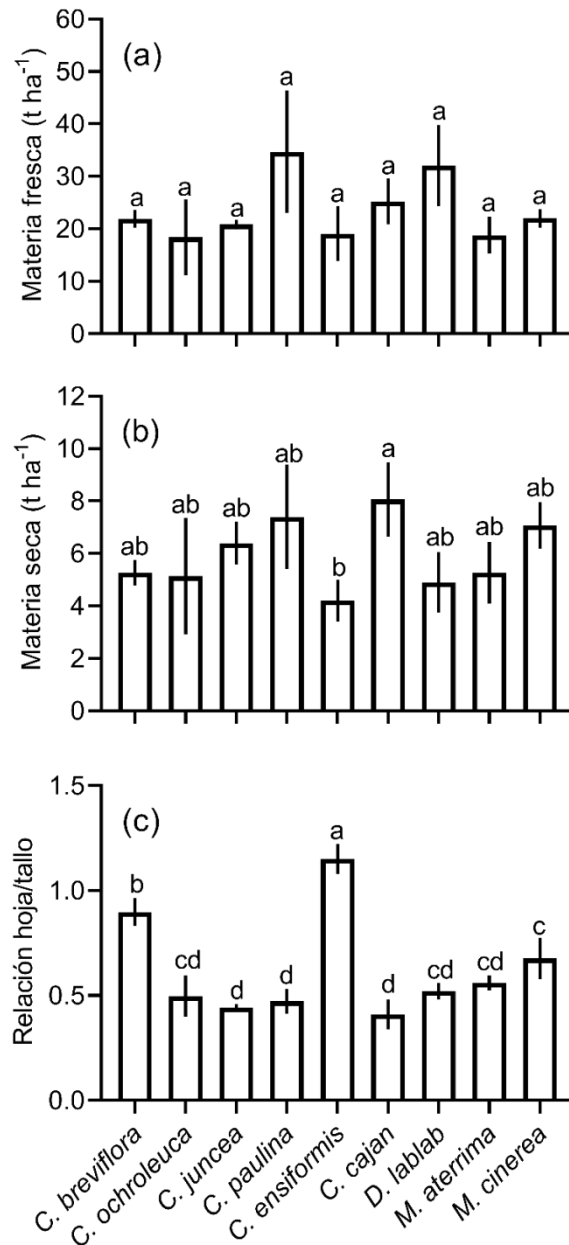


Figura 2. Producción de materia fresca, materia seca y relación hoja/tallo, de diferentes especies de leguminosas, producidas en Veracruz, México, de julio de 2020 a abril de 2021.

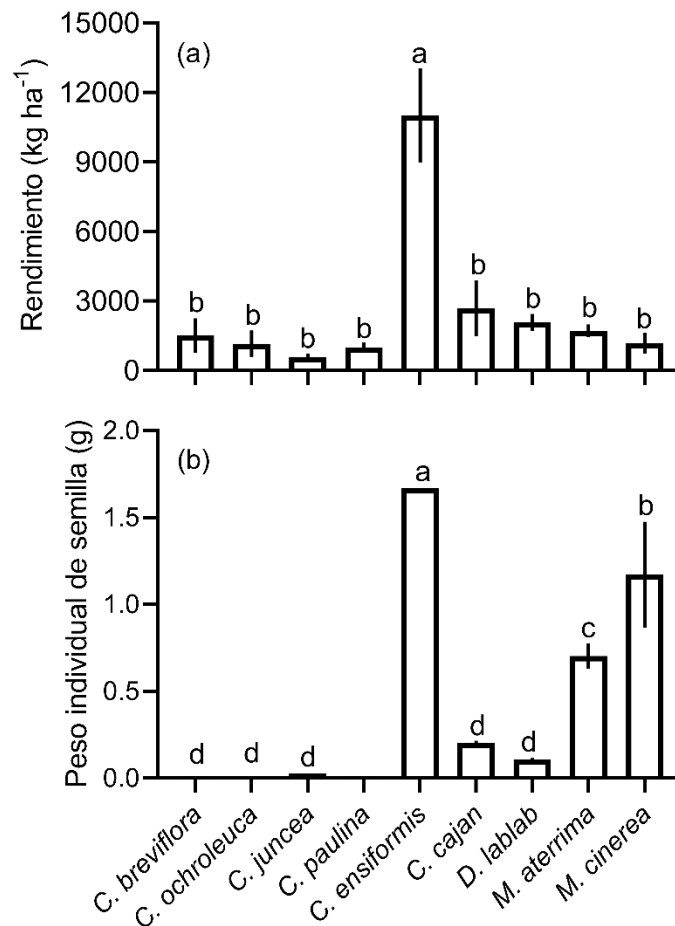




La proporción de hoja de *C. ensiformis* fue similar a la de *C. breviflora* y mayor a la de los otros abonos verdes (Cuadro 1). La proporción de tallo de *C. juncea*, *C. paulina* y *C. cajan*, fue superior a la de *C. breviflora*, *C. ensiformis*, y *M. cinerea* (Cuadro 1). La relación hoja/tallo de *C. ensiformis* fue significativamente mayor que la de los otros abonos verdes (Figura 2c).

*C. ochroleuca* requirió menor tiempo para iniciar la cosecha de semillas. La segunda especie con menor tiempo entre siembra y cosecha fue *C. juncea*. Por otra parte, *C. cajan*, *M. aterrima* y *M. cinerea* fueron los abonos verdes que requirieron mayor tiempo para la cosecha de semillas (Cuadro 1).

*C. ensiformis* promovió mayor rendimiento de semillas y mayor peso individual de semillas en comparación con los otros abonos verdes (Figuras 3a, b).



**Figura 3. Rendimiento de semilla y peso individual de semillas de nueve leguminosas producidas en la región costera central de Veracruz, México.**



El tiempo de siembra a corte, la altura de planta y la materia seca producida, son algunos de los factores que se deben conocer para poder elegir a un abono verde para una condición específica (Florentín *et al.*, 2011; Rosenfeld y Rayns, 2011). Si el cultivo agrícola de interés se pretende establecer en condiciones de temporal, la mejor opción son abonos verdes de rápido crecimiento, para poder aprovechar el agua de lluvia. En este estudio, esa condición se logró con *C. breviflora*, *C. ochroleuca*, *C. juncea* y *C. ensiformis*, que requirieron de tres meses de siembra a corte. A pesar de que, las cuatro especies de crotalarias presentan semillas pequeñas y fueron sembradas en densidades similares, *C. breviflora* fue la que logró la mayor densidad por metro lineal. Esta diferencia en la densidad de plantas de crotalarias al momento del corte de biomasa, se puede atribuir a la capacidad germinativa de cada especie (Pascualides y Ateca, 2013), así como a la susceptibilidad de los abonos verdes a enfermedades, desde que, enfermedades fungosas se presentaron en los primeros días posteriores a la siembra, ocasionadas por el exceso de lluvia. Aunque, se detectó diferencia en la densidad de plantación de crotalarias, esa diferencia, no se reflejó en la producción de materia seca, ya que, las cuatro especies presentaron similar cantidad de ésta.

Si el cultivo agrícola de interés se pretende establecer en condiciones donde no hay restricción hídrica, *C. cajan*, es otro abono verde que se puede utilizar; se clasificó como una especie de ciclo intermedio, ya que, requirió cuatro meses para realizar el corte de biomasa. Otras dos opciones son *M. aterrima* y *M. cinerea*, clasificadas como especies de ciclo largo, ya que necesitaron cinco meses para el corte de biomasa. La producción de biomasa en este estudio fluctuó entre 4.2 (con *C. ensiformis*) y 8.1 (con *C. cajan*) t/ha, valores que, superan a los 3.9 – 5.9 t/ha (se depositaron dos semillas cada 75 cm) indicadas para *C. cajan* (Córdova-Sánchez *et al.*, 2011; 2012) y similares a los 5.5 t/ha reportadas con *Mucuna deerengiana*, sembradas a 13,333 plantas/ha (Córdova-Sánchez *et al.*, 2013). La proporción de la hoja y del tallo en la planta, puede ser un factor que influya en la producción de materia seca desde que, los tallos, contienen mayor cantidad de celulosa y lignina que la hoja (Teixeira *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2012). Por lo tanto, se espera que, plantas con mayor porción de hoja resulten en plantas con mayor contenido de agua y menor porcentaje de materia seca. Lo anterior, puede explicar la mayor producción de materia seca de *C. cajan* en comparación con *C. ensiformis*, pues, aunque ambos produjeron similar cantidad de materia fresca, *C. cajan*, produjo 0.41 g de hoja por cada gramo de tallo, mientras que, *C. ensiformis* produjo 1.15 g de hoja por cada gramo



de tallo producido. A pesar de que *C. cajan* destacó en la producción de materia seca, este abono verde, junto con *C. juncea*, alcanzaron la mayor altura, con un máximo de 163 y 174 cm, respectivamente. Este factor se debe considerar en caso de que, se pretenda utilizar a estos abonos verdes en regiones geográficas o en épocas del año donde, el viento alcanza altas velocidades, dado que, a mayor altura es mayor la probabilidad de acame (Xue *et al.*, 2017), lo que afectaría su crecimiento y producción de biomasa.

Desde el punto de vista comercial, es deseable la producción de especies perennes o semi-perennes, ya que, se obtiene más de una cosecha de semilla con una única inversión en la preparación del terreno y establecimiento del cultivo. Para este estudio, esa condición se logró con *C. breviflora* y *C. cajan*, las cuales, continuaron desarrollándose después de la cosecha; esta característica ya ha sido reportada por otros autores (Núñez, 2009; Wutke *et al.*, 2014). Con *C. breviflora*, hasta los 266 días posteriores a la siembra se realizaron tres cosechas de semilla, lo que se explica por la producción continua de flores; de esa forma, en una misma planta se tienen simultáneamente flores y frutos. Aunque en otros estudios se ha reportado que el *C. cajan* puede producir hasta dos cosechas (Núñez, 2009), en este estudio, únicamente se realizó una cosecha, y la planta continuó con su ciclo de producción de follaje.

Diferencias en el rendimiento de semillas en función de la especie, ya se han reportado por otros autores (Carvalho *et al.*, 1999). El mayor rendimiento de semillas obtenidas con *C. ensiformis* (11 t/ha) y los menores rendimientos obtenidos en las cuatro especies de crotalarias (entre 0.56 y 1.52 t/ha), se explica por el tamaño de las semillas, ya que, mostraron el mayor y menor peso individual, respectivamente. Por otra parte, los máximos rendimientos de *C. ensiformis*, *D. lablab* y *C. juncea* (11.0, 2.08 y 0.50 t/ha, respectivamente), fueron mayores a los 2.0, 1.50, y 0.200 t/ha reportados en otros estudios (Wutke *et al.*, 2007; Timossi *et al.*, 2011).

## Conclusiones

El tiempo requerido para el corte de biomasa, cosecha de semilla, altura de planta, producción de materia seca, rendimiento y peso individual de semilla, cambia en función de la especie de abono verde. Mayor producción de materia seca en un menor tiempo, se consigue con *C.*



*juncea* y *C. cajan*. Mayor rendimiento de semillas se consigue con la especie que tiene semillas grandes (*C. ensiformis*), pero, más de una cosecha de semillas se puede obtener con especies de semilla pequeña (*C. breviflora* y *C. cajan*).

## Literatura Citada

- Arévalo-Galarza, G., T. M. Hernández-Mendoza, E. Salcedo-Pérez y A. Galvis-Spinola. 2007. Aplicación de fertilizantes sintéticos o abonos verdes y su efecto sobre la cantidad de nitrato residual en el suelo. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Ambient.* 13(2): 85-90.
- Astier, M., J. M. Maass, J. D. Etchevers-Barra, J. J. Peña and F. L. González. 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. *Soil Tillage Res.* 88(1-2):153-159.
- Beltrán-Morales, F. A., J. L. García-Hernández, R. D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Díez, J. Larrinaga-Mayoral *et al.* 2005. Sistemas de labranza, incorporación de abono verde y recuperación de la fertilidad de un yermosol háplico. *Terra Latinoam.* 23(3):381-387.
- Borkert, C. M., C. D. A. Gaudêncio, J. E. Pereira, L. R. Pereira e A. D. Oliveira Jr. 2003. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 38(1):143-153.
- Carvalho, A. M., M. L. Burle, J. Pereira e M. A. Silva. 1999. Manejo de adubos verdes no Cerrado. Circular Técnica N° 4. Planaltina: Embrapa Cerrados. 28 p.
- Córdova-Sánchez, S., M. Castelán-Estrada, S. Salgado-García, J. D. Palma-López, J. A. Vera-Núñez, J. J. Peña-Cabriales *et al.* 2011. Fijación biológica de nitrógeno por tres fabáceas (Leguminosae) en suelos ácidos de Tabasco, México. *Rev. AIA.* 15(1):31-50.
- Córdova-Sánchez, S., R. Cárdenas-Navarro, J. J. Peña-Cabriales, S. Salgado-García, M. Castelán-Estrada and C. Lobbit-Phillipe. 2012. Maize in association and rotation with Fabaceae in acid soil of the Savanna of Huimanguillo, Tabasco, Mexico. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 15(3):665-677.
- Córdova-Sánchez, S., R. Cárdenas-Navarro, J. J. Peña-Cabriales, S. Salgado-García, M. Castelán-Estrada, C. Lobbit-Phillipe *et al.* 2013. Fijación biológica de nitrógeno por cuatro fabáceas en suelos ácidos de Tabasco, México. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 45(1): 1-9.



- Cruz, A. G., S. Salgado G., F. J. Catzin R. y A. I. Ortiz C. 2002. Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna* spp.) en la época seca. *Interciencia* 27(11):625-630.
- Florentín, M. A., M. Peñalva, A. Calegari and R. Derpsch. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. *Integrated Crop Management* Vol. 12-2010. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, Italy. 97 p.
- Kulkarni, S. and A. Goswami. 2019. Effect of excess fertilizers and nutrients: a review on impact on plants and human population. p. 2094-2099. *In: Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management*. Jaipur, Rajasthan, India.
- Labrador, J. 2012. Los abonos verdes, mucho más que una técnica para la fertilización del suelo en la producción ecológica. *VidaRural*:346:26-31.
- Lima, J. D., R. K. Sakai e M. Aldrighi. 2012. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no Vale do Ribeira. *Bioscience J.* 28(5):709-717.
- Magaña, V. W., J. J. Obrador O., E. García L., M. Castelán E. and E. Carrillo Á. 2020. Comparative yield of cassava under mineral fertilization and green manure. *REMEXCA* 11(6):1259-1271.
- Menšík, L., L. Hlisnikovský, L. Pospíšilová and E. Kunzová. 2018. The effect of application of organic manures and mineral fertilizers on the state of soil organic matter and nutrients in the long-term field experiment. *J Soils Sediments* 18(8):2813-2822.
- Núñez, N. M. A. 2009. Evaluación del comportamiento de cinco líneas de gandul (*Cajanus cajan* L. Mill sp.) en comunidades Tsimane', provincia Ballivian, Beni. *RevActaNova* 4(2-3):396-407.
- Pascualides, A. L. y N. S. Ateca. 2013. Germinación y vigor de morfotipos de semillas de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). *phyton* 82:313-319.
- Prager, M. M., O. E. Sanclemente R., M. Sánchez de P., J. Miller G. y F. I. Ángel S. 2012. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7(1):53-62.
- Rojas-Velázquez, M., J. C. Rodríguez-Ortiz, J. A. Alcalá-Jáuregui, P. E. Díaz-Flores, F. J. Carballo-Méndez and E. Zúñiga-Valenzuela. 2020. Greenhouse trial of green manures on soil properties, chard production and environmental implications. *REMEXCA* 11(4):945-951.
- Rosenfeld, A. and F. Rayns. 2011. 'Sort out your soil'. Practical guide to green manures. Cotswold Grass Seeds Direct. Gloucestershire, GL, UK. 39 p.



- Ruiz Espinoza, F. H., P. M. Labrador, O. C. La Paz, A. B. Morales y L. D. Viruliche. 2007. Métodos de labranza e incorporación de fríjol dolichos (*Lablab purpureus*, Sweet.) como abono verde en la producción de semillas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en un Yermosol Háplico. Rev. Cienc. Téc. Agropecu. 16(3):90-94.
- Ruiz-Vega, J., A. Núñez-Barrios and M. A. Cruz-Ruiz. 2010. Decomposition rates of intercropped green manure crops in Oaxaca, México. Anadolu J. Agric. Sci. 25(S-3): 212-226.
- Ruiz-Vega, J. y G. Loaeza-Ramírez. 2003. Evaluación de abonos verdes en asociación con maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca, México. Terra Latinoam. 21(3):409-415.
- Teixeira, V. I., J. C. B. Dubeux Jr, M. V. F. dos Santos, M. D. A. Lira Jr, M. D. A. Lira e H. M. S. da Silva. 2010. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. Arch. Zootec. 59(226):245-254.
- Timossi, P. C., C. S. Wisintainer, J. Bruce, V. A. Pereira e V. S. Porto. 2011. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalaria, em função de métodos de semeadura. Pesqui. Agropecu. Trop. 41(4):525-530.
- Wutke, E. B., A. Calegari e L. P. Wildner. 2014. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. p. 59-168. In: Lima Filho, O. F., E. J. Ambrosano, F. Rossi e J. A. D. Carlos (eds.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. V. 1. Embrapa. Brasília, DF, Brasil.
- Wutke, E. B., E. J. Ambrosano, L. F. Razera, P. F. Medina, L. H. Carvalho e H. Kikuti. 2007. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: Informações técnicas. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. Brasília, DF, Brasil. 52 p.
- Xue, J., R. Xie, W. Zhang, K. Wang, P. Hou, B. Ming *et al.* 2017. Research progress on reduced lodging of high-yield and-density maize. J. Integr. Agric. 16(12):2717-2725.
- Zavala-Sierra, D., J. C. Rodríguez-Ortiz, J. A. Alcalá-Jáuregui, F. H. Ruiz-Espinoza, R. González Mancillas, H. Rodríguez-Fuentes *et al.* 2018. Potential of five legume species as green manure in the highland area of San Luis Potosí, Mexico. REMEXCA 9(spe 20):4323-4330.



## CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO CULTIVADOS CON PASTO TAIWÁN EN PIEDRAS NEGRAS, VERACRUZ

Ángel Capetillo Burela<sup>1</sup>, Marco Antonio Reynolds Chávez<sup>1</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>1\*</sup>,  
Cristian Matilde Hernández<sup>1</sup>, Martín Cadena Zapata<sup>2</sup>, Juan Antonio López Lopez<sup>2</sup> y Abiut Espinoza Del Carmen<sup>1</sup>

---

### Resumen

En investigaciones enfocadas al mejoramiento y conservación del recurso suelo, es necesario la elaboración de un perfil y el análisis de suelos para identificar las propiedades físicas y químicas, y con ello, determinar la dosis óptima económica que el cultivo requiera. El objetivo de la investigación fue evaluar mediante perfiles de suelos, las propiedades físicas y químicas de suelos cultivados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schumach) en la localidad de Piedras Negras, municipio de Tlalixcoyan, Veracruz, debido que en esa región se aplica una sola dosis de fertilización para la producción de fibra y celulosa de este pasto. La clasificación de los perfiles se realizó de acuerdo con las claves para la taxonomía de suelos de la WRB versión 2014. Se realizaron 10 perfiles de suelos, los cuales, se caracterizaron y describieron cada uno de ellos taxonómicamente para la generación de información de las propiedades físicas y químicas de sus horizontes; los resultados se utilizaron como base para la generación de dosis óptima económica para cada tipo de suelo. Las muestras de cada horizonte se analizaron en sus propiedades físicas (densidad aparente, color en húmedo y seco, contenidos de arena, limo y arcilla, clase textural) y químicas (pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, carbonato de calcio, capacidad de intercambio catiónico, contenidos de sodio, potasio, calcio y magnesio) aprobados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021 para la clasificación taxonómica de suelos. De acuerdo con su estructura, se encontraron cinco diferentes tipos de suelos; el pH varió de 5.45 a 6.07, la materia orgánica de 0.98 a 3.3%, el nitrógeno entre 1 y 9 mg/kg, el fósforo entre 13 y 40 mg/kg y el potasio entre 71 y 413 mg/kg. Se concluye que es posible utilizar los perfiles de suelos

---

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. zetina.rigoberto@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup>Universidad Agraria Antonio Narro. martincadenaz@gmail.com



como base para la generación de dosis óptima económica de fertilización en pasto Taiwán.

**Palabras clave:** biomasa, fibra, fertilización, materia orgánica, vertisol

## Introducción

El recurso suelo es la parte superficial de la corteza terrestre biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Los edafólogos para analizar y clasificar los suelos, lo hacen a partir de un perfil de suelos, el cual se define como la sección o corte vertical que se describe y analiza con el fin de clasificarlo. Por lo general, éste suele tener entre 1 y 2 metros de profundidad, si la roca madre o el material parental no aparecen antes; el perfil de suelos puede dividirse en seis capas u horizontes, sin que esto signifique que no puedan faltar algunas de ellas, las cuales se mencionan a continuación: 1. Horizontes orgánico-desprovistos (O u H); 2. Horizontes órgano-minerales (A); 3. Horizontes de lavado (E); 4. Horizontes minerales edafizados (B); 5. Horizontes poco edafizados (C) y 6. Roca madre o material parental (R o D). La literatura mundial presenta hoy en día, innumerables estudios de taxonomía de suelos enfocados a la generación de recomendaciones de manejo agronómico de especies agrícolas (Salgado-García *et al.*, 2016; Salgado-Velázquez *et al.*, 2017), cuantificar el carbono orgánico del suelo (Muñoz, 2018), cambios abruptos en la textura del suelo (Esfandiarpour-Borujenia *et al.*, 2018), delinear unidades de riego (Jiménez-Aguirre *et al.*, 2018) y generar escenarios de cambio climático (Kapur *et al.*, 2018).

Para conocer la cantidad y disponibilidad de macro y micro nutrientes para las plantas que tienen las capas u horizontes de los suelos, es necesario que se realice su análisis químico, ya que éste constituye una de las técnicas más utilizadas para la recomendación de dosis de fertilización, sin considerar que es una fuente de información vital para el manejo de suelos, que permite: 1. Clasificar los suelos en grupos afines; 2. Predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos; 3. Ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo y 4. Determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas. Se ha demostrado que dichos análisis constituyen una guía para el uso racional de





los fertilizantes; sin embargo, no debe olvidarse que en la producción de cultivos interviene un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, control fitosanitario, manejo y otras, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido.

El resultado del análisis de suelo indica la probabilidad de obtener una respuesta adicional con el fertilizante que se utiliza. En general, mientras más elevado sea el contenido de nutrimentos en el suelo, menor será la probabilidad de obtener una respuesta a la aplicación de fertilizantes. El uso de análisis químico del suelo como guía para la adición de fertilizantes, involucra dos etapas: la interpretación de los resultados y la recomendación. La interpretación se refiere a la estimación de obtener respuesta mediante el empleo de fertilizantes, mientras que la recomendación es la interpretación práctica de los resultados obtenidos para aplicarla en la producción comercial de cultivos. El objetivo de la investigación fue evaluar mediante perfiles de suelos, las propiedades físicas y químicas de suelos cultivados con pasto Taiwán (*Peennisetum purpureum* Schumach), como base para generar dosis óptima económica de fertilización mineral, enfocada a la producción de fibra y celulosa.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación geográfica**

La investigación se realizó en la región de Piedras Negras, municipio de Tlaxiaco, Veracruz, la cual se ubica en las coordenadas 18°36' Latitud Norte y 95°58' Longitud Oeste a una altitud de 20 m (García, 2004). El rango de temperatura es de 24 a 28°C, con una precipitación de 1,440 mm anuales y un clima cálido subhúmedo con lluvias en Verano (INEGI, 2017).

### **Trabajo de campo y elaboración de perfiles de suelos**

Se realizaron 10 perfiles de suelos en una superficie de 140 ha sembradas con pasto Taiwán (Cuadro 1), para ello se consideraron las áreas estratégicas y representativas de cada predio, así como el porcentaje de pendiente, color de suelo, vegetación y cercanía o lejanía a los cuerpos de agua y zona periurbana. La metodología utilizada para la elaboración y descripción de cada perfil fue la establecida por Cuanalo (1975), Ramírez (1980) y Sosa (2010), la cual consiste en cavar un pozo rectangular de 2 m de largo x 1 m de ancho x 2 m de profundidad



(de acuerdo a las condiciones del suelo); sin embargo, en algunos casos no fue necesario cavar a esa profundidad, debido que el material parental estaba a 1.2 m. Para la elaboración de los pozos se utilizaron flexómetros, palas rectas, palas cuadradas, talachos y cava hoyos. La cara del perfil a describir se realizó en dirección a los rayos del sol, para que existiera suficiente luz solar y con ello no perder ningún detalle de la descripción en campo.

**Cuadro 1. Número de perfiles de suelos elaborados en predios de riego de productores en Piedras Negras, municipio de Tlalixcoyan, Veracruz.**

No.	Nombre	Lote	Superficie del predio (ha)	No. de Perfiles
1	Armando Lormendez	1	5	1
2	Ángelo Rubini	1	4	0
3	Ángelo Rubini	2	4	0
4	Ángelo Rubini	5	9	1
5	Ángelo Rubini	6	29	2
6	Gerardo Mantecón	1	4	0
7	Gerardo Mantecón	2	5	1
8	Gerardo Mantecón	3	18	1
9	Antonio Salomón	3	7	1
10	Elías Cutberto Salomón	5	55	3
Total de hectáreas			140	10




Las muestras de suelo se enviaron al Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, para la realización de los análisis físicos y químicos requeridos para la clasificación taxonómica de los suelos. Las técnicas de extracción y cuantificación de nutrientes, así como de los métodos utilizados para la medición de propiedades físicas del suelo fueron los aprobados y descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). Con los datos obtenidos en campo y laboratorio se procedió a la clasificación de los perfiles de suelos de acuerdo con las claves del sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos, actualización 2014 (FAO, 2015).



## Resultados y Discusión




En el Cuadro 2, se muestra la descripción general de cada uno de los 10 perfiles de suelos realizados en la región de Piedras Negras, municipio de Tlaxcoyan, Veracruz.

**Cuadro 2. Descripción de perfiles de suelos en la localidad de Piedras Negras, Veracruz.**

No. De Perfil	Descripción general
	<p><b>Perfil 1.</b> Profundidad 1.3 m, encontrando a los 32 cm un material muy duro, tipo tepetate. Este perfil está integrado por cinco horizontes: Horizonte A1 con 7 cm de profundidad, Horizonte A2 con 25 cm de profundidad, Horizonte B1 con 10 cm de profundidad, Horizonte B2 con 14 cm de profundidad y Horizonte B3 con 74 cm de profundidad. La textura es migajón arcilloso (Vertisol), pH de 5.61 (moderadamente ácido), drenaje escaso, alta presencia de arena impermeable a partir del horizonte B1, y estructura no balanceada de arena (43.2%), arcilla (34.8%) y limo (22.0%). Pobre en nitrógeno, potasio y zinc; mediano en materia orgánica, fósforo y magnesio y adecuado en calcio, hierro, cobre y manganeso (FAO, 2009).</p>
	<p><b>Perfil 2.</b> Profundidad 1.3 m, encontrando a los 24 cm un suelo extremadamente duro, tipo (tepetate). Este perfil está integrado por tres horizontes: Horizonte A1 con 24 cm de profundidad, Horizonte B1 con 34 cm de profundidad y Horizonte B2 con 72 cm de profundidad. Suelo con textura migajón arcilloso arenoso (Vertisol), con pH de 5.58 (moderadamente ácido), drenaje escaso, alta presencia de arena impermeable a partir del horizonte B1, y estructura no balanceada de arena (55.20%), arcilla (26.80%) y limo (18.00%). Pobre en nitrógeno, fósforo, potasio y zinc; mediano en materia orgánica y magnesio y adecuado en calcio, hierro, cobre y manganeso (FAO, 2015).</p>
	<p><b>Perfil 3.</b> Profundidad 1.45 m, a partir de los 50 cm se encontró un tipo de suelo o material moderadamente duro, semi-arenoso tipo tepetate. Este perfil está integrado por cinco horizontes: Horizonte A1 con 13 cm de profundidad, Horizonte A2 con 18 cm de profundidad, Horizonte B1 con 26 cm de profundidad, Horizonte B2 con 32 cm de profundidad y Horizonte B3 con 51 cm de profundidad. La textura encontrada se consideró como migajón arcilloso (Vertisol), con pH de 5.84 (moderadamente ácido), drenaje ligero, presencia de arena impermeable y compacta a partir del horizonte B1, y estructura no balanceada de arena (40.20%), arcilla (37.00%) y limo (22.00%). Pobre en nitrógeno y zinc; mediano en materia orgánica, fósforo, potasio y magnesio, y adecuado en calcio, hierro, cobre y manganeso (Arias <i>et al.</i>, 2009).</p>




## Continúa Cuadro 2...

No. De Perfil	Descripción general
	<p><b>Perfil 4.</b> Profundidad de 1.85 m, encontrando a 1.55 m, un tipo de suelo semi-arenoso color café y moderadamente duro. Este perfil está integrado por cuatro horizontes: Horizonte A1 con 4 cm de profundidad, Horizonte A2 con 86 cm de profundidad, Horizonte- B1 con 26 cm de profundidad y Horizonte B2 con 69 cm de profundidad. La textura se consideró como arcilla (Vertisol), con pH de 5.91 (moderadamente ácido), drenaje escaso (se satura rápidamente el suelo), baja presencia de arena e impermeable después de los 1.7 m, y estructura no balanceada de arena (39.20%), arcilla (40.80%) y limo (20.00%). Pobre en nitrógeno y zinc; mediano en materia orgánica, fósforo, potasio y magnesio, y adecuado en calcio, fierro, cobre y manganeso.</p>
	<p><b>Perfil 5.</b> Profundidad de 2.10 m y sin registro de roca madre o tepetate; es muy suave, color café, semi-arenoso y con gran contenido de limo y arena, lo cual hace que sea un suelo muy bueno para cualquier cultivo agrícola, forestal o frutícola. Este perfil está integrado por dos horizontes muy similares: Horizonte A1 con 10 cm de profundidad y Horizonte A2 con 200 cm de profundidad, detectando que podría llegar a más de 4 m de profundidad, con el mismo tipo de suelo que el que se encontró en todo el perfil. Suelo clasificado como migajón arenoso, con pH de 5.77 (moderadamente ácido), buen drenaje (no se satura rápidamente con respecto a los de mayor contenido de arcilla), moderada presencia de arena y limo, y estructura semi balanceada de arena (55.20%), arcilla (12.80%) y limo (32.00%). Pobre en materia orgánica, nitrógeno, magnesio, manganeso y zinc; mediano en calcio y adecuado en fósforo, potasio, fierro y cobre.</p>
	<p><b>Perfil 6.</b> Profundidad 1.99 m; presencia de suelo color café a partir de 1.7 m y sin registro de roca madre o tepetate; es muy suave en húmedo y muy duro en seco, color negro, muy arcilloso y con similar contenido de limo, arena y arcilla; está integrado por cuatro horizontes: Horizonte A1 con 5 cm de profundidad, Horizonte A2 con 20 cm de profundidad, Horizonte A3 con 96 cm de profundidad y Horizonte B1 con 78 cm de profundidad. La textura se considera como migajón arcilloso, con pH de 5.60 (moderadamente ácido), moderado drenaje, a pesar de que cuenta con similar porcentaje de limo y arena, así como con una estructura semi balanceada de arena (31.20%), arcilla (33.80%) y limo (35.00%). Pobre en nitrógeno y fósforo; mediano en potasio y magnesio y adecuado en materia orgánica, calcio, fierro, cobre, zinc y manganeso.</p>



## Continúa Cuadro 2...

No. De Perfil	Descripción general
	<p><b>Perfil 7.</b> Profundidad de 1.50 m, presencia de suelo color café y muy duro a partir de los 45 cm; la primera capa es suave y de color negro en húmedo y muy duro en seco y con grieta menor de 5 cm. La capa arable es “chiclosa y pegajosa” en húmedo, lo cual hace que se sature rápidamente cuando se le aplica el riego, y considerado como un suelo “regular” para cualquier cultivo agrícola. Está integrado por tres horizontes: Horizonte A1 con 4 cm de profundidad, Horizonte A2 con 41 cm de profundidad y Horizonte- B1 con 105 cm de profundidad. Textura migajón arcilloso (Vertisol), con pH de 5.88 (moderadamente ácido), ligero drenaje, escasa retención de humedad en el tiempo y estructura no balanceada de arena (40.20%), arcilla (34.80%) y limo (21.00%). Pobre en nitrógeno y zinc; mediano en materia orgánica, fósforo y magnesio y adecuado en potasio, calcio, fierro, cobre y manganeso.</p>
	<p><b>Perfil 8.</b> Profundidad de 1.90 m, encontrando a partir de 1.80 m, un tipo de suelo semi-arenoso color café y moderadamente duro. Este tipo de suelo está integrado por tres horizontes: Horizonte A1 con 10 cm de profundidad, Horizonte-A2 con 170 cm de profundidad y Horizonte B1 con 10 cm de profundidad. La textura se considera como arcilla (Vertisol), con pH de 5.83 (moderadamente ácido), drenaje escaso (se satura rápidamente el suelo), baja presencia de arena y no permite con facilidad la infiltración después de los 1.8 m de profundidad, ya que tiene una estructura no balanceada de arena (35.20%), arcilla (41.80%) y limo (23.00%). Pobre en nitrógeno y zinc; mediano en materia orgánica, fósforo, potasio y magnesio y adecuado en calcio, fierro, cobre y manganeso.</p>
	<p><b>Perfil 9.</b> Profundidad de 0.95 m, encontrando a los 15 cm, un suelo extremadamente duro, tipo tepetate, en el cual no logran penetrar las raíces del cultivo. Este tipo de suelo está integrado por tres horizontes: Horizonte A1 con 15 cm de profundidad, Horizonte B1 con 42 cm de profundidad y Horizonte B2 con 38 cm de profundidad. La textura se considera como migajón arcillo arenoso, con pH de 6.03 (moderadamente ácido), con problemas de drenaje, alta presencia de roca madre arenosa y compacta que no permite la infiltración del agua a partir del horizonte B1, y estructura no balanceada de arena (50.20%), arcilla (29.80%) y limo (20.00%). Pobre en nitrógeno, fósforo, potasio y zinc; mediano en materia orgánica y magnesio y adecuado en calcio, fierro, cobre y manganeso.</p>
	<p><b>Perfil 10.</b> Profundidad de 2.2 m, encontrando a los 55 cm una capa horizontal de carbonatos de calcio de 30 cm de longitud. Todo el perfil es de color café claro, muy duro y agrietado en seco, y pegajoso en húmedo (arcilloso). Está integrado por tres horizontes: Horizonte A1 con 20 cm de profundidad, Horizonte A2 con 83 cm de profundidad y Horizonte B1 con 117 cm de profundidad. La textura es migajón arcillo arenoso (Vertisol), con pH de 6.05 (moderadamente ácido), buen drenaje debido a la posición de la pendiente que tiene actualmente, alta presencia de arcilla en todos los horizontes, y estructura no balanceada de arena (61.20%), arcilla (30.80%) y limo (8.00%). Pobre en materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y manganeso; mediano en magnesio y adecuado en calcio, fierro y cobre.</p>



En lo que respecta a la textura de los 10 perfiles de suelos, se encontraron cinco diferentes tipos de suelos, de los cuales, cuatro tienen una textura migajón arcilloso, tres son migajón arcillo-arenoso, uno arcilla, uno arcilla arenosa, y uno migajón arenoso. Todos se encuentran en una clasificación de suelos de tipo vertisol (FAO, 2009). El pH encontrado corresponde al ideal para el cultivo del pasto Taiwán, con valores que varían de 5.61 a 6.05, considerados como moderadamente ácidos; a su vez, la materia orgánica presentó una variabilidad de 0.95 a 3.34%; en este sentido, cabe mencionar que de acuerdo a la norma oficial en cuestión, cuando un suelo tiene valores de 3.6 a 6.0% o más, se consideran como suelos con un alto contenido de materia orgánica, fértiles, con fauna equilibrada, lo que repercute directamente en una menor cantidad de fertilizantes a aplicar al cultivo. En el Cuadro 3, se muestran las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio de los perfiles de suelos; de manera general, se encontró que los suelos son pobres en nitrógeno y medianos a pobres en fósforo y potasio, respectivamente.

**Cuadro 3. Concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio encontradas en los perfiles de suelos.**

Nombre/Perfil	Nitrógeno Inorg. (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/kg)	Fósforo extraíble (Bray P-1) (mg/kg)	Potasio intercambiable (mg/kg)
Armando Lormendez	1	24.6	95
Ángelo Rubini	9	9.04	78
Ángelo Rubini	7	23.9	217
Ángelo Rubini	2	23.0	118
Ángelo Rubini	2	40.0	576
Gerardo Mantecón	5	15.0	217
Gerardo Mantecón	4	33.7	249
Gerardo Mantecón	5	22.0	119
Antonio Salomón	7	12.2	96
Elías Cutberto Salomón	1	13.8	104

En el comportamiento de los microelementos (calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso), se encontró una gran diversidad en la cantidad existente en los suelos muestreados (Cuadro 4), ya que la mayoría tienen concentraciones altas o medianas y sólo



algunos suelos se consideran como pobres, siendo el zinc una excepción, ya que 99% de los suelos presentan deficientes de este elemento, lo cual da pie a iniciar algunos trabajos para observar el efecto que tiene este elemento en la concentración de fibra del pasto Taiwán.

**Cuadro 4. Concentración (kg ha<sup>-1</sup>) de calcio, magnesio, fierro, cobre, zinc y manganeso disponibles en el suelo, de acuerdo a la norma 021 REC NAT 2000 A-12 y A-14.**

Nombre/Perfil	Calcio	Magnesio	Fierro	Cobre	Zinc	Manganeso
Armando Lormendez	12,748	1,048	31	3.5	2.6	18.7
Ángelo Rubini	11,063	1,195	24	4.0	2.2	17.6
Ángelo Rubini	14,980	1,285	19	4.0	2.2	13.0
Ángelo Rubini	16,164	1,206	36	6.8	2.2	26.6
Ángelo Rubini	5,803	540	28	3.7	2.3	2.8
Gerardo Mantecón	12,589	1,206	46	5.4	4.0	74.9
Gerardo Mantecón	13,057	1,228	40	4.1	2.2	27.7
Gerardo Mantecón	14,728	1,242	23	5.0	1.4	54.4
Antonio Salomón	12,337	1,030	17	2.9	1.3	17.7
Elías C. Salomón	8,712	1,138	20	2.8	0.6	2.8

## Conclusiones

1. Se encontraron suelos con cinco texturas diferentes: 3 franco arenoso, 4 franco arcillo arenoso, 2 arcilla arenosa, 4 franco arcilloso y 2 arcillas; todos ellos clasificados como vertisoles. 2. Todos los suelos fueron considerados aptos para el cultivo de pasto Taiwán para la producción de fibra y celulosa.

## Literatura Citada

Arias, F., R. Mata, A. Alvarado, E. Serrano y J. Laguna. 2009. Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica. *Agron. Costarricense* 34(2):177-195.

Cuanalo, C. H. 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. Chapingo, Edo. de Méx., México. 30 p.



- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT-2000) Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. México. D. F. 66 p.
- Esfandiarpour-Borujeni, I., Z. Mosleh and M. H. Farpoor. 2018. Comparing the ability of Soil Taxonomy (2014) and WRB (2015) to distinguish lithologic discontinuity and an abrupt textural change in major soils of Iran. CATENA 165:63-71.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Guía para la descripción de suelos. 4ª. ed. Roma, Italia. 99 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Actualización 2015. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. Roma, Italia. 205 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adecuarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 90 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlalixcoyan, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30181. 8 p.
- Jiménez-Aguirre, M. T., D. Isidoro and A. Usón. 2018. Soil variability in La Violada Irrigation District (Spain): I Delineating soil units for irrigation. Geoderma 311:78-90.
- Kapur S., M. Aydın, E. Akca and P. Reich. 2018. Climate change and soils. p. 45-55. *In*: Kapur, S., E. Akca and H. Günal (eds.). The Soils of Turkey. World Soils Book Series. Springer International Publishing AG. Cham, Switzerland.
- Muñoz, C. M. A. 2018. Almacenamiento de carbono edáfico, en diferentes unidades geológicas en el ecosistema herbazal de páramo, subcuenca del Río Chambo, Chimborazo-Ecuador. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 45 p.
- Ramírez, G. 1980. Toma de muestra de suelo. Boletín Divulgativo No. 74. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 10 p.
- Salgado-García, S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, S. Córdova-Sánchez, M. Castelán-Estrada, L. C. Lagunes-Espinoza *et al.* 2016. Programa de fertilización sustentable para plantaciones de cítricos en Tabasco, México. Ecosist. Rec. Agrop. 3(9):345-356.





- Salgado-Velázquez, S., S. Salgado-García, D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, S. Córdoba-Sánchez y J. A. Rincón-Ramírez. 2017. Clasificación de los suelos por fertilidad de la Subregión Ríos de Tabasco, México. *Agroproductividad* 10(12):9-15.
- Sosa, D. A. 2010. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelos. Manejo de suelos. INTA. Centro Regional Misiones. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul. Misiones, Argentina. 4 p.



## BIOESTIMULANTES EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE MACROTÚNEL

Félix David Murillo Cuevas<sup>1</sup>, Jacel Adame García<sup>1\*</sup>, Jazmín Villegas Narváez<sup>1</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>2</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>2</sup> y José Antonio Juárez Castañeda<sup>1</sup>

### Resumen

La producción de jitomate depende de grandes cantidades de fertilizantes químicos, los cuales en ocasiones se aplican de forma inadecuada y pueden dejar de estar disponibles para las plantas a través de una transformación química, física o biológica. Los bioestimulantes son alternativas importantes para una eficiente nutrición de los cultivos de manera sustentable. El objetivo del trabajo fue evaluar tres bioestimulantes microbianos sobre la calidad de fruto de jitomate bajo condiciones protegidas de macrotúnel. El trabajo se realizó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván. Se utilizaron semillas de jitomate variedad Toro F1 inoculadas con *Rhizophagus* sp., proporcionadas por el INIFAP Campo Experimental Cotaxtla. Se evaluaron los bioestimulantes T22<sup>®</sup>, Mix<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup>. Se utilizaron frutos de dos cortes, a los 63 y 86 días después del trasplante. Las variables de respuesta fueron: 1) peso del fruto (g), 2) diámetro polar del fruto (cm) y 3) diámetro ecuatorial de fruto (cm). Se realizó un ANOVA y una comparación de medias de Tukey  $\alpha=0.05$ . Para a la variable peso de fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes T22<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> produjeron frutos significativamente más pesados que las plantas testigo y tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup>. Para la variable diámetro polar del fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes tuvieron frutos significativamente más grandes que las plantas testigos y se observó que los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante T22<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> fueron en promedio más grandes a los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup>. En la variable diámetro ecuatorial de fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes tuvieron frutos significativamente más grandes que las plantas testigos y se observó que los frutos de las plantas tratadas con el

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván \*Autor por correspondencia: jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CE Cotaxtla



bioestimulante T22<sup>®</sup> fueron en promedio más grandes a los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup>.

**Palabras clave:** hortalizas, *Trichoderma*, *Bacillus*, bacterias

## Introducción

En los últimos años México ha exportado un promedio de 10.4 miles de millones de dólares en productos agroalimentarios. De ellos, alrededor de dos terceras partes corresponden a hortalizas, legumbres y frutos comestibles (SIAP, 2013). En el año 2015, México ocupó el noveno lugar como productor de hortalizas a nivel mundial, con una producción de 14.1 millones de toneladas, siendo el jitomate, chile verde, cebolla, elote y pepino, las principales hortalizas por volumen de producción, que en conjunto aportaron cerca de 9.1 millones de toneladas (SIAP, 2016).

El jitomate, es la hortaliza de mayor producción, ya que se cultiva para atender la demanda nacional y de exportación. Al primer mes de 2021 para el ciclo PV 2020, la producción de tomate rojo (jitomate) fue de un millón 878 mil 289 toneladas (SIAP, 2021). Esta producción de jitomate depende de grandes cantidades de fertilizantes químicos como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales en ocasiones se aplican de forma inadecuada en dosis superiores a los requeridos por el cultivo, situación que generalmente provoca un bajo aprovechamiento (Villarreal *et al.*, 2002), ya que se conoce que gran parte del fertilizante aplicado en los cultivos se libera al medio ambiente, se lavan del suelo por la escorrentía y a menudo pueden dejar de estar disponibles para las plantas a través de una transformación química, física o biológica (Sánchez *et al.*, 2001; Daverede *et al.*, 2004). Debido a esto, los agricultores necesitan aplicar más fertilizante químico del que la planta realmente necesita, y el resto a menudo se libera al medio ambiente, contaminando el aire y el agua (Vance, 2001). Esto ha motivado la búsqueda de alternativas que permitan reducir el uso de fertilizantes químicos sin dañar la nutrición de las plantas, que optimicen la absorción de nutrientes por parte de los cultivos y mejoren la calidad de las plantas y frutos. Una de las alternativas más prometedoras es el uso de



bioestimulantes y/o biofertilizantes a base de microorganismos (Noh *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2016; Arias *et al.*, 2019; Rojas-Badía *et al.*, 2020).

Los bioestimulantes agrícolas son microorganismos que se aplican a las plantas para mejorar la eficiencia nutricional y la calidad del cultivo; algunos de éstos bioestimulantes son productos comerciales que contienen una mezcla de dichos microorganismos (du Jardin, 2015). Los biofertilizantes, pueden considerarse como una subcategoría de bioestimulantes, los cuales aumentan la eficiencia en el uso de nutrientes y abren nuevas vías de adquisición de nutrientes por parte de las plantas (du Jardin, 2015). Los bioestimulantes microbianos incluyen hongos micorrízicos y no micorrízicos, bacterias endosimbióticas y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (Calvo *et al.*, 2014; Halpern *et al.*, 2015). Hongos micorrízicos y solubilizadores de fósforo (solos y en consorcios) sobre la micorrización, han mejorado significativamente el contenido de fósforo en la parte aérea, la altura, y longitud de la raíz en plantas de jitomate (Arias *et al.*, 2019). También los aislados de rizobacterias han mostrado potencial para ser utilizados como biofertilizantes en la producción de plántulas de jitomate (Noh *et al.*, 2014) y las cepas de *Trichoderma* han demostrado que tienen un alto potencial para mejorar la calidad del fruto en jitomate (Ruiz-Cisneros *et al.*, 2018).

De acuerdo a lo anterior, los bioestimulantes en la horticultura son alternativas importantes, de tal manera que requieren ser evaluados local y temporalmente, para garantizar su eficiencia y definir mecanismos que optimicen su uso. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres bioestimulantes microbianos sobre la calidad de fruto de jitomate bajo condiciones protegidas de macrotúnel.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo se realizó en el año 2020 en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván ubicado en las coordenadas de 19°24'43.12" norte y 96°21'32.66" oeste en el municipio de Úrsulo Galván, en la región centro costera de Veracruz. El clima de esta región se clasifica como Aw (tropical húmedo-seco) 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 y 1300 mm.

### Material vegetal

Las semillas de jitomate utilizadas fueron proporcionadas por el INIFAP Campo Experimental Cotaxtla y corresponden a la variedad Toro F1 inoculadas con *Rhizophagus* sp.

### Manejo del cultivo

Las semillas fueron germinadas en charolas en el Campo Experimental Cotaxtla. El manejo agronómico después del trasplante consistió en la aplicación de ácidos húmicos (10%) a los 15 días después del trasplante (DDT) a través del sistema de riego. A los 20, 50, 90 y 120 DDT se aplicó fertilización química en drench, 20 mL por planta y aplicaciones foliares de micronutrientes. A los 80 DDT se aplicó Boro/Calcio. A los 115 DDT se aplicó el abono foliar Bayfolan® (0.2%) para la inducción de floración.

### Bioestimulantes

Los bioestimulantes que se utilizaron fueron productos a base de *Trichoderma* spp. y bacterias promotoras de crecimiento vegetal del género *Bacillus*. Los tratamientos evaluados fueron: 1) T22+ Micorriza INIFAP®, 2) Mix®, 3) Genifix® y 4) testigo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la evaluación de los bioestimulantes en plantas de jitomate variedad Toro F1.**

Tratamientos	Ingrediente activo	Compañía	Dosis
T22®+ Micorriza INIFAP®	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Rhizophagus</i> sp.	PHC e INIFAP	0.5% (p/v)
MIX®	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>T. asperellum</i> , <i>T. koningli</i>	Organismos benéficos	0.5% (p/v)
Genifix®	<i>Bacillus</i> sp. JVN5, <i>B. megaterium</i> strain VVM1, <i>Bacillus</i> sp. FDMC4, <i>B. subtilis</i> strain JAG3, <i>B. megaterium</i> strain EAV2	TecNM Campus Úrsulo Galván	20% (v/v)
Testigo	Agua		

### Evaluación de bioestimulantes en plantas

Se utilizó un macrotúnel de 3 m de ancho por 30 m de largo, forrado con malla antiáfidos. Dentro del macrotúnel se construyeron dos camas con composta mezclada con suelo y acolchado blanco-negro, las camas fueron de 90 cm de ancho y 30 cm de altura, separadas



una de otra por un callejón de no menos de 40 cm de ancho. El marco de plantación fue de una planta cada 25 cm, lo cual dio un total de 120 plantas por cama y 240 por macrotúnel. Se utilizó un sistema de riego de cuatro salidas de agua y 30 m de cintilla calibre 6000 para cada cama.

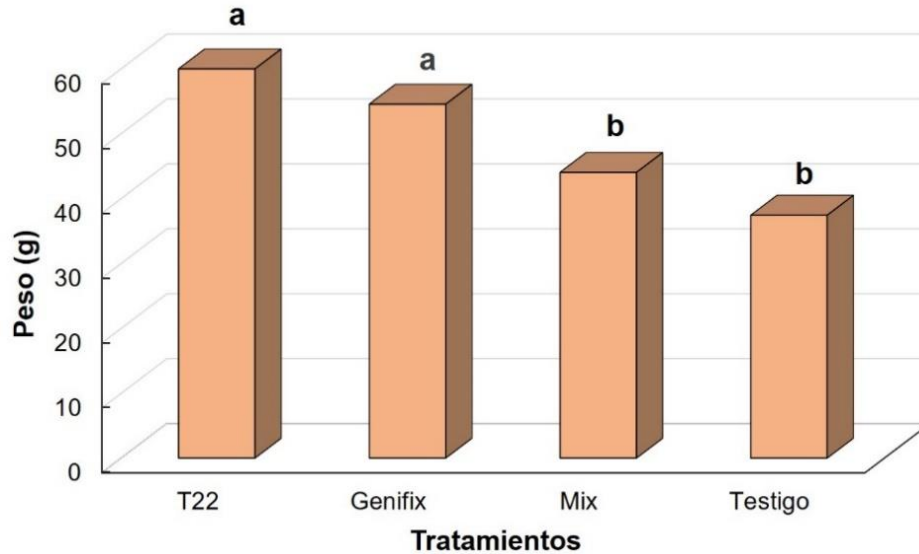
El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En cada bloque experimental los bioestimulantes se aplicaron mensualmente al suelo, dirigidos al cuello de la planta (drench). Se utilizaron los frutos de dos cortes, a los 63 y 86 días después del trasplante. Las variables de respuesta fueron: 1) peso del fruto (g), 2) diámetro polar del fruto (cm) y 3) diámetro ecuatorial de fruto (cm).

### **Análisis estadístico**

Para comparar el efecto de los bioestimulantes en el peso y dimensiones del fruto se realizó un ANOVA y una comparación de medias de Tukey  $\alpha=0.05$ . Además, también se analizó la interacción corte + bioestimulante. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020.

### **Resultados y Discusión**

Para a la variable peso de fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> produjeron frutos significativamente más pesados ( $F_{3,458}= 30.43$ ,  $p= 0.0001$ ) que las plantas testigo y tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup>. No se registraron diferencias estadísticas entre los bioestimulantes T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> (Figura 1). El mejor peso de fruto (59.96 g) se obtuvo con el bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> en comparación al testigo (37.41g) (Figura 1). Las interacciones del corte dos + cualquiera de los bioestimulantes T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> o Genifix<sup>®</sup> registraron frutos significativamente más pesados ( $F_{3,458}= 4.85$ ,  $p= 0.0025$ ) que las interacciones del corte uno y del corte dos para el testigo y el bioestimulante Mix<sup>®</sup>.



**Figura 1. Efecto de tres bioestimulantes en peso de fruto de jitomate.**

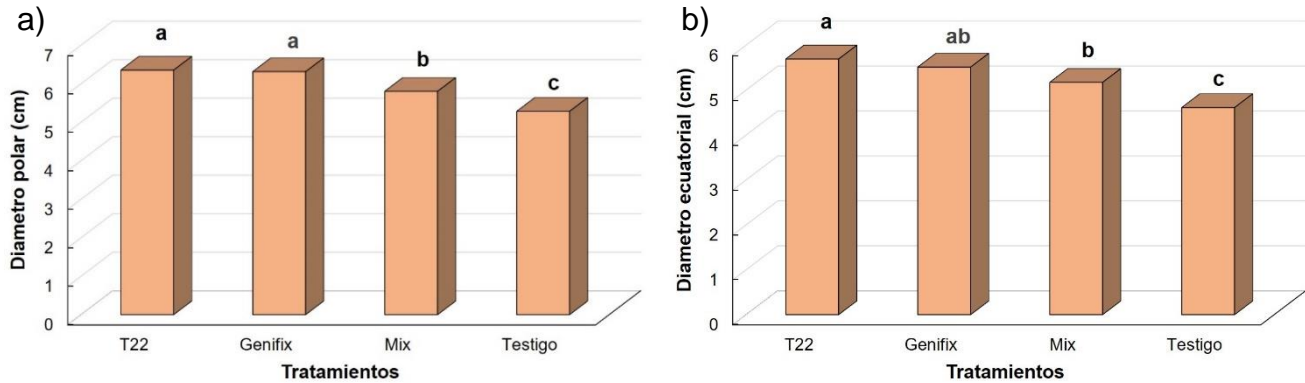
Para la variable diámetro polar del fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes tuvieron frutos significativamente más grandes ( $F_{3,458} = 29.04$ ,  $p = 0.0001$ ) que las plantas testigos (Figura 2a). Al comparar únicamente a los bioestimulantes, se observó que los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> fueron en promedio más grandes a los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup> (Figura 2a). El mayor diámetro polar de fruto se registró en plantas tratadas con T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> (6.35 cm) en comparación al testigo (5.28 cm) (Figura 2a). Al analizar la interacción, se encontró nuevamente que las interacciones del corte dos + cualquiera de los bioestimulantes T22<sup>®</sup> o Genifix<sup>®</sup> registraron frutos significativamente más grandes ( $F_{3,458} = 4.95$ ,  $p = 0.0028$ ) que las interacciones del corte uno y dos para el testigo y uno para el bioestimulante Mix<sup>®</sup>.

En la variable diámetro ecuatorial de fruto, las plantas tratadas con los bioestimulantes tuvieron frutos significativamente más grandes ( $F_{3,458} = 25.45$ ,  $p = 0.0001$ ) que las plantas testigos (Figura 2b). Al comparar únicamente a los bioestimulantes, se observó que los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> fueron en promedio más grandes que los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante Mix<sup>®</sup> (Figura 2b).

Los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante Genifix<sup>®</sup> fueron estadísticamente iguales a los frutos de los otros dos bioestimulantes en relación al diámetro ecuatorial (Figura 2b). Los frutos de las plantas tratadas con el bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup>



registraron en promedio el mayor diámetro ecuatorial de fruto (5.69 cm) en comparación con el testigo (4.61 cm).



**Figura 2. Efecto de tres bioestimulantes en el diámetro polar (a) y diámetro ecuatorial (b) de fruto de jitomate.**

En cuanto a la interacción, el corte dos + el bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> fue la que registro frutos más anchos y fue significativamente diferente ( $F_{3,458} = 2.95$ ,  $p = 0.0326$ ) al testigo en los dos cortes y al bioestimulante Mix<sup>®</sup> en el corte dos.

Estos resultados demuestran los efectos benéficos de los bioestimulantes T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup>, Genifix<sup>®</sup> y Mix<sup>®</sup>, los cuales son a base de hongos del género *Trichoderma* y Bacterias del género *Bacillus*, lo cual corrobora lo ya reportado en hortalizas como melón (Diénez *et al.*, 2018), chile (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014; Sosa-Pech *et al.*, 2019; Gamboa-Angulo *et al.*, 2020), zanahoria y tomate (Torres *et al.*, 2016; Rojas-Badía *et al.*, 2020).

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con lo reportado por Ruiz-Cisneros *et al.* (2018) sobre el incremento en el diámetro de frutos de tomate, debido al efecto estimulante de hongos del género *Trichoderma*, aplicado sobre el sustrato de las plantas; además complementa la información generada sobre los efectos benéficos del hongo *Trichoderma* como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate (Santana *et al.*, 2016), así como en el incremento en el número de hojas, flores, altura de planta, largo y ancho de las hojas, cantidad de folíolos y rendimientos (Pérez *et al.*, 2013).

En cuanto a Bacterias del género *Bacillus*, los resultados obtenidos con el bioestimulante Genifix<sup>®</sup> corroboran los efectos benéficos de estas bacterias reportadas en el cultivo de tomate tales como incremento en el diámetro y firmeza del fruto, además de sus efectos en el





incremento de altura de planta, longitud de raíz y el rendimiento (Ruiz-Cisneros *et al.*, 2018; Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2020).

## Conclusiones

1. Los bioestimulantes T22<sup>®</sup>+ Micorriza INIFAP<sup>®</sup>, Genifix<sup>®</sup> y Mix<sup>®</sup> evaluados en este trabajo, promovieron el incremento en el tamaño de fruto de jitomate. 2. Los productos T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> incrementaron el peso del fruto de jitomate. 3. Los bioestimulantes presentaron diferencias significativas entre ellos. 4. Los bioestimulante T22<sup>®</sup> + Micorriza INIFAP<sup>®</sup> y Genifix<sup>®</sup> fueron los productos que mejor efecto positivo ocasionaron en el peso y tamaño del fruto de tomate.

## Agradecimientos

Al TecNM y COVEICYDET por el financiamiento de los proyectos “Evaluación de bioestimulantes y bioinsecticidas en condiciones de macrotúnel en la producción de hortalizas” clave 10544.21-P y “Sistema de producción biorracional de hortalizas en macrotúnel, conducido por mujeres” clave 14 2252, respectivamente.

## Literatura Citada

- Arias, M. R. M., de J. A. Romero, F., J. Bañuelos, T. y Y. de la Cruz, E. 2019. Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(8):1747-1757.
- Calvo, P., L. Nelson and W. Kloepper, J. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383:3-41.
- Diáñez, F., Santos, M., Carretero, F. and Marín, F. 2018. Biostimulant activity of *Trichoderma saturnisporum* in melon (*Cucumis melo*). *HortScience* 53(6):810-815.



- Daverede, I.C., N. Kravchenko, A., G. Hoefft, R., D. Nafziger, E., G. Bullock, D., J. Warren, J. *et al.* 2004. Phosphorus run off from incorporated and surface-applied liquid swine manure and phosphorus fertilizer. *J. Environ. Qual.* 33:1535-1544.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196:3-14.
- Gamboa-Angulo, J., E. Ruíz-Sánchez, C. Alvarado-López, F. Gutiérrez-Miceli, V. M. Ruíz-Valdiviezo y K. Medina-Dzul. 2020. Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana* 38(4):817-82.
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T. and Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *In: Sparks, D. L. (ed.). Advances in Agronomy.* Vol. 129, p.141-174.
- Noh, M. J., C. Yam, C., L. Borges, G., J. J. Zúñiga, A. y G. Godoy, H. 2014. Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate. *Terra Latinoamericana* 32(4):273-281.
- Pérez G. Y., J. L. Ayala S. y A. Calero H. 2013. Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* Rifai A-34 en la producción protegida de tomate el cultivo de tomate protegido. *Centro Agrícola* 40(3):53-56.
- Reyes-Ramírez, A., M. López-Arcos, E. Ruiz-Sánchez, L. Latournerie-Moreno, A. Pérez-Gutiérrez, M. G. Lozano-Contreras y M. J. Zavala-León. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia* 48(3):285-294.
- Rojas-Badía, M.M., A. M. Bello-González, Y. Ríos-Rocafull, D. Lugo-Moya y S. J. Rodríguez. 2020. Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica* 69(1):54-60.
- Ruiz-Cisneros, M. F., J. de J. Ornelas-Paz, G. I. Olivas-Orozco, C. H. Acosta-Muñiz, D. R. Sepúlveda-Ahumada, D. A. Pérez-Corral and C. Rios-Velasco. 2018. Effect of *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(3):444-456.
- Sánchez, L., A. Diez, J., Vallejo, A. and C. Cartagena, M. 2001. Denitrification losses from irrigated crops in central Spain. *Soil Biol. Biochem.* 33:1201-1209.
- Santana, B. Y., A. del Busto C., Y. González F., I. Aguiar G., S. Carrodegua D., P. L. Páez F., G. Díaz L. 2016. Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro Agrícola* 43(3):5-12.



- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021 Escenario mensual de productos agroalimentarios. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621464/Escenario Tomate rojo Jito mate feb 2021.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621464/Escenario_Tomate_rojo_Jito_mate_feb_2021.pdf) [consultado el 16 de junio de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Blog informativo, Somos noveno productor de hortalizas a nivel mundial. <https://www.gob.mx/siap/articulos/somos-noveno-productor-de-hortalizas-a-nivel-mundial> [consultado el 16 de julio de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Boletín semanal del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA. <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/018-e.html> [consultado el 16 de julio de 2021].
- Sosa-Pech, M., E. Ruiz-Sánchez, J. M. Tun-Suárez, L. L. Pinzón-López y A. Reyes-Ramírez 2019. Germinación, crecimiento y producción de glucanasas en *Capsicum chinense* Jacq. inoculadas con *Bacillus* spp. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 6(16):137-143.
- Torres, R.J.A., J. J. Reyes, P. y J. C. González, R. 2016. Efecto de un bioestimulante natural sobre algunos parámetros de calidad en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) bajo condiciones de salinidad. Biotecnia 18(2):11-15.
- Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiol. 127:390-397.
- Villarreal, R. M., R. S. García, E., T. Osuna, E. y A. D. Armenta, B. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. Terra Latinoamericana 20(3):311-320.
- Zulueta-Rodríguez, R., L. G. Hernández-Montiel, J. J. Reyes-Pérez, G. Y. González-Morales and L. Lara-Capistrán. 2020. Effects of co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Rhizoglosum intraradices* in tomato production (*Solanum lycopersicum* L.) in a semi-hydroponic system. Revista BioCiencias 7:1-17.



## PLANTACIONES DE AGUACATE EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ, MÉXICO

Jeremías Nataren Velázquez<sup>1</sup>, Ana Lid del Ángel Pérez<sup>1</sup>, Juan Valente Megchún García<sup>2\*</sup> y Sorelly Ramírez Romero<sup>3</sup>

### Resumen

México es uno de los países con mayor producción de aguacate en el mundo y la variedad mayormente plantada es la Hass; además que Michoacán, México figura como el principal productor de aguacate con un 80%, seguido de otros estados como: Jalisco, Estado de México y Veracruz. En esta última entidad existe una superficie plantada en la parte central que necesita ser caracterizado. El objetivo de esta investigación fue tipificar el área productora de aguacate en la zona de alta montaña de Veracruz, México. El área productora de aguacate en la Región de Las Altas Montañas de Veracruz, México, está integrada por los municipios de: Alpatlahua, Calchualco, Coscomatepec e Ixhuatlán del Café, lugar donde se aplicó la encuesta, mediante entrevistas a productores con el instrumento denominado cuestionario, semi-estructurado con preguntas abiertas y cerradas. El análisis de la información se realizó de manera sistemática con análisis descriptivo y multivariado de componentes y correspondencia; además, para algunas variables se realizó análisis paramétrico y no paramétricos de los datos. Se agruparon a productores pequeños, con el 80% de hombres y el resto integrados por mujeres; la mayoría de los productores saben leer y escribir. También se observó que se dedican a otras actividades diferentes al cultivo de aguacate. El productor aguacatero posee conocimiento tácito en el manejo del cultivo, desde la etapa plantación hasta la producción del cultivo. Los productores poseen experiencia en el manejo de otros cultivos, lo cual obedece a que requieren obtener otros ingresos adicionales.

**Palabras clave:** *Persea americana*, palta, frutales

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. nataren.jeremias@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza. \*juanvalente.m@itsjc.edu.mx; juanmg\_3@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. solr11@hotmail.com



## Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es una fruta tropical con creciente consumo en el mundo, gracias a sus nutrientes y sus diferentes usos alimenticios. El fruto se originó en las tierras Mesoamericanas, principalmente en la parte central de México, en la región norte de Sudamérica y Guatemala se cultivaba antes de la llegada de los españoles. Su nombre “ahuacatl”, proviene del nahuatl, que significa “testículo de árbol” (Palacios, 2010; Saldívar, 2017). Puede propagarse por semilla o por injerto. Su fruto, se conforma de tres capas, exocarpio (cascara), mesocarpio (pulpa) y endocarpio junto a la cubierta seminal (García *et al.*, 1999). Tiene alto contenido de lípidos, ácidos grasos insaturados nutricionales como el oleico, palmítico y linoleico (Lu *et al.*, 2009; López *et al.*, 2012). Las variedades del aguacate que se distinguen son: Hass, Fuerte, Bacon, Rinco, Zutano y Criollo selección mexicana; estos materiales genéticos cultivados iniciaron su producción y comercialización en las décadas de los 50, 60 y 70 (Sánchez *et al.*, 2013).

Los mercados europeos tienen el comercio mundial de aguacate, con un consumo del 60% en Francia, seguidos de los países como: Alemania, Reino Unido e Italia. Sin embargo, en los últimos 10 años, México es uno de los países con mayor producción con el 48.9%, siendo Michoacán el primer productor con un 80%, Jalisco con 6.6%, el Estado de México con 4.3% y Morelos con 2.4%.

El aguacate ha traído efectos positivos como: incremento de los ingresos en los mercados, crecimiento de las empresas de plaguicidas, asesorías y fuentes de empleos. México cuenta con una amplia diversidad de tipos de aguacate; al menos con 20 especies diferentes, lo cual se debe a los diferentes factores ambientales y los cambios drásticos del clima existentes en el territorio nacional, que pueden incidir en la etapa de desarrollo y la producción del cultivo de aguacate, como son: la temperatura, el viento y la precipitación pluvial. Sin embargo, el aguacate se adapta a una amplia gama de suelos, desde arenosos, hasta arcillosos; siendo este último el más recomendado, con una disposición de profundidad de 0.8 - 1.0 m, un pH aceptable de entre 5.5 y 6.5, para que el cultivo tenga una adecuada absorción de nutrimentos (Garrido *et al.*, 2013). Existen tres variedades de aguacate: mexicana, antillana y guatemalteca, las cuales difieren en su morfología y en la capacidad de adaptación



edafoclimática. La variedad mexicana tiene condiciones tolerables al frío y es sensible a los suelos salinos, en comparación a los otros tipos de aguacates. Sus frutos son de menor tamaño, pero con un alto contenido de aceite (Campos *et al.*, 2015).

El árbol de aguacate puede alcanzar 20 m de altura, su corteza es lisa y suave, presenta abundantes ramificaciones, que pueden ser susceptibles a quebraduras por el viento o quemaduras por sobreexposición al sol. La primera cosecha de este cultivo ocurre a los cinco años y la cantidad de frutos producidos dependen de la variedad y el manejo que haya recibido la planta en su desarrollo (Campos *et al.*, 2015). El tiempo de aprovechamiento de las especies forestales en las zonas aguacateras es de 40 a 80 años, dependiendo de las especies y de las condiciones agroecológicas. La producción del aguacate es a corto plazo, dos o tres años en árboles injertados y en zonas agroforestales en ciclos cortos, hasta de 10 años, y a largo plazo de 50 años. Sin embargo, para que las huertas duren la vida útil mencionada, se requiere tener un manejo eficiente a base de podas, análisis de suelo, control de plagas, enfermedades, nutrición y riego (Bravo *et al.*, 2009).

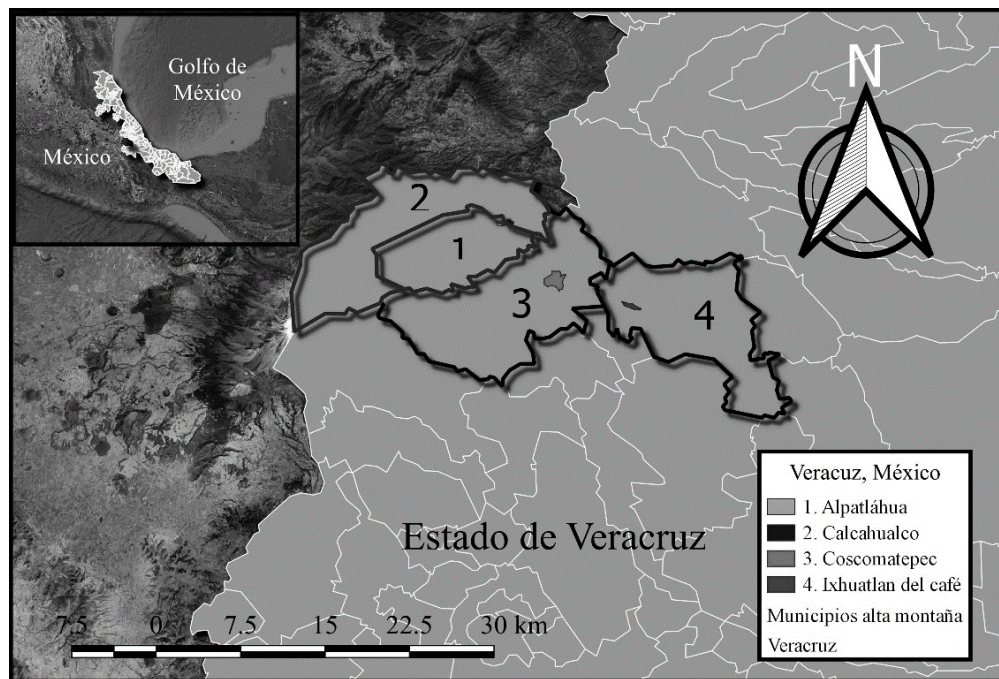
El aguacate en su cultivo presenta diferentes problemáticas como la presencia de plagas y enfermedades, las cuales limitan la producción y con ello el comercio internacional, debido a los riesgos fitosanitarios y la exigencia de la mejor calidad del producto, en los mercados (Hernández *et al.*, 2013). El aguacate no alcanza su madurez de consumo en el árbol, debido a que produce un inhibidor de la maduración que pasa al fruto por el pedúnculo. La determinación del momento de corte es un factor clave para garantizar que la fruta madure adecuadamente, optimizar la calidad de la fruta y minimizar las pérdidas de cosecha (Cerdas *et al.*, 2006). Se estima que a nivel mundial existe una pérdida de postcosecha del 2 al 23%, especialmente en la manipulación y el transporte de aguacate en países desarrollados y el 50% en países en desarrollo. Por lo que, es pertinente evaluar el comportamiento del fruto, sus características fisiológicas y fisicoquímicas durante la etapa de postcosecha (Márquez *et al.*, 2014). Los huertos de aguacate requieren de ciertas atenciones en cuanto a su cultivo y cosecha, por lo que, se necesita un mejor manejo en las actividades de nutrición en suelos agrícolas, utilización apropiada del agua de riego y el uso de plaguicidas y fertilizantes de origen sintético (Reyes *et al.*, 2013). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue tipificar el área productora de las huertas de aguacate de la zona de alta montaña de Veracruz, México.



## Materiales y Métodos

### Localización

La zona productora de aguacate en la Región de Las Altas Montañas de Veracruz, se caracteriza por estar integrada por los municipios de: Alpatlahua, Calchahualco, Coscomatepec e Ixhuatlán del Café (Figura 1).



**Figura 1. Ubicación de los municipios productores de aguacate en la Región de Las Alta Montañas de Veracruz.**

### Método de diagnóstico

El diagnóstico consistió en una entrevista aplicada a una muestra del 40% de los productores de aguacate de manera individual y grupal; como parte del instrumento se utilizó un cuestionario con las siguientes características: un primer apartado que contiene los datos generales de la unidad de producción familiar, donde se describen las características de la familia y las condiciones económicas, además se consideró la parte agroecológica y tecnológica en el proceso de producción del cultivo de aguacate; el cuestionario fue estructurado con preguntas abiertas y cerradas, para enriquecer de manera integral los datos socioeconómicos y técnicos de los informantes claves, el cual se contenía 58 preguntas



estructuradas de la siguiente forma: primero un apartado con los datos generales, unidad de producción, servicios de apoyo, información edafoclimática, datos del cultivo, tecnología de producción de aguacate, comercialización y la problemática.

Para la aplicación de la encuesta se utilizaron técnicos agrícolas con experiencia en el sector agropecuario, a los cuales se les capacitó para validar el método de la encuesta semi-estructurada; posteriormente, a través de reuniones de grupos focales con los técnicos y productores, se procedió a definir la estrategia para aplicar la encuesta en la zona de estudio de alta montaña del estado de Veracruz. Esta técnica consistió en que cada encuestador identificó al productor por localidad en cada municipio, y en los municipios donde la población de productores fue más grande, se convocó a productores a través de grupos focales integrados  $\geq 10$  individuos por grupo; esto permitió garantizar que la información recabada fuera específicamente a productores que se dedican al cultivo de aguacate; de acuerdo a estas características, la encuesta fue dirigida para que se cubriera la principal zona productora de aguacate por municipio, enmarcados como principales áreas de producción por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA).

### **Análisis de la encuesta**

Para el análisis de la encuesta se agrupó la información en apartados; considerando las áreas con mayor información relevante del cultivo de aguacate, los grupos fueron como datos sociales, manejo del cultivo, características de los recursos naturales, tecnificación y se consideraron los datos más importantes en el manejo del cultivo. Se realizó un análisis descriptivo de los datos, con el análisis de Skewnes y Kurtosis y un análisis de multivariado con dos factores y por correspondencia, y los datos cuantitativos fueron sometidos a análisis de varianza y no paramétricos de Kruskal Wallis, para lo cual se utilizó el paquete estadístico Statistica versión 7.

### **Resultados y Discusión**

En el Cuadro 1 puede observarse que, para la variable género, la información recabada fue de tipo platicúrtica, respecto a las variables de escolaridad, localidad, municipio y las actividades que realizan diferentes al cultivo de aguacate, se observó una distribución de la información





de tipo leptocúrtica. Para todas las variables se observó que en el coeficiente de asimetría se presentó una distribución extremadamente sesgada.

**Cuadro 1. Características de los productores de aguacate de la Región de Las Altas Montañas de Veracruz.**

Variable	Frecuencia de la moda	Varianza	Desviación estándar	Error estándar	Skewness	Kurtosis
Género	28	0.16	0.40	0.06	1.57	0.48
Escolaridad	17	2.34	1.53	0.26	1.05	-0.20
Localidad	8	28.37	5.33	0.90	0.52	-1.16
Municipio	16	1.23	1.10	0.19	0.49	-1.09
Realiza actividades extras	18	0.25	0.50	0.09	0.05	-2.12

La edad de los productores de aguacate en la Región de Las Alta Montañas es de 50 años y tienen 20 años como productores dedicados al cultivo de aguacate; la unidad de producción familiar está integrada por un grupo familiar por productor (Cuadro 2); esto podría estar correlacionado con la apropiación tecnológica, un caso especial en Puebla y Tlaxcala, registra que los productores más jóvenes tienen mayor innovación tecnológica, además de tener alto desempeño para otras actividades (Sangerman *et al.*, 2014).

En la variable unidad de producción familiar se observó una distribución de las respuestas del tipo leptocúrtica, y en la variable edad del productor y años de experiencia en el cultivo, la distribución fue de tipo platicúrtica, por lo que, se sustenta que existe una correlación entre los años dedicados al cultivo de aguacate, con la edad del productor. En el coeficiente de asimetría (Skewness), la distribución de las respuestas de los actores fue extremadamente sesgada en las distintas preguntas realizadas. El 48.6% de los productores de aguacate encuestados en los municipios, no cursaron la primaria, pero únicamente el 2.8% no tienen estudios; esto significa que el 97.25% de los productores saben leer y escribir, lo cual es importante, ya que, de ello depende la innovación del cultivo y los procesos de transferencia que se realicen (Cuadro 3). En la edad del productor de aguacate y los años dedicados al cultivo, se observó que existe una correlación entre productores de 40 años de edad, con una experiencia no mayor a 10 años en el cultivo (Figura 2).

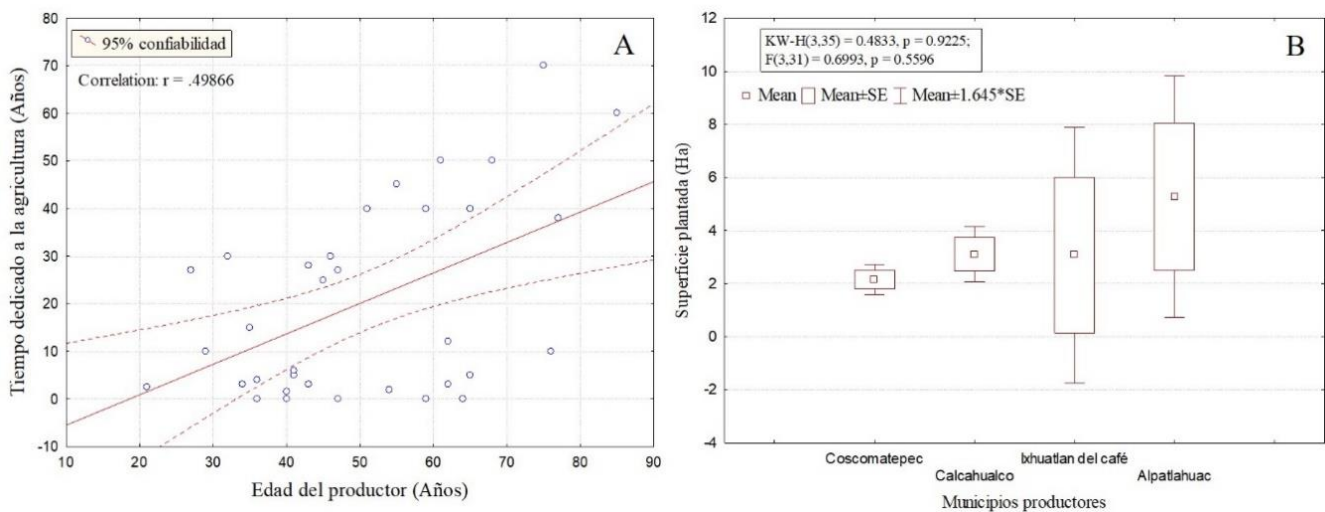


**Cuadro 2. Descripción de los productores con respecto a su edad y años en el cultivo de aguacate.**

Variabes	Media	Mediana	Frecuencia de la moda	Varianza	Desviación Estándar	Error Estándar	Skewness	Kurtosis
Edad del productor	50.86	47.0	3	247.6	15.74	2.66	0.22	-0.66
Años como productor	20.63	12.0	5	407.4	20.18	3.41	0.70	-0.60
Unidad de producción familiar	1.94	1.0	25	5.2	2.30	0.38	3.24	11.23

**Cuadro 3. Escolaridad y descripción de las actividades de los productores de aguacate.**

Escolaridad	Productores (%)
• Primaria incompleta	48.6
• Primaria	22.8
• Sin estudios	2.8
• Secundaria	14.3
• Preparatoria	8.6
Total:	100



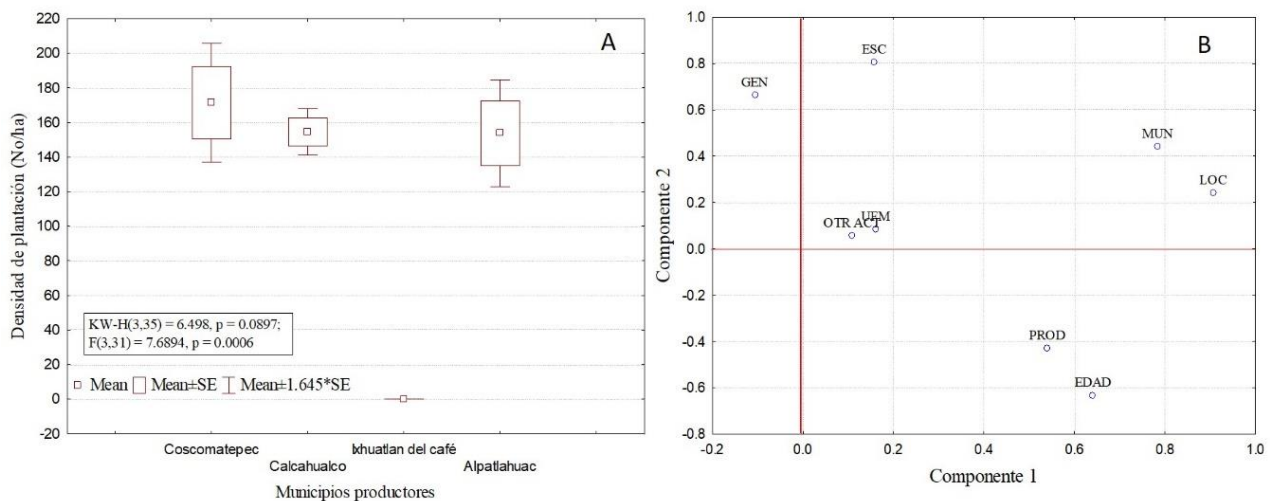
**Figura 2. Correlación entre edad del productor y tiempo dedicado al cultivo y la superficie plantada de aguacate.**

Por lo que, se deduce, que en el cultivo de aguacate existe una población de productores denominados ancianos, con mayor experiencia y conocimiento del manejo agronómico, mientras que, la población de productores agrupados como jóvenes menores de 40 años es muy baja. Los productores suelen ser pequeños en superficie plantada, con un rango de 2 a 6



ha plantadas en la Región de Las Altas Montañas de Veracruz. Tampoco existe diferencias significativas entre superficie plantada entre los municipios productores. En Michoacán los productores poseen un rango de 2.7 a 13.7 ha, con rendimientos de aguacate de 7.2 a 10.6 t/ha, superiores a los productores de aguacate del estado de Veracruz (Montiel *et al.*, 2008). En el Estado de México, los productores de aguacate se catalogan como pequeños, ya que disponen de una superficie inferior a 10 ha, por lo que, una forma de mejorar las condiciones de los productores, es trabajar a través de organizaciones con el propósito de obtener apoyos de las diferentes estancias gubernamentales (Rubí *et al.*, 2013).

En la densidad de plantación del aguacate, los productores mencionaron que en el municipio de Ixhuatlán del Café no se tienen reportes de superficie plantada; en los municipios de Coscomatepec, Calcahualco y Alpatlahuac se tienen densidades de plantación de entre 150 y 180 plantas/ha (Figura 3).



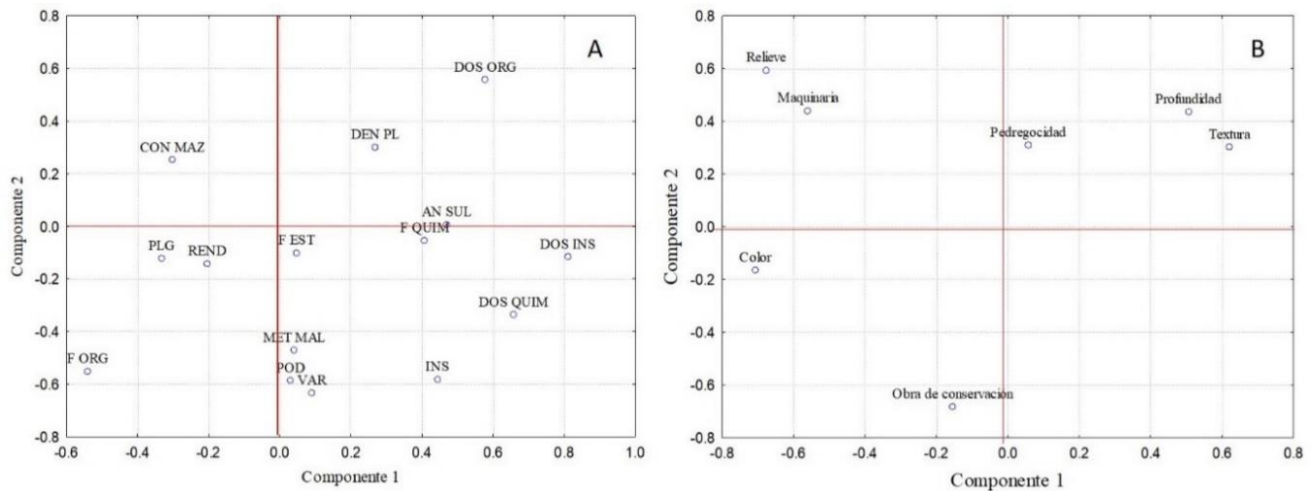
**Figura 3. Densidad de plantación y características sociales de los productores de pitahaya.**

En el análisis entre componentes, se observó que hay una relación entre las unidades de producción familiar, con las actividades diferentes que realizan los productores del cultivo de aguacate, lo que indica que los productores tienen ingresos que provienen de otros canales diferentes al cultivo de aguacate, que les permite sostener a sus familias.

En el manejo del cultivo de aguacate se consideró la densidad de plantación (DEN PL), el control de malezas (CON MAZ), los métodos de control de malezas (MET MAL), plagas (PGL),



dosis de los insecticidas (DOS INS) y el manejo de los insecticidas. Como parte de la nutrición se consideró el análisis de suelo (AN SUL), la fertilización al establecimiento del cultivo (F EST), la fertilización química (F QUIM) y la fertilización orgánica (F ORG), el manejo de las dosis de fertilización química (DOS QUIM) y orgánica (DOS ORG), además del manejo de poda (POD), las variedades (VAR) y el rendimiento (REND) (Figura 4A). Se observó que el análisis del suelo tiene estrecha relación con la fertilización química en el cultivo y los métodos de control de malezas con las técnicas de podas manejadas en el aguacate y con el uso de las variedades al momento del establecimiento; además de que la presencia de plagas está relacionada con la productividad del cultivo; esto quiere decir, que el éxito del cultivo depende en gran parte del control fitosanitario durante los procesos de producción. Con respecto a las características de la parcela, el uso de maquinaria está relacionado con el tipo de relieve que presenta la zona productora, y la profundidad del suelo con la textura del suelo, ya que estos factores suelen afectar el desarrollo del cultivo en sus distintas fases (Figura 4B).

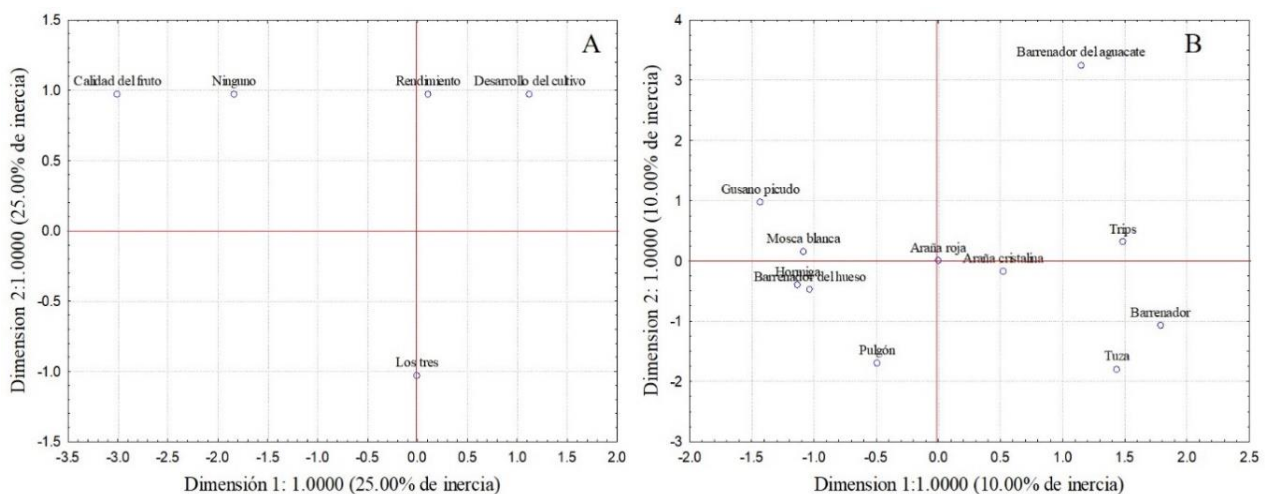


**Figura 4. A) Manejo del cultivo de aguacate. B) Características agroecológicas de las parcelas de los productores.**

En el análisis de la fertilidad del suelo del cultivo de aguacate, la baja fertilidad afecta principalmente el rendimiento y el desarrollo del cultivo (Figura 5A); los productores mencionan que las poblaciones de ácaros en el cultivo están relacionadas entre sí, independientemente de la especie, caso similar con la presencia de hormigas y la plaga denominada barrenador del hueso; estas dos plagas podrían dar indicio, de que cuando se presenta alguna de ellas,

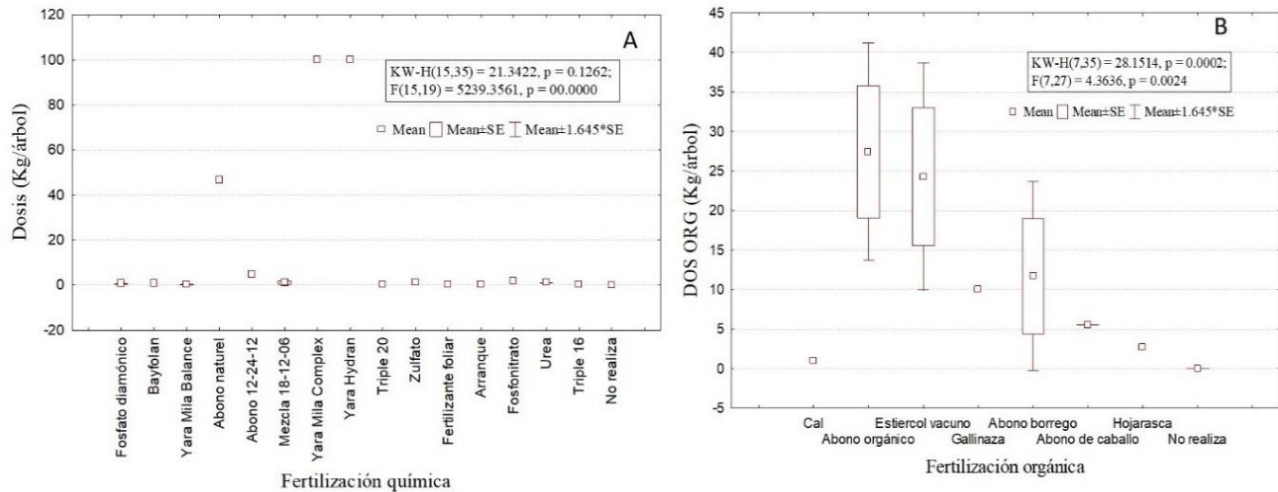


exista la probabilidad de que se presenten las dos plagas afectando el cultivo o una asociación parasítica de las plagas (Figura 5B). En México, se tiene evidencia de la presencia de *Thrips* sp., como una de las plagas que afecta la calidad y producción del fruto en la variedad de aguacate Hass, además de inhibir la fecundación de flores y provocar su caída. Una de las recomendaciones más comunes adoptadas por los productores, sería el uso de plaguicidas, ya que es común en el control de trips, pero con esta práctica se incurre a romper el equilibrio de las cadenas tróficas, lo que provocaría la presencia de 40 especies de trips en el cultivo de aguacate (Cambero *et al.*, 2009).



**Figura 5. A) Efectos de la baja fertilidad en el cultivo. B) Presencia de plagas en cultivo de aguacate.**

Para la nutrición del cultivo de aguacate, los productores utilizan 16 fuentes de fertilizantes con diferentes concentraciones; los fertilizantes con el nombre comercial Yara Mila Complex y Yara Hydran son manejados en dosis altas y sus concentraciones son: de N al 12%,  $P_2O_5$  al 11% y el  $K_2O$  al 18%, además que están compuestos por los siguientes elementos como el S-MgO-B-Fe-Mn y Zn. En el manejo de las diferentes fuentes de fertilizantes, los productores utilizan la dosis de 10 kg por árbol (Figura 6A).



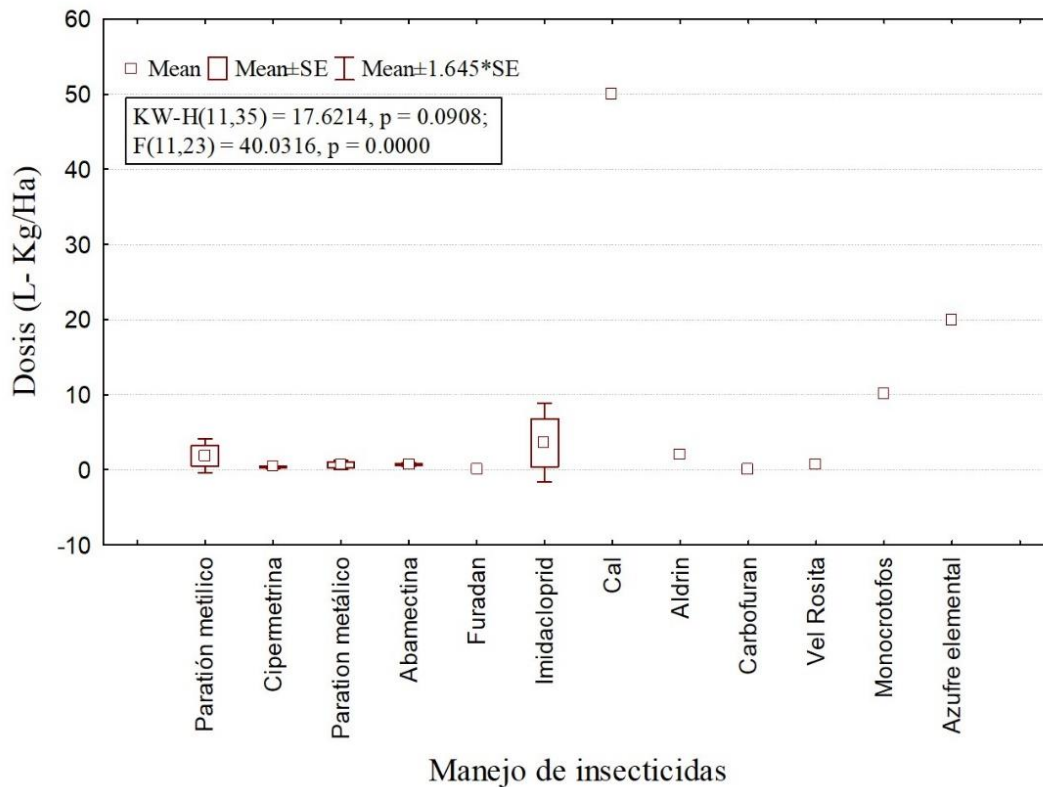
**Figura 6. Manejo de la fertilización química (A) y orgánica en el cultivo de aguacate (B).**

En la fertilización al momento de la plantación, esta práctica se realiza de manera manual y se utilizan seis fuentes de origen animal, además, se observaron diferencias significativas al analizar las dosis de los fertilizantes orgánicos; por ejemplo, el fertilizante estiércol de vacuno es diferente a la dosis de fertilización de abono de borrego, abono de caballo y el uso de hojarasca. La dosis más alta que manejan los productores en sus cultivos es mayor a 25 kg por árbol para el abono orgánico (Figura 4B).

En Calcahualco, Veracruz, Peralta *et al.* (2017) reportó que el color, textura y humedad del fruto de aguacate son influenciados por el tipo de suelo donde son establecidos, la altura del terreno y el tipo de manejo agronómico en el desarrollo y la producción en la huerta. En Michoacán, para la nutrición utilizan fuentes a base de lombricomposta, composta orgánica y algunos derivados del pescado; estos productos tienen mayor efecto en el cuajado del fruto de aguacate, mientras que el uso de un fermentado orgánico produce mayor amarre de fruto y el rendimiento es de 160 kg por árbol, pero el uso de lombricomposta genera un rendimiento de 104 kg/árbol (Tapia *et al.*, 2014). En esta misma entidad, el tipo de suelo donde prospera mejor el aguacate es el andosol, considerado como suelo con mejores condiciones y con una eficiente permeabilidad; regularmente existen 10 tipos de suelos donde prospera mejor el aguacate, los cuales se encuentran en climas semi-cálidos, cálidos y templados (Gutiérrez *et al.*, 2010).



En el manejo de los insecticidas en el cultivo de aguacate, existen 18 productos químicos para el control de plagas, entre los que destacan los insecticidas monocrotofos y azufre elemental, utilizados en mayores concentraciones. Existen algunos productores que han manejado en su cultivo el uso de cal en dosis de 50 kg/árbol y el uso de abamectina para el control de ácaros; también, se detectaron diferencias significativas entre dosis de insecticidas por árbol, entre ellos destacan, el insecticida monocrotofos, azufre elemental y cal, en comparación con los demás ingredientes activos (Figura 7). Esta actividad en el cultivo de aguacate es importante, debido a que marca la pauta para ingresar al mercado internacional, como es el caso en un estudio de redes con productores de Michoacán, donde ellos realizaban de tres a 15 innovaciones (Guerra *et al.*, 2012).



**Figura 7. Manejo de los insecticidas y sus dosis en el cultivo aguacate.**

La asociación del aguacate con otros cultivos es importante para la sostenibilidad de la agricultura. El manejo del aguacate está íntimamente relacionado con las actividades diferentes a este cultivo, ya que el ingreso económico por otras labores permite sustentar las



familias de los campesinos. El 22.8% de los productores asocia el cultivo de aguacate con maíz, mientras el 37.1% de los productores menciona que no asocia el cultivo de aguacate. El 20% de los productores mencionó que se dedica al cultivo de maíz y frijol, situación que amerita que se establezca de manera intensiva en el monocultivo y el 14.3% de los productores se dedica al monocultivo de maíz, seguido del 11.4% de los productores que realizan la actividad de albañilería (Cuadro 4). Las prácticas agroforestales en el cultivo de aguacate son más productivas y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo, además que los sistemas de asociación de aguacate pueden incrementar la productividad y la rentabilidad del cultivo y contribuir tanto al tema ambiental, como económico; por lo anterior, sería importante focalizar un esfuerzo en este tema para impulsar de bio-economía en el cultivo de aguacate, a través de los procesos de asociación (Montiel *et al.*, 2008). En Montes María, Colombia, los productores de aguacate se ven afectados en la comercialización al no tener grandes beneficios, ya que la mayor ganancia con los intermediarios (Méndez *et al.*, 2015).

**Cuadro 4. Características de los productores de aguacate.**

Cultivos asociados con aguacate	Productores (%)	Actividades extras	Productores (%)
Chile serrano	5.7	Maíz	14.3
Maíz	22.8	Café, frijol	5.7
Café	5.7	Ama de casa	5.7
Maíz, rábano	2.8	Maíz y frijol	20.0
No asocia	37.1	Aguacate	2.8
Papa	2.8	Café	8.6
Durazno, frijol gordo, chile cera	2.8	Zapatería	2.8
Durazno	2.8	Maíz y chayote	2.8
Chile cera	2.8	Agropecuarios	5.7
Maíz	5.7	Albañilería	11.4
Maíz, frijol	2.8	Chayote	2.8
Café, frijol	2.8	Papa	5.7
Chayote	2.8	Chile	5.7
		Maíz, café	2.8
		Maíz y tomate	2.8





## Conclusiones

1. La población de productores de aguacate en la Región de Las Altas Montañas del estado de Veracruz está integrada por los municipios de Alpatlahua, Calchahuaco, Coscomatepec e Ixhuatlán del Café. 2. Los productores tienen una edad promedio de 50 años, con 20 años de experiencia en el cultivo de aguacate en superficies que no superan las 10 ha y el 70% de ellos establece la variedad Hass, en densidades de 125 plantas/ha. 3. El productor aguacatero posee conocimiento tácito en el manejo del cultivo, desde la etapa plantación hasta la producción del frutal, además de que no se dedica únicamente al aguacate, sino también a otros cultivos, con la finalidad de obtener otros ingresos adicionales. 4. Los productores aguacateros no están muy tecnificados con respecto al manejo de equipos, pero conocen e identifican muy bien los problemas productivos y su relación con la baja fertilidad de los suelos.

## Literatura Citada

- Bravo, E. M., J. L. Sánchez P., J. A. Vidales F., J. T. Saenz R., G. J. Chávez L., S. Madrigal H. *et al.* 2009. Impactos ambientales y socioeconómico del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIRPAC). [http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/libro\\_aguacate.pdf](http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/libro_aguacate.pdf)
- Camero, C. O. J., R. M. Johansen N., O. García M., C. R. Carvajal C., N. Isiordia A. y M. Cantu S. 2009. Thrips fitófagos en huertas de aguacate cv. Hass en Nayarit, México. *Brenesia* 71-72:61-64.
- Campos, B., E. Calderón, J. Gonzales, A. Barceló, D. Sarmiento, M. J. Gonzales *et al.* 2015. El cultivo del aguacate. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. [file:///C:/Users/rosy/Downloads/Curso%20el%20cultivo%20del%20aguacate\\_Resumen%20ponencias%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/rosy/Downloads/Curso%20el%20cultivo%20del%20aguacate_Resumen%20ponencias%20(1).pdf)
- Cerdas, A. M. M.; M. Montero C. y E. Díaz C. 2006. Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (*Persea americana*). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Consejo Nacional de Producción. San José, Costa Rica. 25 p.



- García, F. J. A., M. del R. Ramos G. y J. Mora G. 1999. Estructura de la semilla de aguacate y cuantificación de la grasa extraída por diferentes técnicas. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. p. 124-128. <https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV1104.pdf>.
- Garrido, R. E. R., D. H. Noriega C., A. Gutiérrez del V., R. González M., J. Pereyda H., V. M. Domínguez M. *et al.* 2013. Áreas potenciales para el cultivo del aguacate (*Persea americana* L.) cultivar Hass en el estado de Guerrero, México. Agroproductividad 52-57. <file:///C:/Users/roosy/Downloads/Aguacatecont7.pdf>
- Guerra, P. J., L. A. Ávila M. y F. Ponce M. 2012. Caracterización del sistema producto aguacate en los Reyes, Michoacán. *In*: 2do. Congreso Internacional de Desarrollo Comunitario At. Pátzcuaro.
- Gutiérrez, C. M., M. B. N. Lara C., H. Guillén A. y A. T. Chávez B. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* 35(9):647-653.
- Hernández, G. H., M. E. Ramírez G. y L. Arévalo G. 2013. Histología del daño en fruto y ramas de aguacate "Hass" por escamas aramadas (Hemiptera: Diaspididae). *REMEXCA* 5(4):739-751.
- López, G. G., R. Medina T., H. Guillén A., L. Ramírez G., J.A. Aguilar C. y G. M. Valdivia R. 2012. Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Revista Fuente Año 4* 10:56-62.
- Lu, Q., Y. Zhang, Y. Wang y R. Lee. 2009. Identificación y caracterización de frutos de selecciones de aguacate criollo en el clima cálido de Nayarit, México. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(104):08-13.
- Márquez, C. J., D. Yepes, L. Sánchez y J. A. Osorio. 2014. Cambios fisicoquímicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios* 19(1):32-37.
- Méndez, P. M. C., U. N. Humanez M., J. A. Pérez R. y C. A. Bertel O. 2015. Estrategia de distribución de la cadena productiva del aguacate en los Montes de María. *Perspectiva Socioeconómica* 1(2):105-118.
- Montiel, A. G., L. Krishnamurthy, A. Vázquez A. y M. Uribe G. 2008. Opciones agroforestales para productores de aguacate. *Terra Latinoamericana* 26(1):85-90.
- Palacios, S. M. B. 2010. El aguacate y sus diferentes aplicaciones en 25 recetas. Monografía previa a la obtención del título de licenciatura en gastronomía y servicios de alimentos y bebidas. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Cuenca, Ecuador. 150 p.



- Peralta, H. R., F. Hernández R., J. Salinas R. y A. Cruz O. 2017. Estado actual y calidad física del fruto de aguacate "Hass" (*Persea americana* Mill.) en Calchahuaco, Veracruz, México. p. 365-372. *In: Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate.* Ciudad Guzmán, Jal., México.
- Reyes, A. J. C., M. Rubí A. y J. J. Aguilar M. 2013. Manejo orgánico en el cultivo de aguacate. Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX, S. C., Coatepec Harinas, México. [http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX\\_1995/Ecol\\_1\\_95.pdf](http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1995/Ecol_1_95.pdf).
- Rubí, A. M., A. L. Franco M., S. Rebollar R., E. E. Bobadilla S., I. Martínez de la C. e Y. Siles H. 2013. Situación actual del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el Estado de México, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16:93-101.
- Saldívar, I. P. 2017. Producción de cultivos perennifolios, cultivo aguacate (*Persea americana* Miller.). Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Universitario El Cerrillo. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66699/Cultivo\\_aguacate\\_Perennifolios.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66699/Cultivo_aguacate_Perennifolios.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Sánchez, S. C., P. Mijares O., L. López L. y A. F. Barrientos P. 2013. Historia del aguacate en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia. 171-187. [http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex\\_1998-2001/CICTAMEX\\_1998-2001\\_PG\\_171-187.pdf](http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_171-187.pdf).
- Sangerman, J. D. Ma., B. S. Larqué S., J. M. Omaña S., R. Shwenstesius de R. y A. Navarro B. 2014. Tipología del productor de aguacate en el Estado de México. *REMEXCA* 5(6):1081-1095.
- Tapia, V. L. M., A. Larios G., A. Hernández P. y H. Guillén A. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. Hass y efecto nutrimental y agronómico. *REMEXCA* 5(3):463-472.



## EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN LÍNEAS DE SORGO BLANCO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN PEDRO COMITANCILLO, OAX.

José Manuel Cabrera Toledo<sup>1\*</sup>, Zulma Castillejos Antonio<sup>1</sup>, Juan Rendón Cruz<sup>1</sup> y Manuel Cabrera González<sup>2</sup>

### Resumen

En México se siembran anualmente cerca de dos millones de hectáreas de sorgo para grano, de esta superficie, casi 98% se cultiva con híbridos y el resto con variedades de polinización libre, principalmente para producir forraje. En el estado de Oaxaca la producción total de sorgo en el año de 2019, fue de 80,360 toneladas y del total el 60.2% se estableció en la región del Istmo de Tehuantepec. Los materiales genéticos que se siembran en su gran porcentaje son híbridos. La región del Istmo de Tehuantepec, presenta condiciones ambientales, sociales y económicas para el incremento tanto en superficie, así como el número de productores que siembran este cultivo básico. Por lo anterior, se hace necesario generar tecnologías de producción de semillas a nivel regional, que responda a las necesidades del productor. El objetivo del presente trabajo fue evaluar características agronómicas de las líneas sobresalientes de sorgo blanco en San Pedro Comitancillo. Oax. El material genético en estudio, consistió en 16 líneas, las cuales se sometieron en un manejo de campo homogéneo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones. El análisis de varianza indicó que entre las 16 líneas en estudio se observaron diferencias altamente significativas en rendimiento de grano y altura de planta. Las líneas sobresalientes en rendimiento de grano fueron: 8, 13, 16 y 15 con rendimientos superiores a 4 t/ha. Se recomienda incrementar semillas de las líneas sobresalientes, con lo se podrán realizar otras evaluaciones del uso del sorgo blanco, establecer parcelas de validación con productores regionales e iniciar con ensayos para la descripción varietal.

<sup>1</sup> Profesor, Tecnológico Nacional de México-Comitancillo. Carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5. San Pedro Comitancillo, Oax. \*Autor para correspondencia: ([cabreratoledojoma@gmail.com](mailto:cabreratoledojoma@gmail.com))

<sup>2</sup> Gerente Técnico Zona Norte, American Pharma S.A. de C.V.



**Palabras clave:** Híbridos, polinización libre, validación, Istmo de Tehuantepec

## Introducción

En México se siembran anualmente cerca de dos millones de hectáreas de sorgo para grano, (SIAP, 2019), de esta superficie, casi 98 % se cultiva con híbridos y el resto con variedades de polinización libre, principalmente para producir forraje. El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena. Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtrópicos. Rebollar *et al.* (2016) comentan, que el sorgo de grano ha sido considerado como un sustituto del maíz, ya que es utilizado en la preparación de alimentos balanceados, como alimento directo para aves, cerdos y bovinos, fuente de material primaria para la obtención de harina (almidón) y aceite, así como también en el aprovechamiento del rastrojo y para alimento de bovino y equino.

En el estado de Oaxaca la producción total de sorgo en el año de 2019, fue de 80,360 toneladas y del total el 60.2% correspondió a la región del Istmo de Tehuantepec. En su gran porcentaje, los materiales genéticos que se siembran son híbridos de compañías productoras de semillas. Estas semillas se logran al comercializar por los establecimientos de productos agropecuarios ubicados en la región. La certidumbre para el productor, ha llevado a que el cultivo del sorgo, más resistente a las irregularidades meteorológicas a que están sujetas las regiones de agricultura del temporal, desplace al maíz, principalmente en áreas agrologicamente marginales (Gutiérrez, 2003).

Según Carrasco *et al.* (2009) el sorgo ha ocupado un papel relevante en el desempeño mostrado por el sector agropecuario del país en los últimos años, ya que se ha constituido en un elemento dinamizador del crecimiento, tanto del sector pecuario como de las agroindustrias. A su vez y de manera progresiva, la industria de alimentos balanceados se ha convertido en una actividad importante para la avicultura y la porcicultura (Montes *et al.*, 2009). Espinosa *et al.* (2009) mencionan que, los factores que intervienen para que se obtenga una buena producción en campo son, entre otros, el uso de semillas de híbridos y variedades con muy



buena adaptación a la región, por lo tanto, deberá expresar su máximo potencial de rendimiento.

Como todo programa de mejoramiento genético, con el presente trabajo se busca evitar la dependencia de semillas mejoradas de empresas transnacionales y minimizar costos de producción de este cultivo mediante actividades de selección y caracterización de líneas de sorgo blanco, con las que se pretende formar variedades mejoradas de polinización abierta, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la región Istmeña del estado de Oaxaca.

El presente estudio, se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera verano 2020, con el objetivo de evaluar las características agronómicas de líneas sobresalientes de sorgo blanco en San Pedro Comitancillo. Oax.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización del área de estudio**

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2020; en los terrenos experimentales del Instituto Tecnológico de Comitancillo, ubicado entre las coordenadas 16° 29' 30'' de latitud norte y 95° 09' 35'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a 70 m de altura. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004) el clima corresponde al tipo subhúmedo Awo (w) ig; con una temperatura media anual de 27.87 °C.

### **Material genético**

El material genético empleado, correspondió a 16 líneas de sorgo blanco, seleccionadas en la S6, realizada en el ciclo agrícola primavera-verano 2018. Las poblaciones originales de sorgo blanco fueron colectadas en cultivos de productores locales. El criterio de selección obedeció a los datos de rendimiento de grano.

### **Diseño experimental y análisis de datos**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones resultando un total de 64 parcelas. Las variables en estudio, así como su metodología fueron las consideradas por Compton (1990). Una vez organizado la información de campo de cada una de las variables en estudio a través de hojas de cálculo de Excel, se practicó el análisis estadístico mediante análisis de varianza y la separación de medias de las variables que resultaron significativas a



un nivel de significancia del 1%. Para estas determinaciones se utilizó, el programa computacional SAS (Statistical Analysis System)

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza indicó que, entre las 16 líneas en estudio se observaron diferencias altamente significativas en altura de planta y rendimiento de grano (Cuadro 1). En el resto de las variables se demostró uniformidad estadística, no obstante que existen aspectos que conviene considerar en la selección de las líneas, como se aprecia en el Cuadro 2. Esto nos permite condiciones para seleccionar en el material genético, los sobresalientes en cada una de las variables que se estudiaron. Como todo proceso de mejoramiento, la etapa siguiente consistirá en la descripción varietal.

**Cuadro 1. Concentrado del análisis de varianza.**

Variable	Cuadrados medios		Media	Coeficiente de variación
	Variedades	Error		
Días a floración	18.3ns	14.2	76	4.96
Altura de planta	88.41**	35.78	127.68	4.68
Exerción	1.43ns	1.23	1.35	82.19
Longitud de panoja	2.36ns	2.88	22.23	7.63
Diámetro de panoja	0.29ns	0.17	5.11	8.27
Porcentaje de acame	7.56ns	6.51	23.11	11.04
Peso de 1000 granos	8.56ns	7.26	32.45	8.30
Numero de panoja por m <sup>2</sup>	3.56ns	2.26	11.22	13.4
Numero de granos por panoja	104733.0ns	89651	2207.9	13.56
Rendimiento de grano	1.15**	0.49	3.9	18.04

ns=no significativo; \*\*=significancia al 1%

### Rendimiento de grano

Esta variable es de gran importancia, ya que determina la rentabilidad económica del cultivo. Se registró una media general de 3.9 t/ha, el cual supera los datos registrados en el SIAP (2019), en donde se reporta un rendimiento promedio regional de 3.15 t/ha de este cultivo.



En la Figura 1 se muestra el comportamiento de cada una de las líneas genéticas, donde se distingue la Línea 8 con 5.02 t/ha, los materiales genéticos más cercanos a este rendimiento fueron los identificados con los números 13,16 y el 15. La menor producción fue para la línea 10 con 2.65 t/ha. No obstante, en una agricultura sustentable estas líneas en estudio, presentan una principal ventaja al ser de polinización abierta, ya que la multiplicación de semilla la pueden hacer los mismos productores, lo que reduce su costo en comparación con el uso de semilla híbrida.

Los resultados de esta evaluación, no concuerdan con López (2019), quien observó que la mayor frecuencia de rendimiento de grano se concentró en 22 materiales genéticos, con un rendimiento promedio de 2349.5 kg/ha. Por su parte Montes *et al.* (2012) encontraron un rendimiento promedio de 3,880 kg/ha en ensayos establecidos en 4 ciclos agrícolas con diferentes híbridos y variedades comerciales (2005 a 2008) en el norte de Tamaulipas.



**Figura 1. Rendimiento de grano de las 16 líneas en estudio. San Pedro Comitancillo, Oax. P-V/2020.**

### Altura de planta

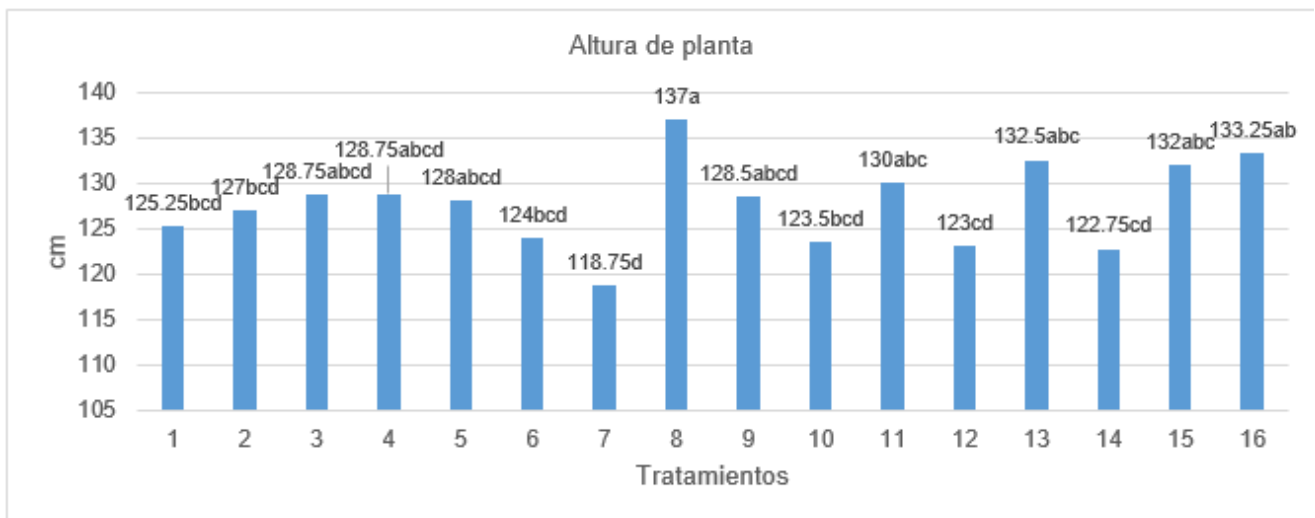
La participación de las líneas genéticas en esta variable, presenta cierta semejanza con el rendimiento de grano. La de mayor altura de planta fue la Línea 8 con 137 cm y las más cercanas a este comportamiento fueron las Líneas 16, 13 y la 15. La de menor altura en esta evaluación fue la Línea 7 con 118.75 cm.





La altura de la planta es afectada también por la respuesta fotoperiódica, dado que la activación de la floración reduce el crecimiento vegetativo (Compton, 1990). Tanto la altura como el número de hojas, son considerados factores de mucha importancia, ya que los sorgos altos son preferidos para forrajes y producción de grano (Montes *et al.*, 2012)

Estos datos coinciden con lo que señalan Espinosa *et al.* (2009); quienes sugieren un rango de 100 a 140 cm en los híbridos de sorgo recomendados para la región del Istmo de Tehuantepec, en condiciones de temporal y riego. Lo anterior debe tomarse en cuenta, pues la región en referencia se caracteriza por registrar fuertes incidencias de vientos del norte. Así también Montes *et al.* (2012), evaluaron a la variedad RB PALOMA variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje, en cuatro ambientes en el estado de Tamaulipas, con datos promedio de 188 cm.



**Figura 2. Altura de planta de las 16 líneas genéticas. San Pedro Comitancillo, Oax. P-V/2020.**



**Cuadro 2. Valor promedio de las variables estudiadas. San Pedro Comitancillo, Oax. P-V/2020.**

TRAT	DF	ALP (cm)	EXE (cm)	LPA (cm)	DPA (cm)	PAC (%)	PMG (g)	PM <sup>2</sup>	NGP	REN (t/ha)
1	75.25	125.25	1.08	21.08	5.59	26.57	34.95	10.41	2233.3	3.69
2	77.00	127.00	1.73	22.83	5.32	23.29	32.85	11.05	2219.8	3.75
3	76.50	128.75	1.73	21.25	5.15	24.77	33.05	10.68	2254.0	3.96
4	76.25	128.75	1.13	22.93	5.55	24.35	32.61	9.50	2359.5	3.62
5	69.25	128.00	1.30	22.80	4.97	21.96	31.71	12.32	2193.8	3.99
6	77.00	124.00	1.38	21.70	4.72	21.73	32.62	12.09	2131.5	3.89
7	77.00	118.75	0.68	21.50	4.93	23.02	32.37	10.68	1824.5	3.38
8	74.00	137.00	1.98	21.65	4.68	21.92	35.75	11.46	2059.0	5.02
9	78.50	128.50	1.13	21.85	5.10	23.45	30.94	10.91	2500.8	3.58
10	77.25	123.50	0.35	22.18	5.34	24.02	32.75	10.78	2010.5	2.65
11	78.00	130.00	2.68	22.63	5.19	22.93	30.81	10.59	2353.8	3.89
12	77.25	123.00	0.68	23.20	5.13	22.15	30.09	10.64	2148.8	3.90
13	75.25	132.50	1.48	23.63	5.37	22.81	31.80	11.68	2401.0	4.65
14	76.75	122.75	0.83	21.83	5.06	23.20	31.24	11.32	2261.8	3.74
15	75.50	132.00	2.10	23.05	4.77	20.77	32.21	12.05	2163.8	4.23
16	75.25	133.25	1.73	21.75	4.97	22.96	33.59	13.50	2212.3	4.48

TRAT=tratamientos; DF=días a floración; ALP=altura de planta; EXE=exersión; LPA=largo de panoja; DPA=diámetro de la panoja; PAC=porcentaje de acame; PMG=peso de 1000 granos; PM<sup>2</sup>=número de panojas por m<sup>2</sup>; NGP=número de granos por panoja; REN (t/ha)=rendimiento de grano.

## Conclusiones

1. Las líneas sobresalientes en rendimiento de grano fueron las identificadas con los números: 8, 13, 16 y 15 con rendimientos superiores a 4 t/ha. 2. La altura de planta manifestada en las líneas analizadas fue en promedio de 127.68 cm, siendo aceptable para esta región considerando condiciones abióticas.



## Literatura Citada

- Carrasco, R. L., Melin, A. M., & Zamora, F. J. 2009. Sorgo en el sur. Calidad nutricional. Ediciones INTA.
- Compton, L. P. 1990. Agronomía del sorgo. Instituto Internacional para el mejoramiento en cultivos para los trópicos semi-áridos (ICRISAT). MGCENTA. El Salvador, C. A.
- Espinosa, P. H., Montes, G. N. y Osorio, A. L. 2009. Tecnología para la producción de sorgo en el Istmo de Tehuantepec y Mixteca Baja de Oaxaca. Folleto para productores No. 8. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, México, 69 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al Régimen de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de geografía. Universidad Nacional de México. ISBN 970-32-1010-4.
- Gutiérrez, T. J. M. 2003. El cultivo de sorgo (*Sorghum Vulgare* Spp.). Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. 75 p.
- López, M. A. 2019. Selección y caracterización de líneas S6 en sorgo para grano blanco, en San Pedro Comitancillo, Oax. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Comitancillo. San Pedro Comitancillo, Oax. 65 p.
- Montes, G. N., Delgado, A. E., García, G. M. y Montes, R. N. 2009. Perfil nutricional de sorgo para consumo humano en el noroeste de México. Campeche, México: Memoria de 55 Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA.
- Montes, G. N., Williams, A. H., Moreno, G. T., Cisneros, L. M., y Pecina, Q. V. 2012. RB-PALOMA', variedad de Sorgo blanco para producción de grano y forraje. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35(2):185-187.
- Rebollar, S. R., Hernández, M. J., Gonzáles, R. F. y García, M. A. 2016. Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) en México. Revista Mexicana de Agro negocios 229-240.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.



## DETECCIÓN DE *Plasmodiophora brassicae* EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CULTIVO HORTÍCOLA DE PUEBLA Y TLAXCALA

Legnara Padrón Rodríguez<sup>1</sup>, Mauricio Luna Rodríguez<sup>1\*</sup>, Edel Pérez López<sup>2</sup>, Carlos Roberto Cerdán Cabrera<sup>1</sup> y Nadia Guadalupe Sánchez Coello<sup>1</sup>

### Resumen

*Plasmodiophora brassicae* es un protozoo que causa “la hernia de las crucíferas”, enfermedad que afecta a las plantas de la familia Brassicaceae, que en Europa y América del Norte se considera el principal problema en estos cultivos. En México, ni el patógeno ni la enfermedad han sido estudiados. Se han realizado estudios encaminados a identificar las proteínas efectoras usadas durante la infección a la planta en patotipos europeos y norteamericanos, sin que hasta la fecha existan registros sobre patotipos latinoamericanos. Para detectar la presencia del patógeno se tomaron muestras de suelo en siete parcelas del municipio San Pedro Cholula, Puebla y siete parcelas del municipio Lázaro Cárdenas, Tlaxcala. El suelo fue utilizado como sustrato en charolas agrícolas, donde se sembraron plantas de *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (col verde), *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (brócoli), *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. (coliflor) y *Raphanus sativus* L. var. *sativus* (rábano largo rojo), cuyas semillas fueron germinadas previamente *in vitro*. Se estableció un diseño experimental completamente aleatorizado con 16 plantas por charola, dos repeticiones para cada una de las parcelas. A los 60 días se realizó el muestreo de las plantas, se observaron síntomas en la parte aérea y en las raíces, se procedió a la extracción de las esporas del patógeno de las raíces. El porcentaje de supervivencia de las plantas fue mayor en el suelo procedente de las parcelas del municipio Lázaro Cárdenas, aunque todas mostraron síntomas asociados a la “hernia de las crucíferas”. En la suspensión obtenida de la extracción de esporas de las raíces de las plantas con síntomas, se encontraron estructuras con características similares a las de las esporas del patógeno. Todas las especies de crucíferas fueron afectadas por el patógeno,

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa, circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. CP 91090 Zona Universitaria Xalapa, Ver. México. \*Autor para correspondencia: mluna.rodz@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Fitología, Universidad Laval, Quebec, Canadá.



independientemente del lugar de los suelos estudiados, los experimentos realizados hasta el momento demuestran que *P. brassicae* está presente en los suelos de cultivos de crucíferas de Puebla y Tlaxcala.

**Palabras clave:** esporas, crucíferas, protozoo

## Introducción

Las crucíferas son un grupo de plantas pertenecientes a la familia Brassicaceae, la cual está conformada por 338 géneros y 3700 especies aproximadamente, distribuidas a nivel mundial (Hwang *et al.*, 2012). Esta familia, se considera nativa de Asia Occidental y Europa. Tienen un ancestro común en una planta silvestre del Mediterráneo o de Asia menor, que fue llevada a las peñas calcáreas de Inglaterra, las costas de Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia. El cultivo de las crucíferas se remonta a 2.500 años A.C., siendo el repollo, la col crespa y el rábano, las primeras variedades en ser domesticadas. Son herbáceas, de tipo anual (la mayoría de las especies de uso comercial) y perennes, se caracterizan por tener glucosinolatos con azufre (Anjum, 2012).

*Plasmodiophora brassicae* Woronin es un protozoo que causa la “hernia de las crucíferas”, sus zoosporas primarias uninucleadas y esféricas de 3 a 5  $\mu\text{m}$ , dentro del huésped evolucionan para formar los plasmodios y numerosos zoosporangios. De cada uno de estos se originan entre 4 y 16 zoosporas secundarias (muy similares a las primarias), que van al suelo de nuevo (Burki y Keeling, 2014). La enfermedad es más severa en las plantas cuando el pH del suelo está cercano a 5.7 y disminuye su grado de severidad mientras más alcalino o ácido sea el pH (Donald y Porter, 2009). Otro factor que estimula la patogenicidad es la humedad, ya que si el suelo se encuentra en capacidad de campo se observa mayor afectación en los cultivos (Castillo y Guerrero, 2008).

La “hernia de las crucíferas” es una enfermedad que afecta a las plantas de la familia Brassicaceae (coles, brócolis, coliflores, repollitos de Bruselas, rábanos, nabos, alelíes, mostaza) (Hwang *et al.*, 2012). Apareció en Rusia y luego se extendió al resto de Europa (Diederichsen *et al.*, 2014), Japón, Australia, Canadá (Tewari *et al.*, 2005), Estados Unidos y



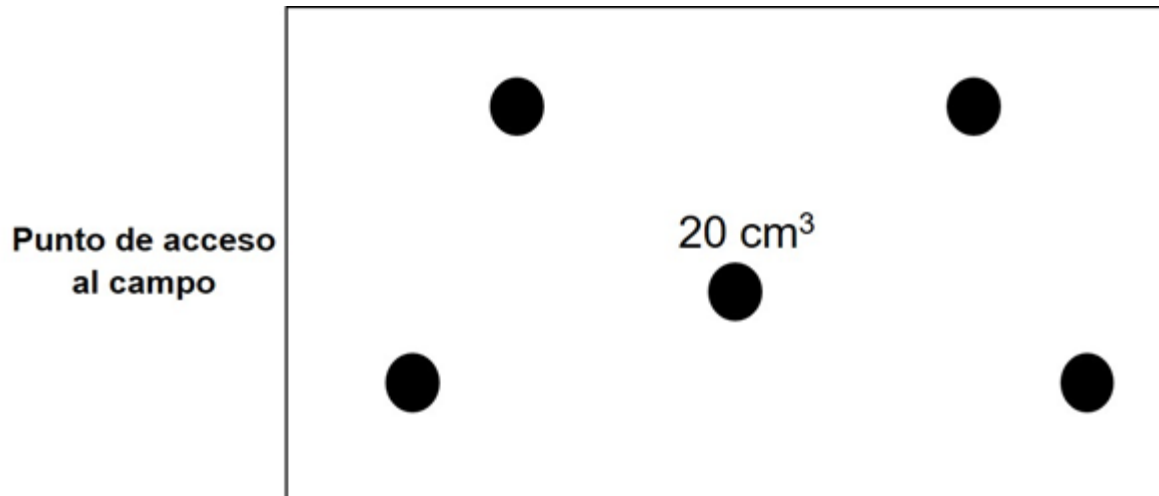
otros países de Latinoamérica (Botero *et al.*, 2015) debido a su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas. Sus poblaciones generalmente consisten en una mezcla de diferentes patotipos, además algunos autores informan, que la enfermedad afecta en más de 60 países, y reduce el rendimiento entre el 10 y 15% a escala mundial (Dixon, 2009).

Este patógeno se está estudiando en el cultivo de canola (*Brassica napus*) en Canadá, Polonia (Wesołowska, 2014) y Alemania (Diederichsen *et al.*, 2014). Incluso se han realizado estudios de identificación de patotipos y proteínas efectoras putativas en Europa, Asia y Norteamérica (Rolfe *et al.*, 2016; Pérez-López *et al.*, 2020). En Latinoamérica la información concerniente a *P. brassicae* está muy limitada (Botero *et al.*, 2015), no existe ningún reporte oficial y actualizado de la totalidad de países con la presencia del patógeno. En México, ni el patógeno ni la enfermedad han sido estudiados, solo existen limitados estudios sobre las plagas que afectan a las crucíferas. El objetivo de este estudio es determinar la presencia de *P. brassicae* en suelos destinados a cultivos hortícolas en los estados de Puebla y Tlaxcala en México.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizaron plantas de col verde (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*) cuyas semillas procedían de la Distribuidora Rancho Los Molinos, así como el suelo colectado de siete parcelas del municipio San Pedro Cholula, estado de Puebla y siete parcelas pertenecientes al municipio Lázaro Cárdenas, estado de Tlaxcala.

Se tomaron alrededor de 10 cucharadas en cada una de las cinco paradas en cada parcela. Como se ha encontrado que la concentración del patógeno es más alta en los campos infectados, las muestras se tomaron cerca de donde el equipo entró al campo. El muestreo se realizó siguiendo un patrón "W", con paradas en los cinco puntos de la "W" y una distancia de al menos a 20 metros entre cada uno y del borde del campo (Figura 1).

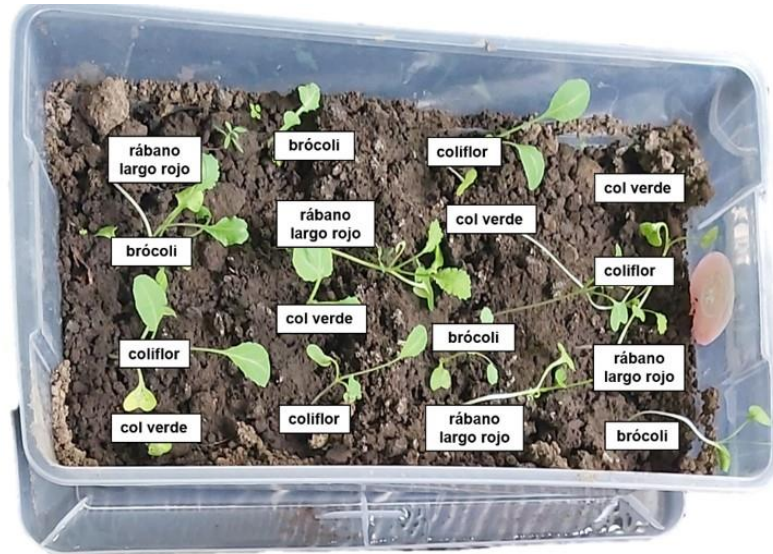


**Figura 1. Diseño del muestreo de suelo en las parcelas objeto de estudio.**

Las semillas de las cuatro especies de crucíferas se pusieron a germinar en medio de cultivo MS, después fueron trasplantadas en charolas agrícolas con el suelo colectado de las parcelas como sustrato. Se colocaron 16 plantas por charola y dos repeticiones del suelo de cada una de las parcelas (Figura 2). A los 60 días se realizó el muestreo de las plantas para observar los síntomas de la enfermedad en la parte aérea y en las raíces para identificar las parcelas con presencia de *P. brassicae*. Se extrajeron esporas de las raíces mediante la metodología propuesta por Pérez-López *et al.* (2020), con modificaciones y la suspensión de esporas se observó al microscopio óptico en aceite de inmersión con el objetivo de 100x.

#### **Diseño experimental y análisis estadístico**

El ensayo se realizó bajo un diseño experimental completamente aleatorizado. Se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas del porcentaje de supervivencia. Se realizó un ANOVA ( $\alpha=0.05$ ; intervalo de confianza 95%) y una prueba post hoc de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATISTICA versión 10 para Windows.

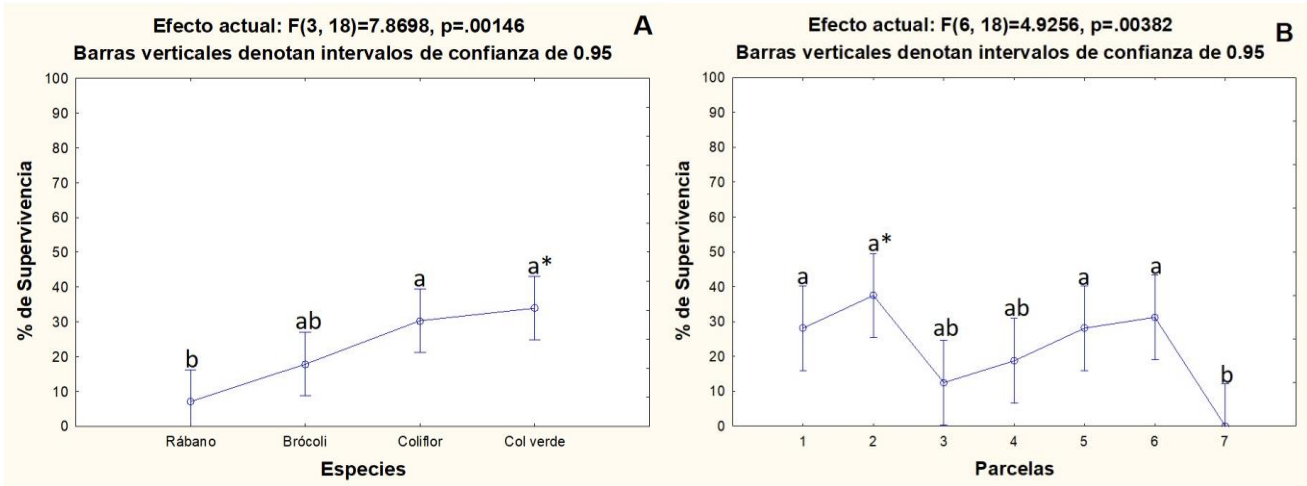


**Figura 2. Distribución de las cuatro especies de crucíferas en cada una de las charolas con el suelo colectado de las parcelas.**

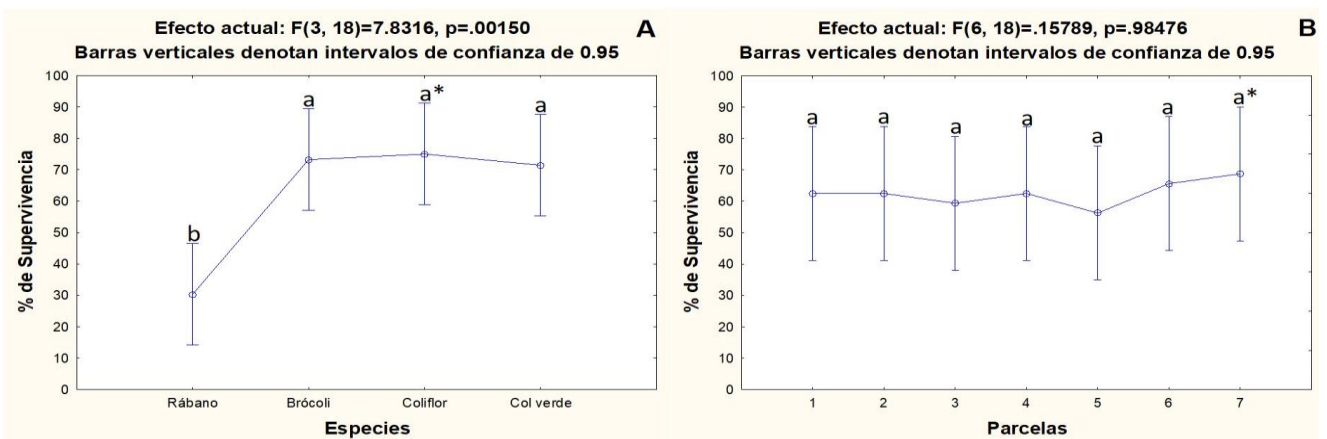
## **Resultados y Discusión**

El porcentaje de supervivencia de las plantas fue mayor en los suelos procedentes del municipio Lázaro Cárdenas (Figura 3), sin importar la especie o parcela, con valores por encima del 60%. Sin embargo; en los suelos de San Pedro Cholula, los valores fueron inferiores al 40%. El porcentaje de supervivencia por especies en los suelos de San Pedro Cholula fue mayor para la col verde y difirió significativamente con el del rábano (Tukey<0.05) (Figura 3A). Por parcelas fue mayor en la parcela 2, con diferencias significativas con la parcela 7 (Tukey<0.05) (Figura 3B). En las parcelas de Lázaro Cárdenas esta variable fue mayor para la coliflor, que difirió significativamente del rábano (Tukey<0.05) (Figura 4A) y entre las parcelas no hubo diferencias significativas para esta variable (Figura 4B).





**Figura 3. Porcentaje de supervivencia de: A) cada una de las especies de crucíferas y B) de todas las especies en cada una de las parcelas San Pedro Cholula, Puebla. \*Letras idénticas entre los puntos indican que no existen diferencias significativas (Tukey LSD,  $p \leq 0.05$ ).**

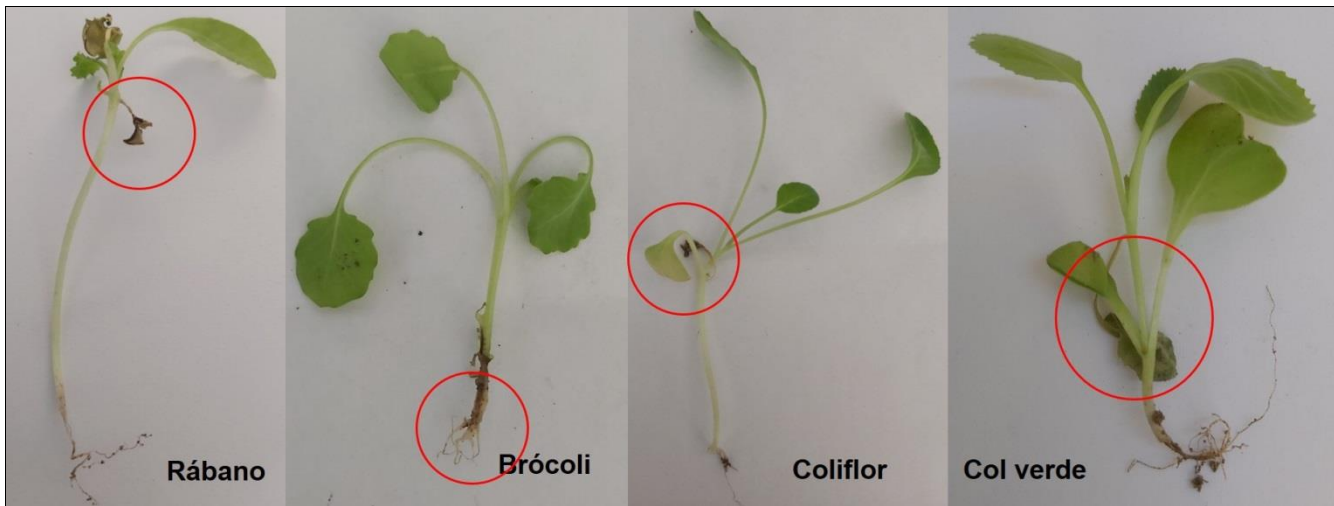


**Figura 4. Porcentaje de supervivencia de: A) cada una de las especies de crucíferas y B) de todas las especies en cada una de las parcelas Lázaro Cárdenas, Tlaxcala. \*Letras idénticas entre los puntos indican que no existen diferencias significativas (Tukey LSD,  $p \leq 0.05$ ).**

Estos resultados se pueden deber a la textura del suelo, en el municipio San Pedro Cholula el suelo tiene una textura arenosa mientras que el suelo del municipio Lázaro Cárdenas tiene una textura arcillosa. De acuerdo con Urriola (2020), en los suelos arcillosos se retiene mayor cantidad de nutrientes y agua, que permite un mayor desarrollo del sistema radical de las plantas y a su vez se favorece el crecimiento, desarrollo y supervivencia de estas, mientras

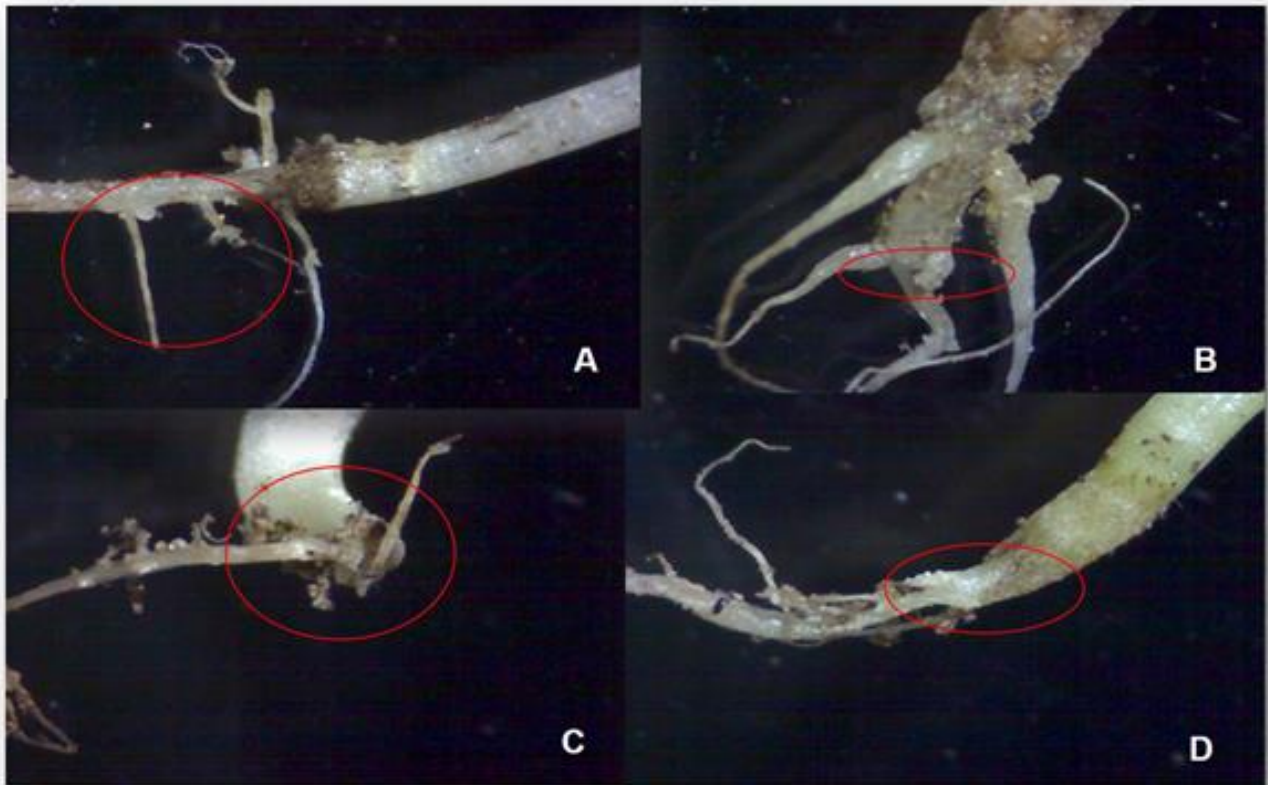


que en los suelos arenosos el agua se drena más rápido y hay poca cantidad de nutrientes. En las plantas cosechadas del suelo de ambos sitios de muestreo se observó retraso del crecimiento, senescencia prematura, marchitez, amarillamiento y plantas enanas (Figura 5), síntomas que según Lüders (2017), aparecen en las crucíferas infectadas por *P. brassicae*.



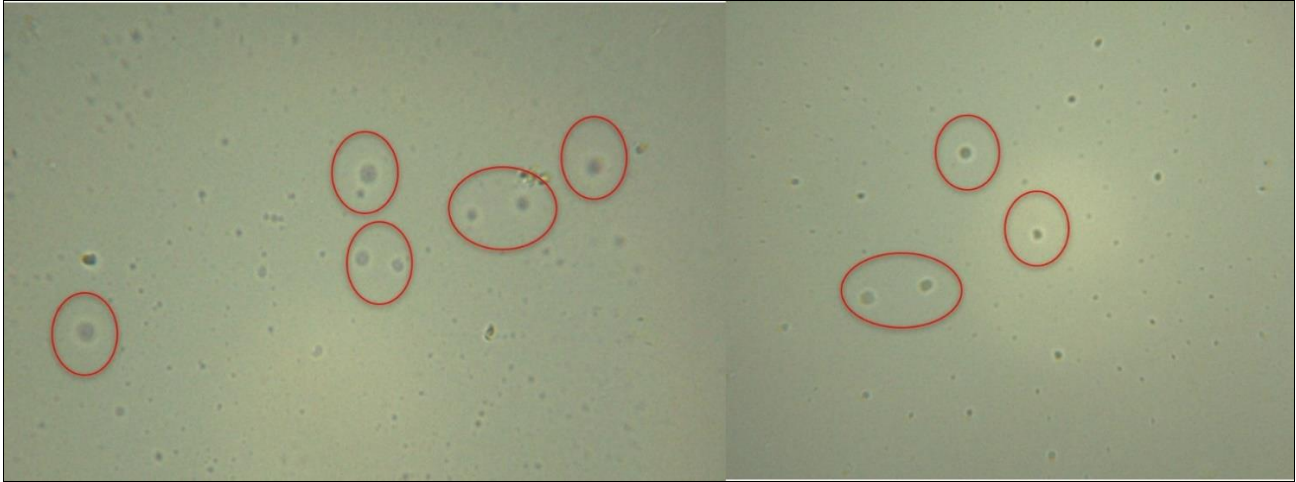
**Figura 5. Plantas de las cuatro especies de crucíferas que muestran los síntomas causados por *P. brassicae*.**

Zhang *et al.* (2016), afirman que esta sintomatología aparece por el atrofiamiento que sufren los vasos conductores, asociados a la hernia de las crucíferas, enfermedad causada por este patógeno. Además, en las plantas se observó el sistema radical atrofiado, con pocas raíces secundarias y la presencia de abultamientos en las raíces (Figura 6). Estos resultados se corresponden con lo planteado por González-Arizaga *et al.* (2019), quienes reportan que este patógeno ataca a las raíces de las crucíferas, en las que se forman abultamientos o protuberancias. Los abultamientos pueden variar de tamaño desde pequeños en la raíz principal y laterales, hasta cubrir todas las raíces.



**Figura 6. Raíces de las plantas de las cuatro especies (A: rábano; B: brócoli; C: coliflor; D: col verde) de crucíferas que muestran los síntomas causados por *P. brassicae* observadas al microscopio estereoscópico.**

En la extracción de esporas se observaron varias estructuras pequeñas, redondeadas y de color negro circuladas en rojo (Figura 7), que se corresponden con la caracterización dada por Hwang *et al.* (2012), de las esporas de *P. brassicae*. Estos autores informan que sus esporas son esféricas, con bordes irregulares, tamaño que varía de 3 a 5  $\mu\text{m}$  y de coloración oscura. La suspensión de esporas obtenida en este caso solo se utilizó con la finalidad de encontrar estas estructuras, aunque en otras investigaciones (Pérez-López *et al.*, 2020), se obtuvo a partir de raíces infectadas por el patógeno para la inoculación de otras plantas de crucíferas. Estas esporas se encuentran tanto en las raíces de las plantas infectadas como en el suelo y ahí permanecen en reposo como estructuras de sobrevivencia (Kageyama y Asano, 2009).



**Figura 7. Esporas extraídas de las raíces de las plantas de las cuatro especies de crucíferas que muestran los síntomas causados por *P. brassicae* observadas al microscopio óptico 100x.**

## **Conclusiones**

Cómo las plantas cultivadas en los suelos colectados presentaron síntomas, los resultados indican que *P. brassicae* puede estar presente en los suelos destinados a los cultivos hortícolas en los estados de Puebla y Tlaxcala en México.

## **Literatura Citada**

- Anjum, N. A., S. S. Gill, I. Ahmad, M. Pacheco, A. Duarte, S. Umar *et al.* 2012. The Plant Family Brassicaceae: An Introduction. Springer Dordrecht. Países Bajos. 339 p.
- Botero, A., I. Gómez, E. Benítez y C. García. 2015. Liming with dolomite reduces the efficacy of the biocontrol fungus *Trichoderma koningiopsis* against cabbage clubroot. *Agronomía Colombiana* 33:49-57.
- Burki, F. y P. Keeling. 2014. Rhizaria. *Current Biology* 24:103-107.
- Castillo, J. y O. Guerrero. 2008. Efecto de controladores biológicos sobre la hernia de las crucíferas en Tabio, Cundinamarca. *Revista Inventum* 5:30-40.



- Diederichsen, E., M. Frauen y J. Ludwig-Müller. 2014. Clubroot disease management challenges from a German perspective. *Canadian Journal of Plant Pathology* 36(1):85-98.
- Dixon, G. R. 2009. The Occurrence and Economic Impact of *Plasmodiophora brassicae* and Clubroot Disease. *Journal Plant Growth Regulation* 28:194-202.
- Donald, C. y I. Porter. 2009. Integrated control of clubroot. *Journal of Plant Growth Regulation* 28(3):289-303.
- González-Arizaga, L.A., C. Alvarado-Valenzuela, C. Ceceña-Durán, D. González-Mendoza, A. M. Suárez-Hernández, O. Grimaldo-Juárez, *et al.* 2019. La rotación de cultivos como estrategia de control de la marchitez en alfalfa. *OmniaScience*. España. 78 p.
- Hwang, S. F., H. U. Ahmed, Q. Zhou, S. E. Strelkov, B. D. Gossen, G. Peng. *et al.* 2012. Assessment of the impact of resistant and susceptible canola on *Plasmodiophora brassicae* inoculum potential. *Plant Pathology* 61:945-952.
- Kageyama, K. y T. Asano. 2009. Life Cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal Plant Growth Regulation* 28:203-211.
- Lüders, W. 2017. Analyses of virulence of European isolates of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) and mapping of resistance genes in rapeseed (*Brassica napus* L.). Tesis de Maestría. Julius Kühn-Institut. Federal Research Centre for Cultivated Plants, Quedlinburg, Germany. 83 p.
- Pérez-López, E., M. D. Musharaf-Hossain, J. Tu, M. Waldner, C. D. Todd, A. J. Kusalik. *et al.* 2020. Transcriptome Analysis Identifies *Plasmodiophora brassicae* Secondary Infection Effector Candidates. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 67:337-351.
- Rolfe, S. A., S. E. Strelkov, M.G. Links, W. E. Clarke, S. J. Robinson, M. Djavaheri. *et al.* 2016. The compact genome of the plant pathogen *Plasmodiophora brassicae* is adapted to intracellular interactions with host *Brassica* spp. *BMC Genomics* 17(272):2-15.
- Tewari, J. P., S. E. Strelkov, D. Orchard, M. Hartman, R. M. Lange y T. K. Turkington. 2005. Identification of clubroot of crucifers on canola (*Brassica napus*) in Alberta. *Plant Disease* 67:758-62.
- Urriola, L. A. 2020. ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? *Revista Científica Semilla del Este*. 1:1.
- Wesołowska, M. 2014. Identification of *Plasmodiophora brassicae* Wor. isolate suppressing clubroot resistance in 'Kilaxy' F1 white cabbage. *Folia Horticulturae* 26:57-62.
- Zhang, H., J. Feng, S. F. Hwang, S. E. Strelkov, I. Falak, X. Huang, *et al.* 2016. Mapping of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) resistance in canola (*Brassica napus*). *Plant Pathology* 65:435-440.



## EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA EN MAÍZ ELOTERO EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Agustín Jiménez Ramos<sup>1</sup>, Anastacio Nanco Ortiz<sup>1\*</sup>, Fernando Arturo Gómez Díaz<sup>2</sup>, Jaime Negrin Ruiz<sup>2</sup> y Sandra Luz Hernández Valladolid<sup>2</sup>

### Resumen

Durante el periodo de mayo a agosto de 2020, se realizó el trabajo de investigación en la localidad de Guzmantla, municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz, con el objetivo de determinar el efecto de diferentes métodos de siembra en maíz elotero en el tamaño y peso del producto en la etapa de elote. Los tratamientos fueron: T1= Surcos separados a 80 cm, con distancia entre plantas de 55 cm, depositando tres semillas, T2 = Surcos separados a 1 m, con distancia entre plantas de 25 cm, sembrando dos semillas, T3 = Surcos separados a 1 m, con distancia entre plantas de 10 cm a doble hilera, sembrando una sola semilla y T4= Surcos separados a 1 m, con distancia entre plantas de 45 cm a una sola hilera, sembrando tres semillas (testigo tradicional). El experimento se estableció en diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones. Se encontró que con el T1 se obtuvo el mayor tamaño y peso del elote, seguido del T4, mientras que con el T3, se obtuvieron los menores valores de estos parámetros. Se detectó diferencia significativa entre los tratamientos y el tamaño del elote ( $p=0.0246$ ), así como también entre el peso y los cuatro tratamientos ( $p=0.0003$ ), que mostraron un tamaño de más de 30 cm y un peso de más de 600 gramos en promedio el T1, respecto a los demás. Lo anterior, demuestra una alta relación ( $r = 0.7623$ ) entre el tamaño del elote y su peso, lo que indica que a mayor tamaño de elote, mayor peso. Se concluye que sembrar en surcos separados a 80 cm, con distancia entre plantas de 55 cm, depositando tres semillas por golpe, se tiene mayor rendimiento en la producción de elote.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., distancia entre surcos y plantas, producción, elote

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. anastacio.nanco@utc.edu.mx

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, campus Cuitlahuac. asp@utc.edu.mx



## Introducción

La producción mundial de maíz en el ciclo comercial 2018/19 se ubicó en 1,123 millones de toneladas, lo que significa un incremento anual de 4.2%. En Brasil, Argentina y Ucrania se obtuvo una producción récord. Para el ciclo 2019/20, se proyectó una producción mundial de 1,104 millones de toneladas, lo que significó un decremento anual de 1.7%. El consumo mundial se mantiene a la alza. Al cierre del ciclo 2018/19 se ubicó en un máximo histórico de 1,127 millones de toneladas. El consumo forrajero representa 62.5% y el consumo humano e industrial en 37.5%. Se previó que en el ciclo 2019/20 se ubique en 1,125 millones de toneladas (FIRA, 2019). En México, durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2019 a febrero 2020, se registraron 17'910,944 t de maíz grano a nivel nacional, lo que representó un descenso de 5.1%, equiparado con el mismo periodo agrícola de 2018. Sin embargo, en el ciclo agrícola de otoño-invierno 2019-2020 a febrero del presente, se reportaron 49,844 t cosechadas de maíz de grano a nivel nacional, 3.2% más, comparado con el mismo ciclo agrícola inmediato anterior, con un rendimiento promedio de 2.3 t/ha, lo cual representa una caída de 1.7%, con referencia al mismo mes del ciclo de otoño-invierno 2018-2019 (SIAP, 2020). Existe un desconocimiento en la mayoría de los agricultores hacia las semillas mejoradas, lo cual se debe principalmente a la falta de información y difusión de las ventajas de las mismas. Una desventaja importante radica principalmente en la dependencia de la compra de semilla, puesto que, a pesar de que los agricultores pueden inspeccionar las semillas antes de adquirirlas, éstos dependen en gran medida de la calidad de la información ofrecida por el proveedor en cuanto a sus características y adaptabilidad (Sánchez *et al.*, 2017). Los mejores resultados se obtienen sembrando en surcos a 75 o 76 cm y en este caso, para tener la población deseada se requiere sembrar de 6.5 a 7.5 semillas por metro lineal. La importancia del cultivo de maíz también se refleja en la comercialización de elote, porque es considerado un alimento tradicional y popular en México; sin embargo, su producción se ha centrado en un número pequeño de variedades, que ha desplazado a las variedades criollas. La producción de elote ofrece ventajas económicas respecto a la producción de grano de maíz, la cual va acompañada de innovaciones, así como de la mejora en la competitividad de los productores en el mercado (Espejel *et al.*, 2020). En algunas zonas de Puebla, Tamaulipas y Jalisco producen maíz (*Zea mays* L.) para elote, utilizando principalmente variedades nativas, de las que se desconoce su potencial para la



producción de elote y la calidad del mismo (Ortiz-Torres *et al.*, 2013). En el sur de Tamaulipas, en el ciclo de otoño-invierno anualmente se cultivan alrededor de 10,000 ha de maíz con ese propósito. Aun cuando los rendimientos de elote en siembras comerciales son en la rentables (10 a 12 t/ha), existe potencial para que el agricultor pueda alcanzar entre 16 y 18 t/ha, lo cual le daría mayores utilidades (Cervantes, 2008). Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro métodos de siembra para determinar el arreglo topológico con el que se obtenga la mayor producción de elote en la localidad de Guzmantla, municipio de Ixhuatlán del Café, en el centro de Veracruz.

Por la diversidad orográfica que presenta el estado de Veracruz, se puede producir maíz venturero con riegos de auxilio en cualquier época del año, tratando de amortiguar la escasez de agua y la seguridad alimentaria, no puede mantenerse sin irrigación, por lo tanto, es necesario resolver este problema; en estudios se reporta la examinación del efecto de la densidad de siembra de maíz (Guevara *et al.*, 2005).

Ante la importancia en la producción internacional y nacional del cultivo de maíz y los efectos del cambio climático que se reflejan en la degradación de los recursos naturales, el crecimiento poblacional que demanda alimentos, es necesario desarrollar métodos que permitan incrementar los rendimientos, tanto de grano, como de elote, así mismo el aprovechamiento del área cultivable, con el uso de productos locales, aplicando técnicas de conservación de suelo, la labranza mínima, el manejo integrado en el control de plagas, aprovechando las malezas como materia orgánica y nutrientes para el enriquecimiento del suelo, como parte de los principios de una agricultura sustentables en la producción de maíz, mismos que se describen en el presente trabajo.

## **Materiales y Métodos**

La investigación se desarrolló en el municipio de Ixhuatlán del Café, localizado entre los paralelos 18° 57' y 19° 06' de latitud norte y los meridianos 96° 50' y 97° 01' de longitud oeste, a una altitud de entre 800 y 1,900 m, en la zona centro del estado de Veracruz. Colinda con los municipios de Coscomatepec, Huatusco y Tepatlaxco; con un rango de temperatura de 16 a 22°C, de precipitación de 1900 a 2100 mm y un clima semi-cálido húmedo con abundantes





lluvias en verano (54%), semi-cálido húmedo con lluvias todo el año (41%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (5%) (PIGMEUM, 2009). El experimento se estableció en la localidad Guzmantla, municipio de Ixhuatlán del Café (Figura 1), localizada a 19° 50' 92" de latitud norte y 96° 55' 27.92" de longitud oeste, a una altitud de 1,183 m, la cual presenta un clima cálido húmedo.

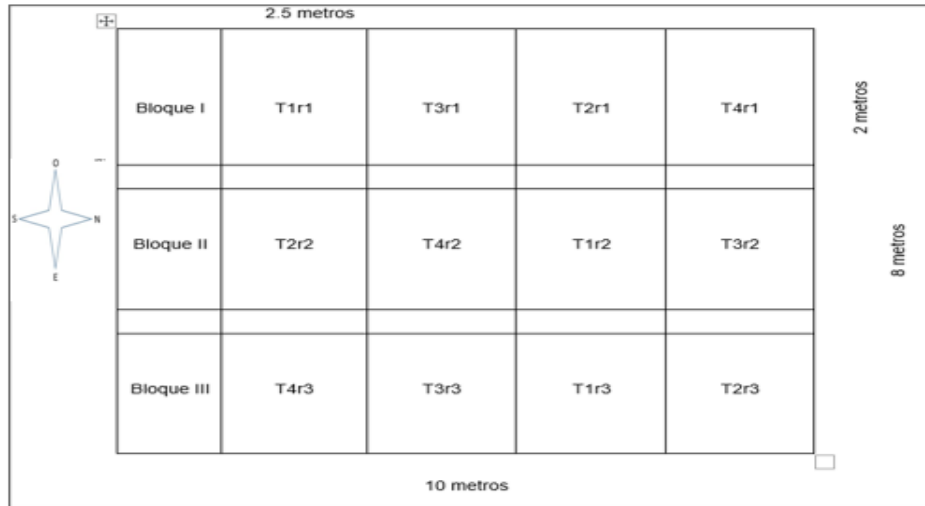


**Figura 1. Micro-localización del sitio experimental.**

### **Material y equipo para el estudio**

El experimento se estableció en diseño experimental bloques completos al azar, cuatro tratamientos, tres repeticiones y parcelas experimentales de dos surcos (Figura 2).

Los tratamientos evaluados fueron: T1 = Surcos separados a 80 cm, sembrando tres semillas cada 55 cm (testigo tradicional en la región). T2 = Siembra a doble hilera en surcos separados a 1 m, sembrando dos semillas arriba del caño de lado y lado del surco cada 25 cm. T3 = Surcos separados a 1 m, sembrando una semilla arriba del caño de lado y lado del surco, cada 10 cm (siembra a alta densidad) y T4 = Surcos separados a 1 m, sembrando tres semillas cada 45 cm (testigo tradicional en la comunidad).



**Figura 2. Croquis de campo del experimento de métodos de siembra en maíz elotero.**

El modelo estadístico fue:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = error experimental en la unidad  $j$  del tratamiento  $i$

## Resultados y Discusión

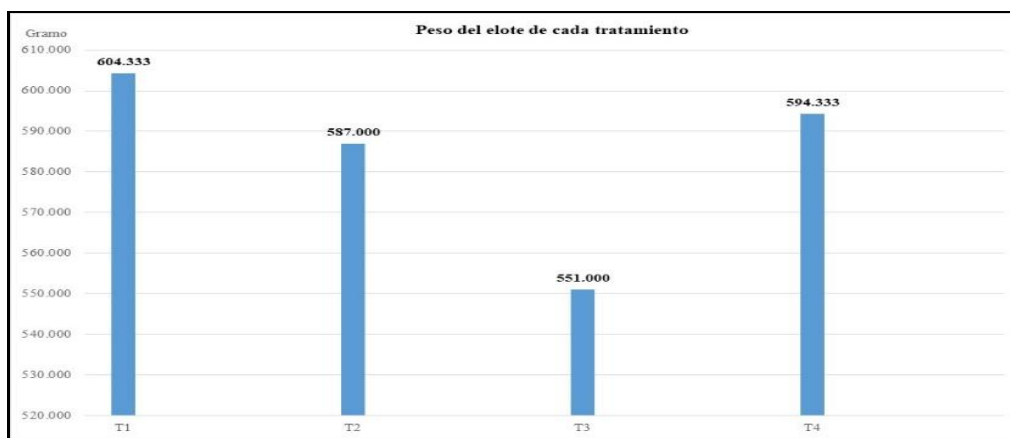
En general, se obtuvo un peso máximo de elote de 615 g, con un mínimo de 540 g y una media de 584.2 g; en cuanto al tamaño de elote, se tuvo un valor máximo de 33 cm, un mínimo de 28 cm y una media de 31.1 cm, por lo que, se tuvo una diferencia mínima en las variables de tamaño y el número de hileras en el grano del producto, con una desviación estándar cercana (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Valores promedios, mínimos y máximos de las variables cuantificadas en 12 unidades de evaluación.**

Variables	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Desviación estándar
Peso de elote	584.2	540.0	615.0	22.17
Tamaño	31.1	28.0	33.0	1.61
Número de hileras en grano	15.2	130.0	17.0	1.11

Con respecto al peso del elote, con los tratamientos 1 y 4, se obtuvieron los mayores valores en gramos (Figura 3), mientras que con el tratamiento 3 se obtuvo el menor peso. Estos resultados indican que el establecimiento de una mayor densidad de plantas no garantiza un mejor desarrollo del producto.



**Figura 3. Análisis descriptivo del peso de elote en los tratamientos evaluados.**

De acuerdo a la prueba de Tukey, con el tratamiento 1 se obtuvo el mayor tamaño de elote, el cual fue estadísticamente similar al tamaño obtenido con los tratamientos 4 y 2, y significativamente superior al del tratamiento 3 (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Valores promedios de tamaño de elote obtenidos en los tratamientos evaluados.**

Tratamientos (T)	Promedio (cm)
3 = Surcos a 1 m, con una semilla de lado y lado del surco, cada 10 cm (siembra a alta densidad).	29.000 b
2 = Siembra a doble hilera en surcos a 1 m, con dos semillas de lado y lado del surco cada 25 cm.	31.167 ab
4 = Surcos a 1 m, con tres semillas cada 45 cm (testigo tradicional en la comunidad).	32.000 ab
1 = Surcos a 80 cm, con tres semillas cada 55 cm.	32.167 a

Valores promedios con letras similares son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Con respecto al peso promedio de elote, se obtuvo un comportamiento similar al de la variable anterior se obtuvo en el peso promedio de elote, ya que con los tratamientos 1, 4 y 2 se obtuvieron los mayores valores, los cuales fueron estadísticamente similares entre sí y superiores al peso de elote obtenido con el tratamiento 3 (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores promedios de peso de elote obtenidos en los tratamientos evaluados.**

Tratamientos (T)	Promedio (g)
3 = Surcos a 1 m, con una semilla de lado y lado del surco, cada 10 cm (siembra a alta densidad).	551.000 b
2 = Siembra a doble hilera en surcos a 1 m, con dos semillas de lado y lado del surco cada 25 cm.	587.000 a
4 = Surcos a 1 m, con tres semillas cada 45 cm (testigo tradicional en la comunidad).	594.333 a
1 = Surcos a 80 cm, con tres semillas cada 55 cm.	604.333 a

Valores promedios con letras similares son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Los resultados obtenidos en ambas variables, indican que con una mayor densidad de plantas no necesariamente se obtiene un mayor crecimiento y peso del elote, es decir, que no se garantiza un mayor rendimiento de elote, ya que éste puede verse afectado por la competencia entre plantas.

En una relación entre los tratamientos, con el tamaño y el peso del elote, se identificó que los tratamientos 1, 4 y 2, con respecto al tratamiento 3, hubo diferencia significativa de  $p=0.0246$  y  $p=0.0003$ , respectivamente (Figuras 4 y 5).

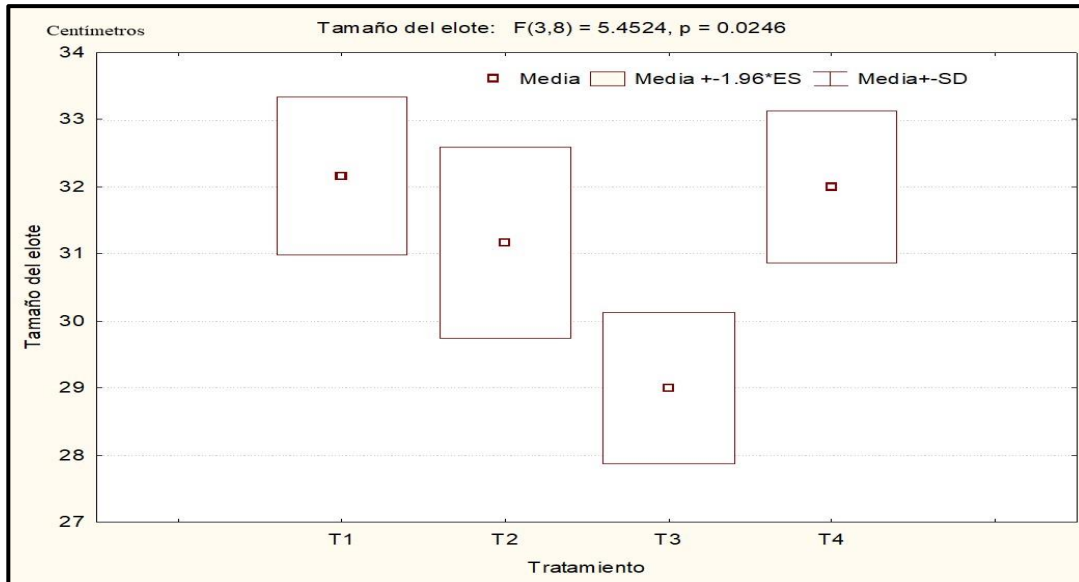


Figura 4. Análisis gráfico y estadístico del tamaño del elote entre los tratamientos evaluados.

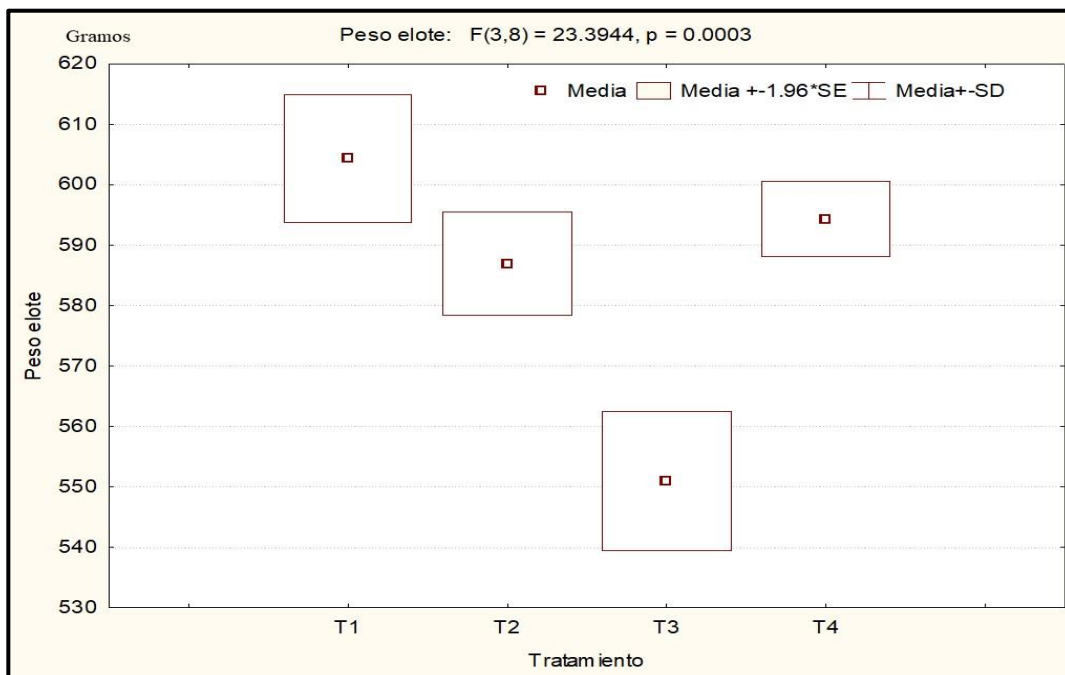
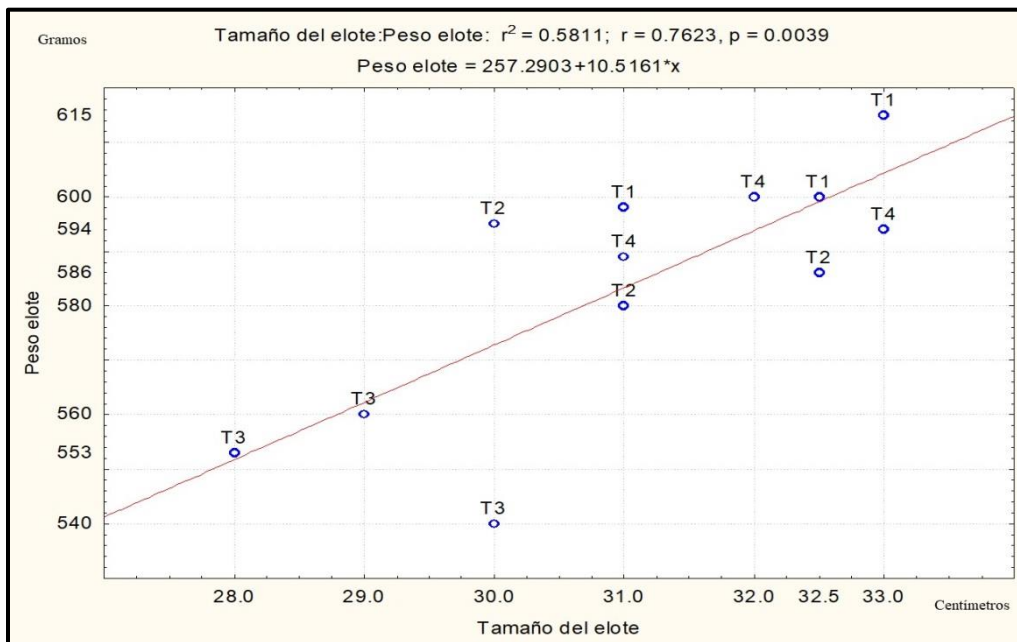


Figura 5. Análisis gráfico y estadístico del peso del elote entre los tratamientos evaluados.

Los resultados promedios para los diferentes tratamientos en peso en elote (Cuadro 3) en 5 plantas/m<sup>2</sup> en el tratamiento 1 se estimó un rendimiento promedio mínimo de 32.150 t/ha,



mientras que en el tratamiento 3 con una total de 20 plantas/m<sup>2</sup> se estimaron hasta 110.2 t/ha, el cual fue el máximo rendimiento. Estos resultados son superiores a los rendimientos de elote obtenidos en siembras comerciales (10 a 12 t/ha) y con productores que han obtenido rendimientos de entre 16 y 18 t/ha reportados en el sur de Tamaulipas (Cervantes, 2008). Espejel *et al.* (2020) reportaron un rendimiento promedio de 6 t/ha en 2017, con productores pertenecientes a la Comunidad Agraria de Etzatlán o al Ejido de Santa Cruz, en el estado de Puebla. Los resultados obtenidos en esta investigación indican que en la Región de Las Altas Montañas de Huatusco, Veracruz, hay mayor potencial de rendimiento de elote, por sus condiciones edafo-climáticas, con respecto al de las regiones donde se han realizado trabajos en la producción de elote. Por lo que, la producción de maíz elotero, es una alternativa viable de alta productividad para los agricultores de la zona centro del estado de Veracruz. En el análisis de regresión lineal se identificó una alta relación de ( $r = 0.7626$ ) y correlación ( $r^2 = 0.5811$ ), lo que demuestra, que por cada 10.51 cm de incremento en el tamaño del elote, aumenta el peso en 259.29 g (Figura 6).



**Figura 6. Correlación entre las variables tamaño y peso del elote.**

Los tratamientos 1 y 4 tuvieron el mayor tamaño y peso para la producción de elote. Por lo tanto, si en 1 m<sup>2</sup> se siembran un mínimo de cinco plantas, con un peso promedio de 552 g por



elote, se obtienen rendimientos mayores a 30 t/ha, lo que demuestra que el método de siembra de alta densidad, supera al sistema de siembra tradicional en la región.

## Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó el estudio en la localidad de Guzmantla, municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz, se concluye que, con el método de siembra en surcos separados a 80 cm, con distancia entre plantas de 55 cm, depositando tres semillas por golpe, se obtiene el mayor rendimiento en la producción de elote.

## Literatura Citada

- Cervantes, M. J. E. 2008 Producción de maíz para elote en el sur de Tamaulipas. Ficha Tecnológica por Sistema producto (Maíz). SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Altamira, Tamaulipas.  
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/478.pdf>
- Guevara, E. A., G. Bárcenas H., F. R. Salazar M., E. González S. y H. Suzán A. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 39(4):431-439.
- Espejel, G. A., C. Z. Jauregui G. y A. Hernández M. 2020. Caracterización, innovación y competitividad de la producción de elotes en el estado de Jalisco, México. *ECONÓMICAS CUC* 41(2).  
<https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/2642/2913>
- FIRA (Fideicomiso Instituido con Relación a la Agricultura). 2019 Panorama agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Maíz. 24 p.  
<https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/11/Panorama-Agroalimentario-Ma%C3%ADz-2019.pdf>
- Ortiz-Torres, E., P. Antonio-López, A. Gil-Muñoz, J. D. Guerrero-Rodríguez, H. López-Sánchez, O. R. Taboada-Gaytán *et al.* 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 19(2):225-238.



PIGMEUM (Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos). 2009. Ixhuatlán del Café, Veracruz de Ignacio de la Llave.  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30080.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30080.pdf)

Sánchez, T. B. I., Z. Kallas y J. M. Gil. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 49(2):269-287.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Boletín mensual de producción Maíz grano. Marzo 2020. SADER. SIAP.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/544308/Avance\\_de\\_produccion\\_maiz\\_grano\\_FEB\\_2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/544308/Avance_de_produccion_maiz_grano_FEB_2020.pdf)





## LOS ABONOS ORGÁNICOS Y AISLADOS DE *Trichoderma* spp. EN LA MILPA MAYA DE YUCATÁN

Geovanny del Jesús López Pool<sup>1</sup>, Fernando Antonio Peraza Luna<sup>1</sup>, Juan José Sandoval Gío<sup>1</sup> y Juan Candelero de la Cruz<sup>1\*</sup>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la vermicomposta, composta más el 50% de hojarasca de almendro y de cáscara de naranja como sustrato orgánico para la producción masiva de cuatro cepas nativas *Trichoderma* spp. en cultivos de la milpa maya en Yucatán. Se realizó la siembra de maíz criollo y un mes después se realizó la siembra de los lbes (*Phaseolus lunatus* L.). La parcela, se dividió a la mitad con riego y la otra de temporal. Los tratamientos evaluados fueron: T1) Vermicomposta + Composta, T2) Vermicomposta + Composta + Sustrato + *Trichoderma* sp., T3) Testigo Fertilización inorgánica Completa y el T4) Fertilización inigánica regional al 50%. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. A los 30 días después de la siembra (dds), el tratamiento T2 promovió el crecimiento vegetativo del maíz y del lbes, tanto en temporal y riego. Los incrementos en altura del maíz fueron de 39.9 y 24% en temporal y riego, respectivamente; mientras que la altura de las plantas de lbes, con el T2, se incrementó en 30.3% en temporal, sin diferencia significativa en el sistema con riego. Por el contrario, la fertilización mineral al 50% resultó con valores de crecimiento menores al de la fertilización inorgánica al 100%. Se concluye que la interacción de los abonos orgánicos con los aislados fúngicos de *Trichoderma* spp. permitieron disminuir la fertilización inorgánica sin afectar el crecimiento en los cultivos de la milpa maya en Yucatán.

**Palabras clave:** vermicomposta, sustratos, hongos, maíz

<sup>1</sup> TecNM/División de Estudios de Posgrado e Investigación, Campus Tizimín, final aeropuerto Cupul s/n, 97700, Tizimín, Yucatán, México.  
Autor por correspondencia\*: [juan.candelero@ittizimin.edu.mx](mailto:juan.candelero@ittizimin.edu.mx)



## Introducción

La práctica de la agricultura tradicional está ligada a la conservación de la cultura, a la reproducción social, a dinámicas económicas locales y de los diferentes conocimientos como el ambiental, experimentación e innovación agrícola y la conservación de implementos y semillas propias, entre otros aspectos, que se transmiten en cada ciclo de cultivo (Carrera *et al.*, 2012). En cuanto a la milpa como agroecosistema milenario, es resultado de siglos de ensayo y error para el cultivo de maíz y otras especies, cuya diversidad biológica y cultural está relacionada con cada pueblo mesoamericano que la cultiva; la importancia de la milpa como fuente de alimentos se refleja en el hecho de que se cultiva a lo largo y ancho de todo México, sobre todo en comunidades campesinas, los descendientes mesoamericanos continúan con esta práctica y otros sistemas agrícolas tradicionales, adaptándose al ambiente y a los cambios culturales que se ha dado a través de los años; por lo que se propone a la milpa como patrimonio biocultural (Vásquez *et al.*, 2018; Boege, 2010). Ante la naturaleza calcárea geológicamente reciente de la península de Yucatán, que evita la presencia de grandes extensiones de tierra fértil, sin duda alguna, este sistema, con su tecnología adaptada al manejo de los abundantes recursos de la selva y los cenotes proveedores de agua para la población, fueron la amalgama que permitió la supervivencia de la civilización maya de las tierras bajas del norte (Mariaca, 2015). La milpa es un sistema tradicional de policultivos: maíz (*Zea mays* L.) e lbes (*Phaseolus lunatus* L.), que ha apoyado a las comunidades locales durante muchos años que se establece en condiciones temporales en Yucatán, México. Ha sufrido múltiples cambios, afectado su manejo y sostenibilidad (Boege, 2010), por lo que desde hace años la causa principal de la problemática, son los bajos rendimientos productivos de la milpa, aunado esto, la baja fertilidad de los suelos rocosos en la península de Yucatán. Afortunadamente en la actualidad existen técnicas de biorremediación de suelos, con el uso potencial de las especies fúngicas de *Trichoderma* y de los abonos orgánicos: composta y vermicomposta en los cultivos agrícolas (Candelero *et al.*, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la vermicomposta, composta más el 50% de hojarasca de almendro y de cáscara de naranja como sustrato orgánico para la producción masiva de cuatro cepas nativas de *Trichoderma* spp., como un biofertilizante para disminuir el uso de sustancias químicas que afectan el ambiente y la salud del hombre.



## Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana, en el área de producción de los abonos orgánicos y de investigación del Campus Tizimín, Yucatán, ubicado en Final Aeródromo Cupul S/N, CP. 97700, localizado en la coordenada: 21° 09' 29" N 88°10' 21" O.

Las cepas nativas de *Trichoderma*; Th01-01, Th02-01, Th09-06 y Th36-70, como agentes de biocontrol y promotores de crecimiento vegetativo, se obtuvieron del laboratorio de Microbiología Agrícola del Campus Tizimín. Se colocaron 20  $\mu$ L que contenían conidias sobre el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) en cajas de plástico Petri, y crecieron a 28°C en una incubadora bacteriológica durante ocho días. Al finalizar, el período de incubación, a cada caja, se le adicionó 9 mL de agua destilada estéril, luego, se hizo una serie de filtrados con gasas estériles y se recolectaron en tubos Falcon®. Se colocaron 100  $\mu$ L de la suspensión conidial concentrada en 900  $\mu$ L de agua destilada estéril, y de esta 9  $\mu$ L en la cámara de Neubauer. La concentración de conidias fue de  $1.2 \times 10^6$  conidias por mL.

Un sustrato fue producido a partir de hojas secas de almendro (HSA) (*Terminalia catappa* L.) más la cáscara de naranja (CN) (*Citrus sinensis*) al 50% como soporte mineral, con la finalidad de incrementar la concentración conidial de las cuatro cepas nativas de *Trichoderma*. Se dejaron secar los residuos orgánicos a temperatura ambiente por siete días, después, se trituraron con un molino de mano, hasta dejarlo en partículas más pequeñas. Se homogenizó el sustrato orgánico (5 kg aproximadamente) y se colocó en una malla de plástico para facilitar su manipulación durante el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio (al 2%, 1 h), luego, se realizó una serie de enjuagues para eliminar el resto del cloro y el excedente de agua. El sustrato generado, se inoculó con el método de inmersión, en un volumen final de 5 L de agua destilada a la misma concentración conidial de los cuatro aislado fúngicos. Para favorecer el crecimiento, se colocaron en una bolsa negra de plástico a temperatura ambiente durante 15 días.

Para evaluar el efecto de los abonos orgánicos y el sustrato para la producción masiva de los inoculantes fúngicos de *Trichoderma* en campo. La siembra de maíz y frijol se realizó el 15 de mayo y 15 de junio, 2021, respectivamente, de tal forma, las prácticas agronómicas fueron las siguientes: colocando cuatro semillas por pocetas, esta actividad, se hizo con sembradores



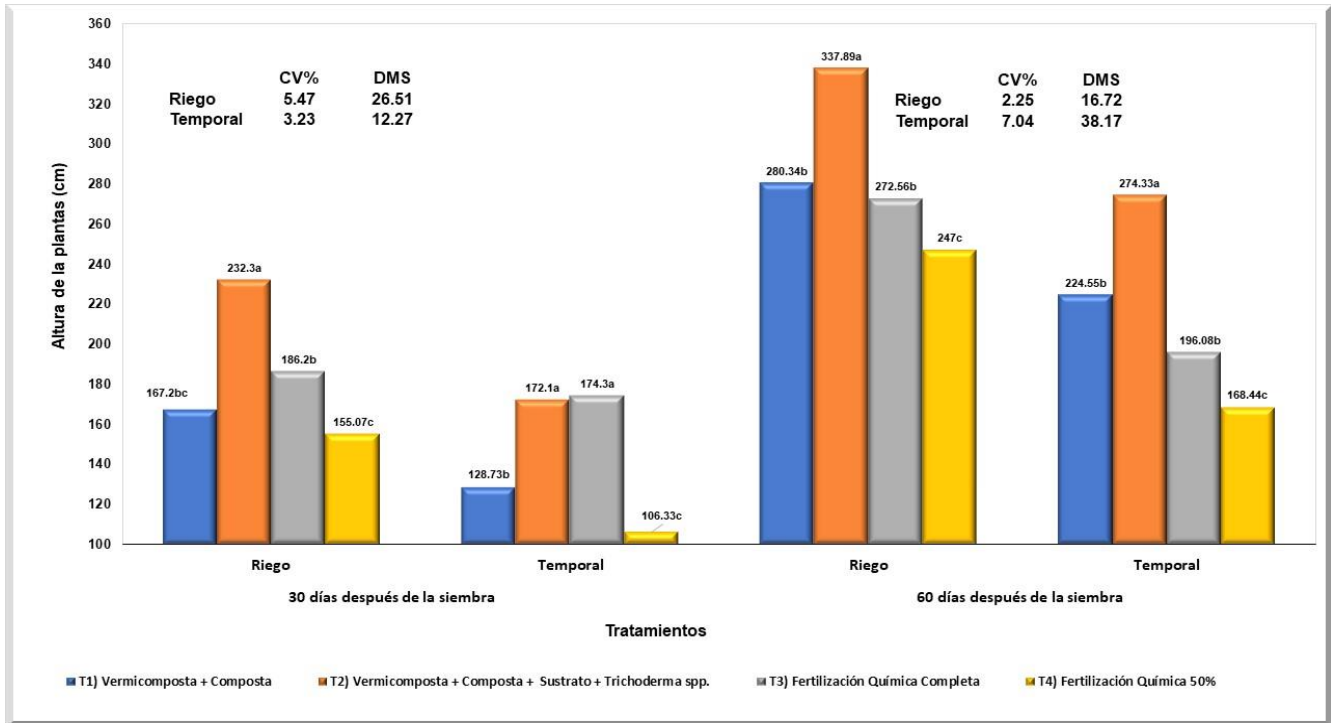
manuales con una dimensión de aproximadamente 2500 m<sup>2</sup> (6 mecatres), con un sistema de riego por goteo, a una distancia de 0.90 m entre cintillas y 0.30 cm entre goteros. La parcela, se dividió a la mitad, con 33.5 m de maíz con riego y la otra sin riego (temporal).

Los tratamientos evaluados fueron conformados a partir de la aplicación individual o combinada de los siguientes abonos orgánicos: vermicomposta y la composta, individual y combinados (50:50) con la fertilización inorgánica regional al 50%. El tratamiento T1) Vermicomposta + Composta, T2) Vermicomposta + Composta + Sustrato orgánico 50% con 4 aislados de *Trichoderma* spp., T3) Testigo Fertilización inorgánica completa, T4) Fertilización inorgánica Regional al 50% de NPK. La aplicación de los tratamientos fue de la siguiente forma, por cada 10 kg de los abonos orgánicos se le adicionó el 10% del sustrato generado con los inoculantes fúngicos; con tres aplicaciones de 100 g por planta; la primera, ocho días antes de la siembra, la segunda y tercera, a los 15 y 45 días después de la germinación; se aplicó un gramo por planta de la fórmula 18-46-00. Los tratamientos, se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, la parcela útil de cada tratamiento fue de 99.45 m<sup>2</sup> (8.5 x 11.7 m). La variable altura de la planta, se midió desde el suelo hasta la punta del ápice. Con la información obtenida, se realizó el análisis de varianza y la separación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

En el análisis de varianza sobre la promoción del crecimiento vegetativo en plantas de maíz y de lbes mostraron diferencia significativa ( $p < 0.001$ ).

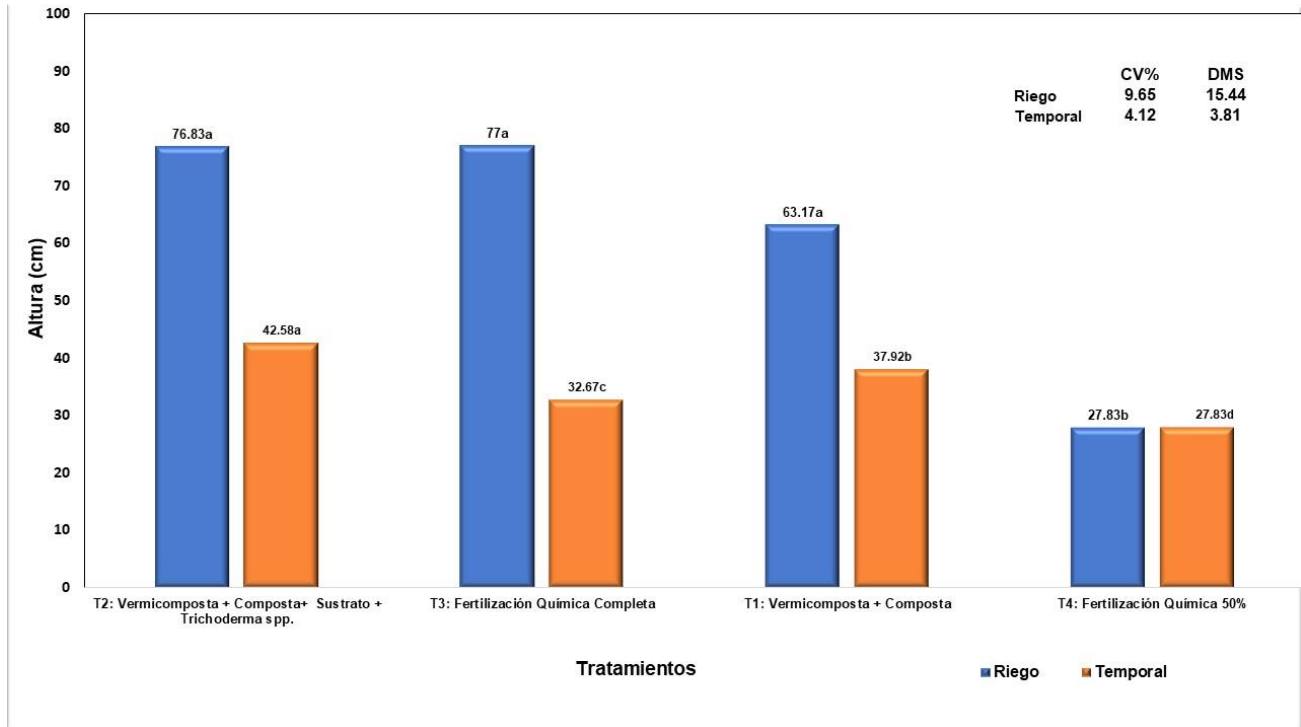
A los 30 dds, en la variable altura de maíz, el Tratamiento 2, conformado por Vermicomposta + Composta + Sustrato orgánico 50% + *Trichoderma* spp. bajo un esquema de producción de riego por goteo y de temporal, permitieron reducir en un 50% la dosis de fertilización mineral con diferencias significativas en crecimiento de la planta de maíz ( $p \leq 0.05$ ), con alturas 24 y 39.00% en temporal y riego, respectivamente, comparado con el Tratamiento 3 (fertilización completa).



**Figura 1. Efecto de los abonos orgánicos de enriquecimiento en el crecimiento de maíz (*Zea mays* L.) bajo un esquema de producción con riego de goteo y de temporal.**

A los 30 dds de lbes (*Phaseolus lunatus*) en ambos esquemas de producción, los abonos orgánicos más inoculantes fúngicos de *Trichoderma* spp. evidenció diferencia significativa ( $p < 0.001$ ), permitieron reducir en un 50% la dosis de fertilización mineral. El tratamiento, T3, T2 y T1, estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ), promovieron de 0.22 a 63.86% el crecimiento en plantas de lbes, exceptuando el tratamiento T1 y T3 de temporal, con diferencia estadística, indujeron hasta 23.27% sobre este parámetro de estimación. En relación, con el tratamiento T4 lograron los valores más bajos en el crecimiento *Phaseolus lunatus* L. (Figura 2).

Los resultados obtenidos mostraron que el crecimiento vegetativo en plantas de maíz criollo (*Zea mays* L.) e lbes (*Phaseolus lunatus* L.) se asocia con la interacción de los abonos orgánicos, solos o combinados con agentes de biocontrol y promotores de crecimiento vegetativo en diversos cultivos de importancia económica, se reduce al menos en un 50% la fertilización mineral (Chávez *et al.*, 2020; Vinci *et al.*, 2018; Kusuma, 2017).



**Figura 2. Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de lbes (*Phaseolus lunatus* L.) bajo el esquema de producción con riego de goteo y de temporal.**

Así como en este estudio, González *et al.* (2017) con diferentes dosis de vermicomposta: 4, 8, 16 y 32 t/ha combinada con la fertilización inorgánica al 50%, indujeron un buen desarrollo vegetativo en maíz de temporal. Sin embargo, Pedroza-Sandoval *et al.* (2015) mencionan que la vermicomposta, no influyó en el crecimiento y producción de maíz. Asimismo, en un experimento para contrarrestar la pudrición del tallo inducido por *Fusarium* spp. no encontraron resultados positivos en la promoción de crecimiento vegetativo de este cultivar, al disminuir la fertilización inorgánica con la composta y optimización del riego (López *et al.*, 2014). Este hecho, demuestra que la aplicación con los abonos orgánicos, tales como estiércol de bovino, composta y vermicomposta con adición de los fertilizantes inorgánicos lograron plantas más vigorosas de maíz (De Luna *et al.*, 2016). Aunque en este estudio, no se determinó la calidad nutrimental de los abonos orgánicos, esta hipótesis, se le atribuye al contenido de macronutrientes y de micronutrientes: N, Ca, Mg, Mn Fe, Cu y Zn (González *et al.*, 2013). También, se ha confirmado que la aplicación al 8% de las sustancias húmicas de estiércol de ganado para la formulación de conidias con *Trichoderma* sp. aumentan el crecimiento vegetativo de maíz dulce (Variedad Jago F1) pero su eficiencia de la absorción de NPK se



incrementa cuando se emplea la formulación de estas sustancias al 16 y 32%, respectivamente (Kusuma, 2017). Por otra parte, estos resultados no coinciden por lo reportado por Reyes *et al.* (2016) al evaluar la pollinza como abono orgánico, no evidenció diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), pero si favoreció las condiciones edáficas y la concentración alta de nitrógeno total al finalizar el ciclo del cultivo.

## **Conclusiones**

Se concluye que el maíz e lbes sembrado en la condición de riego o temporal, la vermicomposta y composta en dosis de 300 g por planta, enriquecidos con aislados fúngicos de *Trichoderma*, permiten reemplazar en 50% a los fertilizantes minerales en los cultivos de la milpa maya, sin demeritar el crecimiento de las plantas.

## **Agradecimientos**

Al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del estado de Yucatán por el apoyo otorgado en la producción de vermi y composta aplicados a los cultivos de maíz y de lbes, a través del proyecto: Conservación, uso sostenible, incremento de la capacidad productiva y revalorización de la milpa maya en Yucatán (YUC-2018- 03-01-119959). También al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo otorgado en las actividades para la generación del sustrato orgánico, a través del Proyecto con clave: 7729.20-P. “Sustrato económicamente viable para la producción masiva de especies de *Trichoderma* y su efecto en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).



## Literatura Citada

- Boege, S. E. 2010. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México, hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. México. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. p. 342.
- Candelerio D. C. J., J. Cristóbal A., A. Ramírez R., J. M. Tún S., M. M. Gamboa A. y S. E. Ruíz S. 2015 *Trichoderma* spp. Promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*. PHYTON. *International Journal of Experimental Botany* 84:113-119.
- Carrera, G. S., H. Navarro G., M. A. Pérez O. y B. Mata G. 2012. Calendario agrícola mazateco, milpa y estrategia alimentaria campesina en territorio de Huauteppec, Oaxaca. *Agric. Soc. Desarro* 9(4):455-475.
- Chávez, V. J. A., A. Torres G., A., E. A. Espinoza V. y D. E Zambrano P. 2020. Respuesta morfofisiológica de la raíz del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad SFL 11 en fase de semillero a la aplicación de cepa nativa de *Trichoderma* sp. y lixiviado de vermicompost bovino. *La Técnica. Rev. Agroc.* 23:13-24.
- González, S. K. D., M. N. Rodríguez M., L. I. Trejo T., J. Sánchez E. y J. L. García C. 2013. Propiedades químicas de tés de vermicompost. *REMEXCA* 5:901-911.
- González, C. J., C. Ramírez M. y A. Ávila B. A. 2017. Aplicación de vermicomposta y producción de biomasa en cultivo de maíz de temporal. *Rev. Cient. Biol. Agrop. Tux.* 5(2):27-35.
- De Luna, V. A., M. L. García S., E. Rodríguez G. y E. Pimienta B. 2016. Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Cienc. Natur. Agrop.* 3(8):46-52.
- Kusuma, K. R. E. 2017. The effect of formulation humic substance and *Trichoderma* sp. to increase production and growth of corn (*Zea Mays* L.). *J. Soil Sci. Agroclimatol.* 14(1):36-41.
- López, V. B. E., A. D. Armenta B., M. A. Apodaca S., J. R. Ruelas I., C. A. Palacios M. y E. Valenzuela E. 2014. Reducción de la fertilización sintética con composta y optimización del riego sobre la pudrición del tallo (*Fusarium* spp.) del maíz. *Sci. Agrop.* 5:121-133.
- Mariaca, M. R. M. 2015. La milpa maya yucateca en el siglo XVI: evidencias etnohistóricas y conjeturas. *Etnobiología* 13:1-25.





- Pedrosa-Sandoval, A., Yáñez-Chávez, L. G., Sánchez-Cohen, I. y Samaniego-Gaxiola, J. A. 2015. Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (4):375-381.
- Reyes, M., J., D. Martínez M., A. R. Andrés H. y T. Rodríguez R. 2016. El uso de pollinaza en el cultivo de frijol ejotero. *Rev. Latinoam. Amb. Cienc.* 7(15):1-9.
- Vásquez, G. A. Y., C. Chávez M., F. Herrera T. y F. Carreño M. 2018. Milpa y seguridad alimentaria: El caso de San Pedro El Alto, México. *Revista de Ciencias Sociales* 24(2):24-36.
- Vinci G., Cozzolino V., Mazzei P., Mondal H., Spaccini R. and Piccolo A. 2018. An alternative to mineral phosphorus fertilizers: The combined effects of *Trichoderma harzianum* and compost on *Zea mays*, as revealed by <sup>1</sup>H NMR and GC-MS metabolomic. *PLoS ONE*, 13(12):1-15.



## PRODUCCIÓN DE SEMILLA Y BIOMASA DE TRES LEGUMINOSAS CON ALTO POTENCIAL DE DESARROLLO EN VERTISOLES EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ

Clarisa Rodríguez Palacios<sup>1</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>1\*</sup>, Ángel Capetillo Burela<sup>1</sup>, Marco Antonio Reynolds Chavez<sup>1</sup>, Arnold Olguín Santos<sup>1</sup> y Abiut Espinoza Del Carmen<sup>1</sup>

---

### Resumen

A nivel mundial, los abonos verdes y los cultivos de cobertura han demostrado ser una tecnología exitosa principalmente para mantener la fertilidad del suelo y controlar las malezas en terrenos agrícolas. Para evaluar la producción de semilla y biomasa de *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis* en vertisoles del centro de Veracruz, en octubre 2018, en condiciones de temporal se estableció un experimento de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas al momento de la cosecha fueron: número de vainas por planta, número de granos por vaina, longitud de vainas, peso de grano, peso de cáscara de la vaina, relación vaina/semilla, porcentaje de semilla sana, peso de 100 semillas, índice de cosecha, y rendimiento de semilla y materia seca/ha. Se encontró que *C. ensiformis*, *M. pruriens* y *C. ensiformis* produjeron rendimientos de 6.80 y 6.61 t/ha de semilla, *C. juncea* registró un rendimiento de 1.64 t/ha. La especie con mayor número de granos por vaina, semillas más pesadas y sanas fue *C. insiformis*. Las especies más productivas de materia seca fueron *C. ensiformis* y *C. juncea*; sin embargo *C. ensiformis* presentó una mayor proporción del peso total en forma de hojas. La mayor proporción del peso de la semilla con respecto al peso total de la planta se encontró con *C. ensiformis* y la menor proporción fue registrada en *C. juncea*.

**Palabras clave:** *Mucuna pruriens*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*

---

<sup>1</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. zetina.rigoberto@inifap.gob.mx.



## Introducción

En la actualidad las especies leguminosas utilizadas como abonos verdes representan una buena alternativa para mejorar la fertilidad del suelo, porque además de aportar grandes cantidades de materia orgánica, tienen un rápido crecimiento y fijan nitrógeno atmosférico. Los suelos son la base de nuestra existencia (Sheng, 1990). La falta de conocimiento de los agricultores y el mal manejo que le dan al suelo produce una degradación continua de este recurso (Melara y Del Río, 1994) lo que hará que futuras generaciones no puedan producir el alimento necesario, porque no tendrán un lugar donde hacerlo. A nivel mundial, los abonos verdes y los cultivos de cobertura han demostrado ser una tecnología exitosa para mantener la fertilidad del suelo y controlar las malezas. Las numerosas ventajas de estos cultivos han hecho que sean adoptados en muchas partes del mundo (Bunch, 2004); entre las alternativas para incrementar la cantidad de materia orgánica del suelo (MOS) a bajo costo, está el uso de los abonos verdes en rotación continua con los cultivos comerciales; esta última práctica permite mejorar las condiciones nutricionales y estructurales del suelo al cubrirlo y protegerlo de los agentes erosivos naturales. A pesar que existe una gran diversidad de leguminosas tropicales, son pocos los trabajos realizados enfocados a evaluar su tasa de crecimiento y rendimiento de semilla en condiciones de campo, por lo que muchos productores y técnicos desconocen el comportamiento de estas especies en ciertos ambientes específicos de suelos y climas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar en el ciclo otoño-invierno la producción de semilla y biomasa en las especies leguminosas tropicales *C. juncea*, *M. pruriens* y *C. ensiformis* en un suelo vertisol del centro de Veracruz.

## Materiales y Métodos

El experimento fue establecido en el Campo experimental Cotaxtla, ciclo otoño-invierno de 2018, en condiciones de temporal. Geográficamente se localiza a los 18° 55' 49.67" N y 96° 11' 32.06" O a 18 m de altura. El clima es cálido subhúmedo (AW1) con lluvias en verano, precipitación anual de 1300 mm, temperatura promedio máxima 25.5°C (García, 1981).



Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, la unidad experimental fue de 25 m<sup>2</sup> (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos, densidad de siembra y siembra y de población de las tres especies leguminosas incluidas en el ensayo experimental.**

Especie leguminosa	Densidad de población (Plantas/ha)	Distancia entre surcos (m)	Distancia entre plantas (m)	Densidad de siembra (kg/ha)
<i>Crotalaria juncea</i>	750 000	Voleo	Voleo	30
<i>Mucuna Pruriens</i>	20 000	1.0	.50	5
<i>Canavalia ensiformis</i>	50 000	0.8	.50	20

La siembra se realizó el 24 de octubre 2018, en forma manual y en ninguna de las tres especies se utilizó la fertilización química complementaria. La maleza se controló manualmente en tres ocasiones: la primera con un azadón a los 20 días después de la germinación (DDG) y las dos últimas (50 y 90 días) con una desbrozadora de hilo. A los 20 días después de la geminación de las semillas se observó la presencia de *Diabrotica balteata* e *Estigmene acrea*, que fueron controladas con aspersiones foliares de cipermetrina, dirigidas, en dosis de 1 mL/L de agua. Se midió el número de plantas cosechadas, de acuerdo con las distancias entre surco y planta se estimó el número de plantas por hectárea para determinar los rendimientos de materia verde y seca, porcentaje de cobertura a los 60 DDG se determinó el porcentaje de cada especie de leguminosa; número de vainas por planta; para *M. pruriens* y *C. ensiformis* las vainas fueron contabilizadas en cinco plantas seleccionadas al azar; mientras que, para *C. juncea* se seleccionaron 10 plantas. Del del total de vainas cosechadas se seleccionaron al azar 15 de ellas para determinar el número de granos por vaina, su longitud y diámetro en la parte central. El peso de las semillas producidas por vaina, de la cáscara se midió en una báscula electrónica de precisión a 0.01 g; para el caso de *C. juncea* se utilizaron lotes de cinco vainas considerando su tamaño pequeño. La relación vaina/semilla se obtuvo dividiendo el peso total de la semilla entre el peso de la vaina, multiplicado por 100. El porcentaje de semilla sana fue valorado dividiendo el número de semillas sanas entre el número total de semilla, multiplicado por 100. El peso de 100 semillas se midió seleccionando 100 semillas sanas al azar. El índice de cosecha se calculó dividiendo en peso total de semilla producida entre el peso total de materia seca. El rendimiento de semilla fue obtenido cosechando toda la parcela útil. El rendimiento de



materia seca se midió cosechando la materia verde existente en un cuadrado de 50 x 50 cm en tres sitios seleccionados al azar dentro de cada parcela útil. Cada una de las muestras fue separada por órgano vegetativo (raíz, tallo, hoja, vainas y flor) y pesada. Finalmente, una muestra de materia verde de cada órgano fue pesada en fresco e introducidas en una estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante. El rendimiento de materia seca se obtuvo mediante el procedimiento descrito por Gardner *et al.*, 1986. El rendimiento de cada órgano y semilla fue extrapolado a toneladas de materia seca y materia verde por hectárea. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) y comparación de medias de Tukey ( $p\leq 0.05$ ) con el paquete estadístico Infostat ver. 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020) para estudiante.

## Resultados y Discusión

### Número de plantas cosechadas

De acuerdo con las distancias entre surco y planta se estimó el número de plantas por hectárea para determinar los rendimientos de materia verde y seca. Los resultados fueron: *C. juncea*: 1'140,000 plantas/ha, *C. ensiformis*: 25 000 plantas/ha, *M. pruriens*: 20,000 plantas/ha.

### Porcentaje de cobertura

A los 60 días después de la germinación (DDG) se determinó el porcentaje de cobertura de cada especie de leguminosa; *M. pruriens* presentó una mayor cobertura y eficiencia para el control de la maleza, con un 99% de cobertura, seguida por *C. juncea* quien obtuvo un 98%, *C. ensiformis* fue la especie que presentó una cobertura menor al tener un promedio de 70%.

### Producción de biomasa al momento de la cosecha

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio obtenidos para la producción de biomasa, al momento de la cosecha de tres leguminosas tropicales (*C. ensiformis*, *M. pruriens* y *C. Juncea*), establecidas en un vertisol del centro de Veracruz.

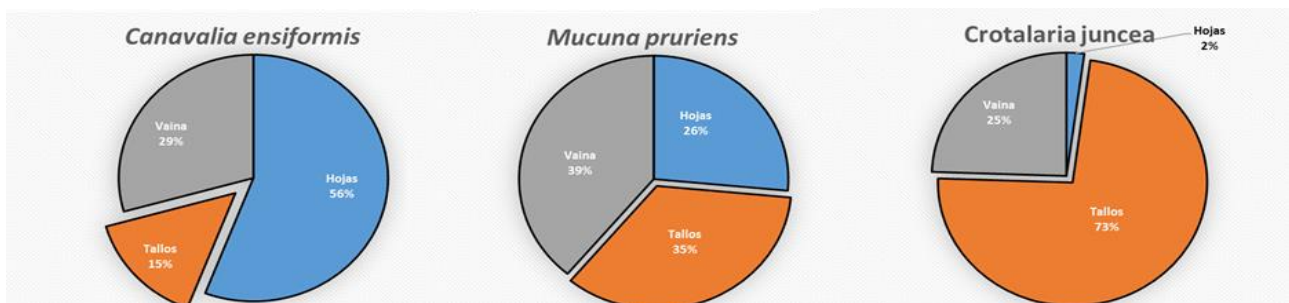
Para la variable hojas, el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas entre tratamientos, *C. ensiformis* con un promedio de 5.93 fue superior a *M. pruriens* y *C. juncea* siendo estas últimas significativamente iguales con un rendimiento de hojas promedio de 1.15 y 0.39 t/ha, respectivamente.



**Cuadro 2. Producción de biomasa, al momento de la cosecha, en tres leguminosas tropicales cultivadas en un vertisol de Medellín de Bravo, Ver. Ciclo O-I 2018-2019.**

Especie	Rendimiento t/ha			
	Hojas	Tallos	Vaina	Total
<i>C. ensiformis</i>	5.93 a	1.57 b	3.12 a	10.63 b
<i>M. pruriens</i>	1.15 b	1.50 b	1.69 b	4.34 c
<i>C. juncea</i>	0.39 b	13.50 a	4.50 b	18.39 a
Promedio	2493.75	5525.00	2255.00	10273.75
C.V.	19.68	14.36	13.73	3.01
Significancia	**	**	**	**

Los valores promedio en rendimiento de tallo presentaron diferencias altamente significativas, sin embargo, a diferencia de lo observado en las hojas, el T1 (1.57 t/ha) y T2 (1.50 t/ha) fueron estadísticamente iguales e inferiores al T3 que produjo 13.5 t/ha de tallo, el cual obtuvo un rendimiento promedio muy superior. En el rendimiento de vaina se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos *C. ensiformis* obteniendo un promedio de 3.12 t/ha, seguida por *C. juncea* y *M. pruriens* que presentaron un promedio de 4.50 y 1.69 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, para el caso de *C. juncea* el órgano más pesado fue el tallo, mientras que para la *C. ensiformis* fueron las hojas y para *M. pruriens* el peso de sus órganos (hoja, tallo y vaina) fueron relativamente iguales con un peso ligeramente mayor atribuido a la vaina (Figura 1).



**Figura 1. Distribución porcentual del peso fresco de los órganos de tres leguminosas tropicales al momento de la cosecha, cultivadas en un vertisol del centro de Veracruz, Ciclo O-I 2018-19.**



### Producción de materia seca

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedio obtenidos para la producción del peso seco de tres leguminosas tropicales (*C. ensiformis*, *M. pruriens* y *C. Juncea*), establecidas en un vertisol del centro de Veracruz.

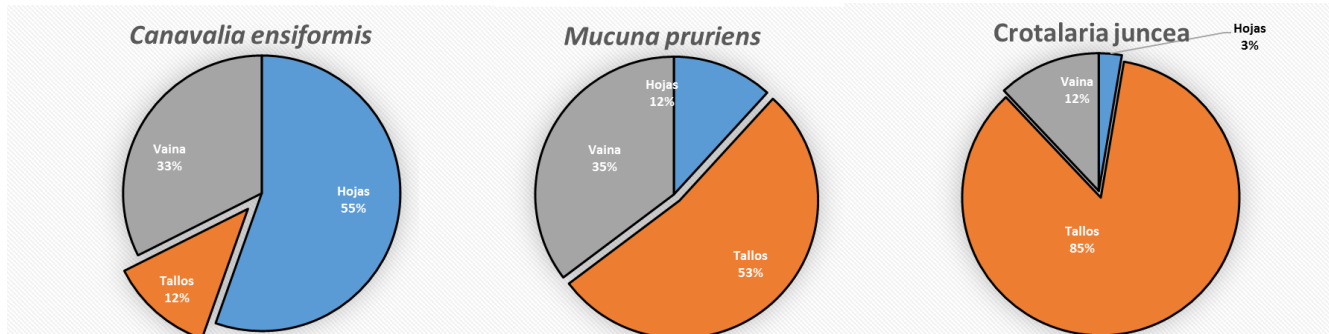
**Cuadro 3. Producción de biomasa seca de 3 leguminosas tropicales en vertisoles del municipio de Medellín de Bravo, Ver. Ciclo O-I 2019.**

Especie	Rendimiento t/ha			
	Hojas	Tallos	Vaina	Total
<i>C. ensiformis</i>	4.1	0.9	2.4	7.4
<i>M. pruriens</i>	0.2	0.9	0.6	1.8
<i>C. juncea</i>	0.2	6.4	0.9	7.5
Promedio	1500.56	2750.52	1307.32	5558.40
C.V.	22.10	13.91	16.24	9.81
Nivel de significancia	**	**	**	**

Los aportes de materia seca al momento de la cosecha variaron de 1.8 a 7.5 t/ha, en las leguminosas *M. pruriens* y *C. juncea*, respectivamente. El órgano más pesado de la planta de *C. juncea* fue el tallo, mientras que para *C. ensiformis* fueron las hojas. El análisis estadístico registró diferencias entre tratamientos, en este caso *C. ensiformis* y *C. juncea* registraron una producción de materia seca estadísticamente igual ( $p=0.001$ ) y superiores a *M. pruriens* la cual sólo produjo un total de 1.8 t/ha de materia seca. Se concluye que para las condiciones en que se condujo el experimento, las especies más productivas de materia seca, al momento de la cosecha de semilla, fueron *C. ensiformis* y *C. juncea*; sin embargo, si se busca una rápida y fácil incorporación de los residuos de cosecha, desde el punto de vista agronómico, resulta más conveniente el uso de *C. ensiformis* por tener una mayor proporción del peso total en forma de hojas lo que garantiza una más rápida descomposición. Al observar las relaciones que guardan los pesos secos de cada uno de los órganos, con respecto al peso total se observó que las tendencias encontradas en el peso fresco se mantuvieron; sólo se observó un ligero incremento con relación al peso del tallo en *M. pruriens*. Los resultados obtenidos son de gran utilidad si se trata de seleccionar al material que más fácilmente puede ser integrado al suelo y, además, puede ser más rápidamente degradado por los microorganismos del suelo para un más rápido aporte de nutrientes para las plantas. En este caso se encontró que *C.*



*ensiformis* tiene con un mayor peso seco de hojas (Figura 2), y por tanto, un mayor contenido de tejidos fácilmente degradables, que podría hacer más viable su rápida degradación al contener una mayor proporción de compuestos lábiles, en comparación con las otras dos leguminosas que poseen una mayor proporción de tallos fibrosos difícil de desintegrar por la fauna del suelo debido a su mayor contenido de lignocelulósicos.

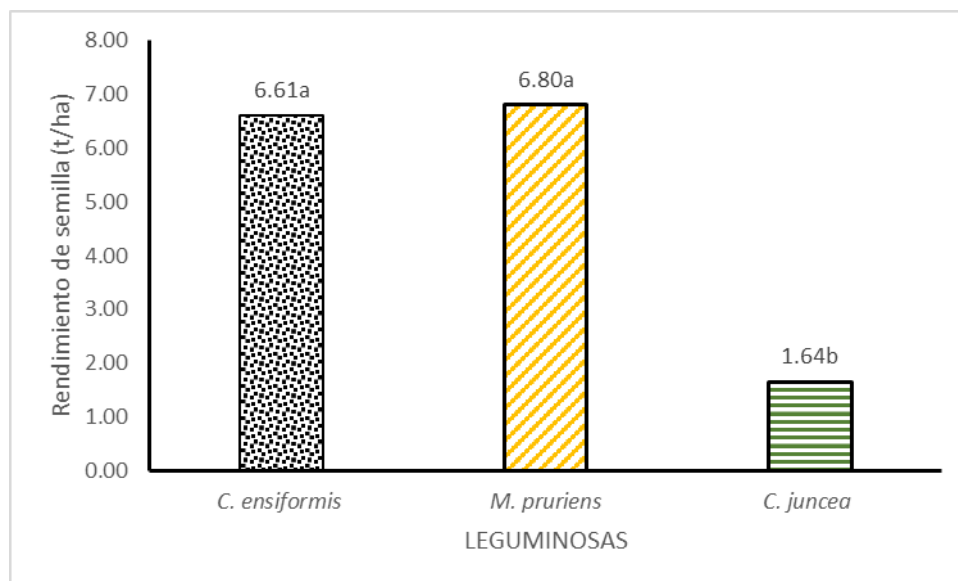


**Figura 2. Distribución porcentual del peso seco de los órganos de tres leguminosas tropicales al momento de la cosecha, cultivadas en un Vertisol del centro de Veracruz, Ciclo O-I 2018-19.**

### Rendimiento de semilla

En la Figura 3 se presenta el rendimiento de semilla, en t/ha, de tres leguminosas tropicales cultivadas en un vertisol del centro de Ver. Para la variable rendimiento de semilla el análisis de varianza registró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. *M. pruriens* (6.80 t/ha) y *C. ensiformis* (6.61 t/ha) fueron estadísticamente iguales y superiores a *C. juncea* que registró un rendimiento más bajo 81.64 t/ha).





**Figura 3. Rendimiento de semilla de tres leguminosas tropicales cultivadas en un vertisol del centro de Veracruz en el ciclo O-I 2018-19.**

#### **Variables asociadas al rendimiento de semilla**

En el Cuadro 4 se muestran los promedios del tamaño de vaina, peso de semilla, cáscara y la relación entre el peso total de la vaina y el peso de la semilla para las tres especies de leguminosas incluidas en el experimento. Se encontraron diferencias significativas para todas las variables analizadas.

**Cuadro 4. Tamaño y peso de vaina y su relación con el peso de la semilla al momento de la cosecha en tres leguminosas tropicales establecidas en un vertisol del centro de Veracruz, ciclo OI-2018-19.**

Especie	Largo vaina (cm)	Ancho de vaina (cm)	Peso total de la vaina (g)	Peso de la semilla (g)	Peso de cáscara (g)	% semilla con relación al peso total
<i>Canavalia ensiformis</i>	27.4 a	2.49 a	29.54 a	19.75 a	9.79 a	66.85 a
<i>Mucuna pruriens</i>	9.0 b	1.65 b	6.32 b	3.9225 b	2.40 b	62.09 ab
<i>Crotalaria juncea</i>	3.0 c	1.1 c	0.2 c	0.1 c	0.09 b	57.5 b
Promedio general	13.2	1.75	12.02	7.93	4.09	62.7
C.V.	5.7	4.58	25.14	20.74	3.51	18.86
Probabilidad	**	**	**	**	**	*



Las vainas más grandes (27.4 cm de largo x 2.49 cm de ancho) y pesadas (29.54 g) fueron las de *C. ensiformis*, mientras que las más pequeñas (3.0 cm de largo x 1.1 cm de ancho) y menos pesadas (0.2 g) fueron las de *C. juncea*. De igual manera la semilla más pesada (19.75 g) fue de *C. ensiformis* y la más ligera (0.1 g) de *C. juncea*. Aun que se encontraron diferencias significativas para la variable % de semilla con relación al peso total de la vaina y los tamaños de vainas y semillas fueron estadísticamente diferentes, se observó que las proporciones fueron muy similares.

En el Cuadro 5 se muestran los promedios relacionados con el peso y la sanidad de la semilla de las tres especies de leguminosas tropicales incluidas en el experimento. A excepción del número de semillas dañadas por vaina, se encontraron diferencias significativas en todas las variables analizadas.

**Cuadro 5. Peso de 100 semillas, número de semillas por vaina y sanidad de semilla en tres leguminosas tropicales establecidas en un vertisol del centro de Veracruz, ciclo OI-2018-19.**

Especie	Peso de 100 semillas (g)	Número de semillas por vaina	Peso promedio de una semilla (g)	Número de semillas dañadas por vaina	% de semilla sana por vaina
<i>Canavalia ensiformis</i>	146.2 a	11.83 a	1.46 a	0.33	97.25 a
<i>Mucuna pruriens</i>	71.1 b	5.08 b	0.71 b	0.25	95.07 a
<i>Crotalaria juncea</i>	3.1 c	4.26 b	0.03 c	0.73	82.99 b
Promedio general	73.5	7.05	0.7	0.43	91.77
Coeficiente de variación	4.7	7.06	1.30	60.90	58.67
Probabilidad	**	**	**	NS	*

Las semillas más pesadas fueron las de *C. ensiformis* (146.2 g/100 semillas) y las menos pesadas las de *C. juncea* (3.1 g/100 semillas); esto implica que un kg de semilla de canavalia contiene alrededor de 684.6 semillas, mientras que, de mucuna contiene 1406.4 semillas y la de crotalaria alcanzan un total de 32119.5 semillas. El número de semillas por vaina en *C. ensiformis* es más alta (11.83) y estadísticamente diferentes a las otras dos especies que contienen entre 4.26 y 5.08 semillas por vaina. La sanidad de la semilla es un factor importante y depende mucho de la protección que ofrece la cáscara de la vaina. En este caso los porcentajes de sanidad más altos los registraron las especies de *C. ensiformis* (97.25%) y *M.*



*pruriens* (95.07%) que fueron estadísticamente iguales y superiores a la sanidad de las semillas de *C. juncea* (82.99%). Esta especie se caracteriza por tener una cáscara más delgada lo que ofrece mayor facilidad para que la humedad la traspase y los insectos la perforen para depositar sus huevecillos o para alimentarse de las semillas.

## Conclusiones

En el ciclo otoño-invierno las especies de leguminosas *M. pruriens* y *C. ensiformis* presentaron un rendimiento de semilla de 6.80 y 6.61 t/ha, mientras que *C. juncea* registró el rendimiento más bajo equivalente a 1.64 t/ha. Las especies más productivas de materia seca, al momento de la cosecha de semilla, fueron *C. ensiformis* y *C. juncea*; sin embargo, si se busca una rápida incorporación de los residuos, resulta más conveniente el uso de *C. ensiformis* que presentó una mayor proporción del peso total en forma de hojas. La mayor proporción del peso de la semilla con respecto al peso total de la planta se encontró en la especie *C. ensiformis*, mientras que, la menor proporción fue registrada en *C. juncea*.

## Literatura Citada

- Bunch, R. 2004. Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. LEISA Revista de Agroecología, 19(4):11-13.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C. W. Robledo. 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen. Tercera ed. 252 p.
- Gardner, W. H. 1986. Water content, in: Klute, A., Campbell, G.S., Jackson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (eds.), Methods of soil Analysis. Part I, ASA and SSSA, Madison, WI, USA, pp.493-544.
- Melara, W., y Del Rio I. 1994. Uso de labranza mínima y leguminosas de cobertura en Honduras *In* Thurston, H. David; Smith, Margaret E.; Abawi, George S.; Kears, S (eds) Tapado: Los sistemas de siembra con cobertura.



Sheng T. C. 1990. Conservación del suelo para pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de suelos de la FAO no. 60. Servicio de Recursos Fomento y Conservación de Suelos. FAO Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma, Italia. 122p.

[https://books.google.com.mx/books?id=vgnqtznvryyc&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=vgnqtznvryyc&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) [consultado el 24 de enero de 2019]



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN VIVERO EN VERACRUZ, MÉXICO

*Abiut Espinoza Del Carmen<sup>1</sup>, Ángel Capetillo Burela<sup>2</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>2\*</sup>, Cristian Matilde Hernández<sup>2</sup>, María de Lourdes Andrea Cortes Espinosa<sup>1</sup> y Joel Lara Serna<sup>2</sup>*

---

### Resumen

En México, existe una gran diversidad de sustratos comerciales que son utilizados por viveristas; se caracterizan por ser caros y difíciles de conseguir en las zonas rurales. Otros son elaborados por el propio productor, dando lugar a un producto estable de alto valor nutricional. A partir de 2019 en México se implementó el programa federal “Sembrando Vida” que contempla el establecimiento de especies frutícolas y forestales en más de 350 mil hectáreas. Como no existe material biológico suficiente en los viveros regionales, en la mayoría de los casos, los “sembradores” decidieron producir su propia planta para reducir costos de establecimiento. Se requiere de información precisa de sustratos que puedan ser utilizados por los “sembradores para el establecimiento de sus viveros”. Para evaluar las propiedades físicas de cinco sustratos regionales para la producción de plantas en vivero, se estableció un experimento de campo con un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Peat moss, T2: Sustrato 1 (5% arena + 20% lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% cascarilla de *C. juncea*), T3: Sustrato 2 (10% arena + 50% lombricomposta + 30% de tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. júncea* + 3% de polihalita + 2% fosfato de calcio), T4: Sustrato 3 (12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% de tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de polihalita + 1% de fosfato de calcio) y T5. Arena de río. Las variables determinadas fueron: temperatura, densidad aparente, contenido de humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y resistencia a la penetración. De acuerdo con las condiciones edafoclimáticas y de manejo en la que se desarrolló el presente trabajo se concluyó que el Sustrato 1 presentó

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz Carretera J. Rodríguez Clara- Nopalapan Km. 1 Colonia las bodegas C.P. 95670, Juan Rodríguez Clara, Veracruz,

<sup>2</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. México. zetina.rigoberto@inifap.gob.mx.



los valores más cercanos al sustrato comercial de referencia (peat moss) y el Sustrato 2 presentó valores de pH y características físicas similares al peat moss; estos fueron mejores que los resultados obtenidos con la arena, pero menos optimas que el peat moss y el Sustrato 1.

**Palabras clave:** arena, lombricomposta, polihalita y peat moss

## Introducción

En México, existe una gran diversidad de materiales que son utilizados como fuente de materia orgánica para el suelo, algunos son incorporados en forma fresca como es el caso de los abonos verdes, otros son procesados de forma natural o inducida como los abonos orgánicos que son el resultado de la descomposición de residuos vegetales y animales dando lugar a un producto estable de alto valor nutricional; estos productos pueden ser clasificados por su origen como agrícolas, ganaderos, forestales, industriales y urbanos (Libreros, 2012). Por lo general, los abonos orgánicos son producidos a partir del proceso de compostaje y en algunos casos pueden ser reforzados con ingredientes como cal agrícola, zeolita y fosfato de calcio para mejorar sus propiedades físicas y químicas, propiciando una asimilación inmediata por las plantas (Gómez y Vásquez, 2011). En México, la mayoría de los viveros frutícolas y forestales no le dan la debida importancia al sustrato que utilizan en el llenado de sus envases de siembra para vivero, esto puede traer como consecuencia un pobre desarrollo vegetativo en las plantas (Burés, 1997). Recientemente, el gobierno de México implementó el programa federal denominado “Sembrando Vida”; en el cual uno de sus componentes es el establecimiento de especies frutícolas y forestales en más de 350 mil hectáreas. Dado que no existen el material biológico suficiente en los viveros regionales, en la mayoría de los casos los “sembradores” decidieron producir su propia planta para, entre otros factores, reducir sus costos de producción. Para lograr sus propósitos, será necesario que los productores dispongan de un sustrato de bajo costo, fácil de elaborar con materiales regionales (tierra de monte, cenizas, lombricompostas, bokashi, estiércoles), que cuente con las características físicas y químicas idóneas (pH adecuados, bajos niveles de compactación y mayor retención de humedad) y que



a la vez pueda aportar nutrición “*in situ*” para las primeras etapas de desarrollo vegetativo de los cultivos, sin el uso de fertilizantes químicos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las propiedades físicas de cinco sustratos (tres elaborados con materiales regionales, uno comercial (peat moss) y un testigo absoluto (arena de río) para la producción de plantas en etapa de vivero.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación geográfica**

La Investigación se realizó en los terrenos del campo experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el cual se ubica en el km 34.5 de la Carretera Federal Veracruz-Córdoba del municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, en las coordenadas geográficas 18°56´1.8 LN” y 96° 11´35.5” LW a 14 metros de altitud. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en Verano (Aw2), temperatura media anual de 25°C, precipitación anual de 1292.6 mm y humedad relativa promedio de 87% (García, 1981). El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Peat moss, T2: Sustrato 1 (5% arena + 20% lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% cascarilla de *C. juncea*), T3: Sustrato 2 (10% arena + 50% lombricomposta + 30% de tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. júncea* + 3% de polihalita + 2% fosfato de calcio), T4: Sustrato 3 (12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% de tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de polihalita + 1% de fosfato de calcio) y T5: Arena de río.

### **Caracterización de sustratos**

En cada uno de los sustratos fueron determinadas las variables de temperatura, densidad aparente, contenido de humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y resistencia a la penetración; las metodologías empleadas se citan en párrafos posteriores. Se utilizaron ocho kilogramos por cada uno de los sustratos, los cuales fueron colocados en recipientes de plástico con capacidad para 20 L; cada uno de ellos con perforaciones múltiples en la parte inferior del recipiente para permitir el libre desplazamiento del agua gravitacional aplicada al sustrato. Después, el sustrato se humedeció hasta saturarlo y se dejó en reposo a



la sombra para permitir el libre drenado del agua y la evaporación superficial correspondiente. Después de 24, 48, 72 y 144 horas de reposo se midieron las siguientes variables:

**PH.** En cada uno de los sustratos elaborados, homogenizados y secos, se tomaron cuatro muestras de 20 g, para determinar el pH según se especifica en la metodología AS-02 de la NOM 021 SEMARNAT 2000.

**Temperatura.** Medida directamente en los recipientes con un termómetro de suelo (aguja) marca Metrón, el cual se introdujo a 10 cm desde la superficie del sustrato. La lectura se tomó cuando la aguja indicadora de temperatura se estabilizó.

**Densidad aparente.** Se utilizó el método del cilindro descrito por (Gabriels y Lobo 2006). Para tal efecto, se utilizó un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura (98.175 cm<sup>3</sup>), el cual fue introducido desde la parte superficial del sustrato. La muestra de sustrato obtenida fue secada a 70 °C en una estufa de aire forzado hasta obtener peso constante.

**Resistencia a la penetración.** Se utilizó un penetrómetro de bolsillo marca “TR” graduado en libras/cm<sup>2</sup>. La lectura se tomó desde la superficie, ejerciendo presión sobre el penetrómetro hasta que éste alcanzó una profundidad de 5.0 cm, esta actividad se realizó 24, 48, 72 y 144 horas de reposo después de la saturación de cada uno de los sustratos.

**Contenido de humedad.** El contenido de agua que cada sustrato fue capaz de retener durante los primeros seis días (144 h) se estimó directamente colectando, en cada cubeta, una muestra del sustrato de 0 a 10 cm de profundidad, lo que aproximadamente representa las dos terceras partes del total de la altura del sustrato en la cubeta (y también en la bolsa de vivero). La muestra obtenida se pesó en una báscula electrónica con precisión de 0.01 g inmediatamente después de haber sido colectada. Después, se puso a secar en una estufa de aire forzado, a 70°C, hasta alcanzar peso constante. El contenido de humedad en el suelo fue estimado de acuerdo con la ecuación citada por (Gardner, 1986). Capacidad de campo. Para esta variable se utilizaron los datos obtenidos del contenido de humedad a las 24 horas para arena, 48 horas para los tratamientos 2, 3 y 4 y 72 horas para el peat moss. Se utilizó la metodología descrita por (García *et al.*, 2012), la cual se estima mediante la siguiente ecuación:

$$HP\% CC = (\text{Peso Fresco a CC} - \text{Peso Suelo Seco}) / \text{Peso Suelo Seco} * 100$$

Donde:

$$HP\% CC = \text{Porcentaje de humedad a capacidad de campo}$$





**Punto de marchitez permanente.** Se estimó de acuerdo con la ecuación de Silva *et al.*, (1998), mencionada por (García *et al.*, 2012). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$HP\% PMP = HP\% CC * 0,74 - 5$$

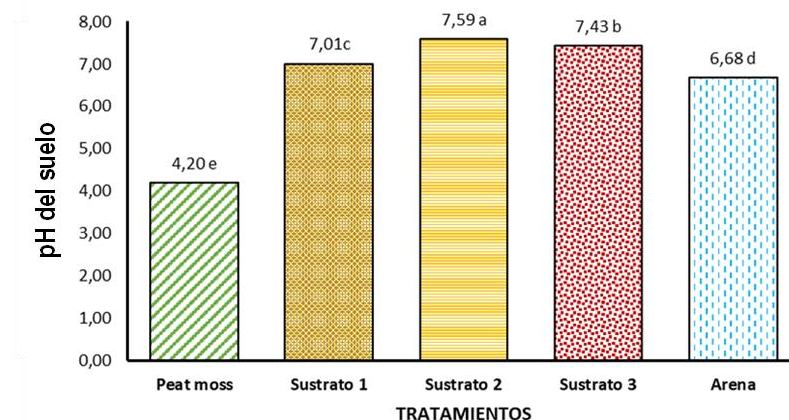
Donde

*HP% PMP* = Porcentaje de Humedad a Punto de marchitez permanente

*HP% CC* = Porcentaje de humedad a capacidad de campo

## Resultados y Discusión

**pH.** Para los valores de pH se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), debido que el tratamiento más ácido fue el peat moss (Tratamiento 1) con un pH de 4.2, mientras que los tres sustratos preparados con materiales regionales mostraron valores neutros (T2) y ligeramente básicos (T3 y T4). La arena presentó un valor de pH ligeramente ácido (6.68) y fue significativamente menor que los Tratamientos 2, 3 y 4. En la práctica, un pH extremadamente ácido, como el encontrado en el Peat moss, puede afectar la germinación de las semillas (Puente *et al.*, 1992) y el crecimiento inicial de las raíces (Horst *et al.*, 2010); (Barboza, 2021) situación que puede influir de manera negativa en el crecimiento y vigor vegetativo de las plantas (Figura 1).

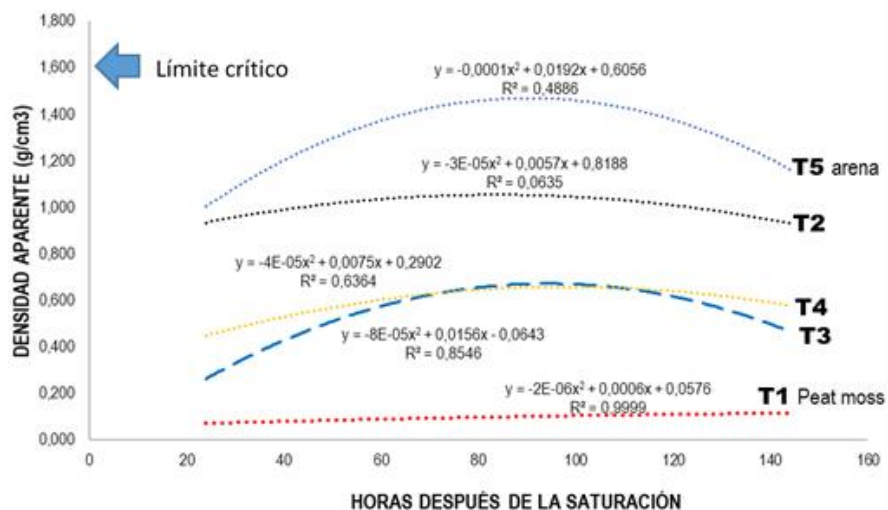


**Figura 1.** Valores de pH en agua relación 1:2 suelo solución, registrado por sustratos comerciales y elaborados con materiales regionales de la zona centro del estado de Veracruz.



**Sustrato 1:** 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*. **Sustrato 2:** 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pahalita + 2% de fosfato de calcio. **Sustrato 3:** 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pahalita + 1% de fosfato de calcio.

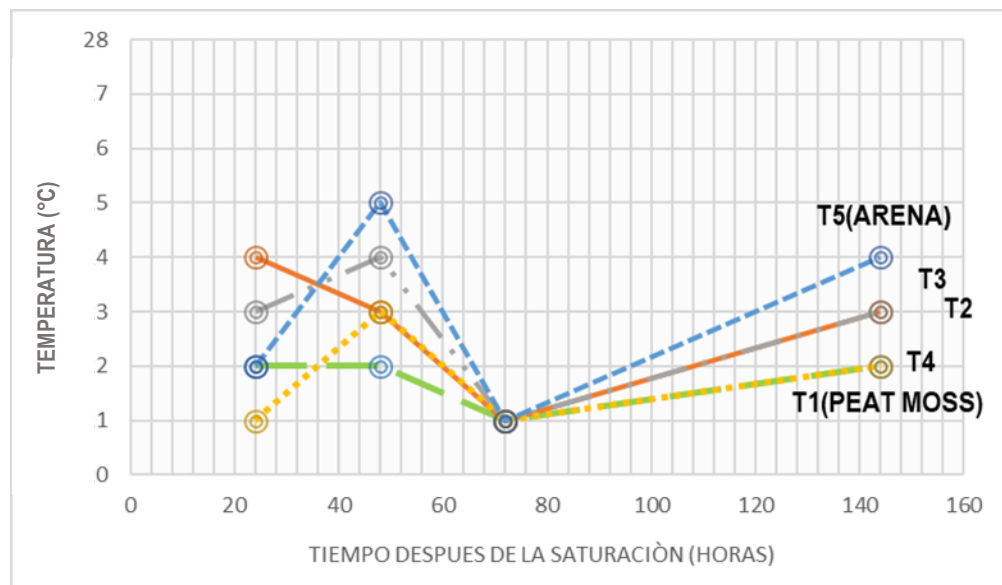
**Densidad aparente.** Los resultados obtenidos indican que el Tratamiento 2, elaborado con 5% arena + 20% lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% cascarilla de *C. juncea*, tuvo un comportamiento similar al Tratamiento 5, elaborado con 100% de arena; ambos fueron los que alcanzaron los valores más altos de compactación. En tanto que los Tratamientos 3 y 4 tuvieron un comportamiento similar, intermedio entre los valores de referencia registrados por la arena y el peat moss. Estos resultados (Figura 2) sugieren que ambos tratamientos se compactan menos que la arena y T2 y un poco más de que el peat moss. Ambos tratamientos, T4 y T3 podrían presentar características aceptables de bajos niveles de compactación a medida que pierden humedad ya que sus valores quedan razonablemente distantes del límite crítico de 1.6 g/cm<sup>3</sup> señalado por (Sánchez-Vera, 2003).



**Figura 2.** Curvas de tendencia de la densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>), durante las primeras 144 horas después de su saturación, registradas por un sustrato comercial y cuatro elaborados con materiales regionales de la zona centro del estado de Veracruz. T2: 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*. T3: 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pahalita + 2% de fosfato de calcio. T4: 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pahalita + 1% de fosfato de calcio. \*



**Temperatura.** La temperatura de los tratamientos, está directamente relacionados a la temperatura ambiente. En este trabajo fue posible observar cómo, a pesar de que todos los tratamientos fueron saturados con agua corriente, el T5 (Arena) alcanzó los cambios de temperatura más fuertes y los valores más altos, especialmente a las 144 h. También se puede notar (Figura 3) como el T4 presenta valores de temperatura similares a los de T1 (Peat moss), especialmente después de las 72 horas; siendo proporcional con la cantidad de humedad que se retiene en estos; a diferencia de los Tratamientos 2 y 3, en los que se encuentran valores no tan similares. Cabe mencionar que prácticamente todos los valores observados de temperatura en el suelo se encuentran dentro del rango óptimo (20 a 30 °C), esto debido a que la evaluación de los tratamientos se realizó a la sombra en condiciones similares a la de los viveros comerciales.

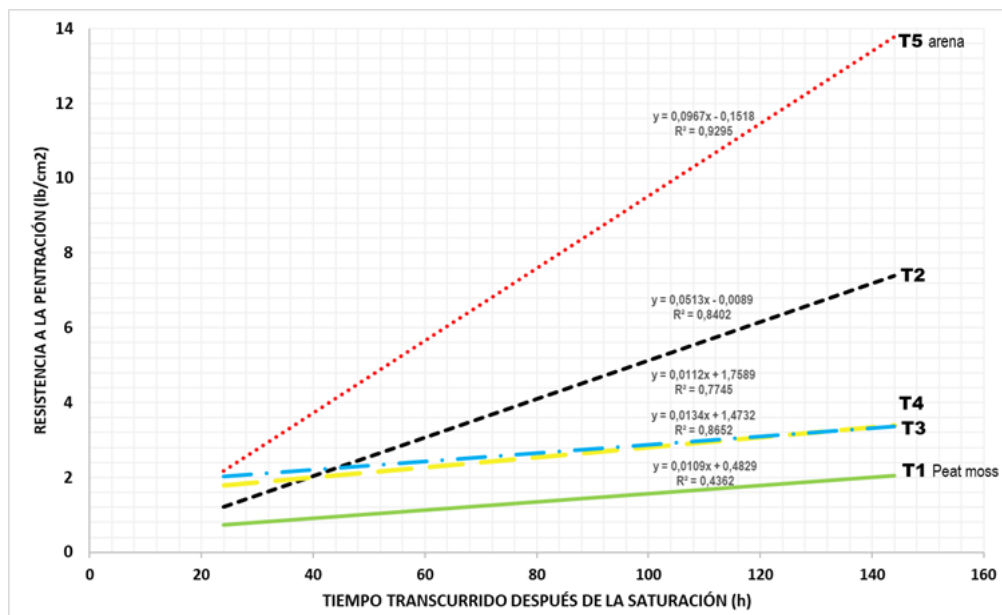


**Figura 3.** Tendencia de la temperatura del suelo (°C) a la profundidad de 10 cm, durante las primeras 144 horas después de su saturación, registradas por un sustrato comercial y cuatro elaborados con materiales regionales de la zona centro del estado de Veracruz. T2: 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*. T3: 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pahalita + 2% de fosfato de calcio. T4: 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pahalita + 1% de fosfato de calcio.

**Resistencia a la penetración.** Esta variable está íntimamente asociada al contenido de humedad y la densidad aparente de los tratamientos. A mayor contenido de humedad y



menores valores de densidad aparente generalmente los tratamientos ofrecen una menor resistencia a la penetración y la infiltración del agua (Demuner *et al.*, 2013). Los tratamientos de referencia registraron los valores más bajos (T1: Peat moss) y altos (T5: Arena) de resistencia a la penetración, especialmente a las 144 h después de la saturación de los tratamientos, precisamente cuando se había perdido el mayor contenido de humedad. Los sustratos de los T3 y T4 presentan valores idénticos siendo los que más se acercan al testigo comercial (peat moss); mientras que T2 registró valores sensiblemente más altos de resistencia a la penetración, con valores y tendencia similares a los de la arena, (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2018) (Barbaro *et al.*, 2019) (Figura 4).



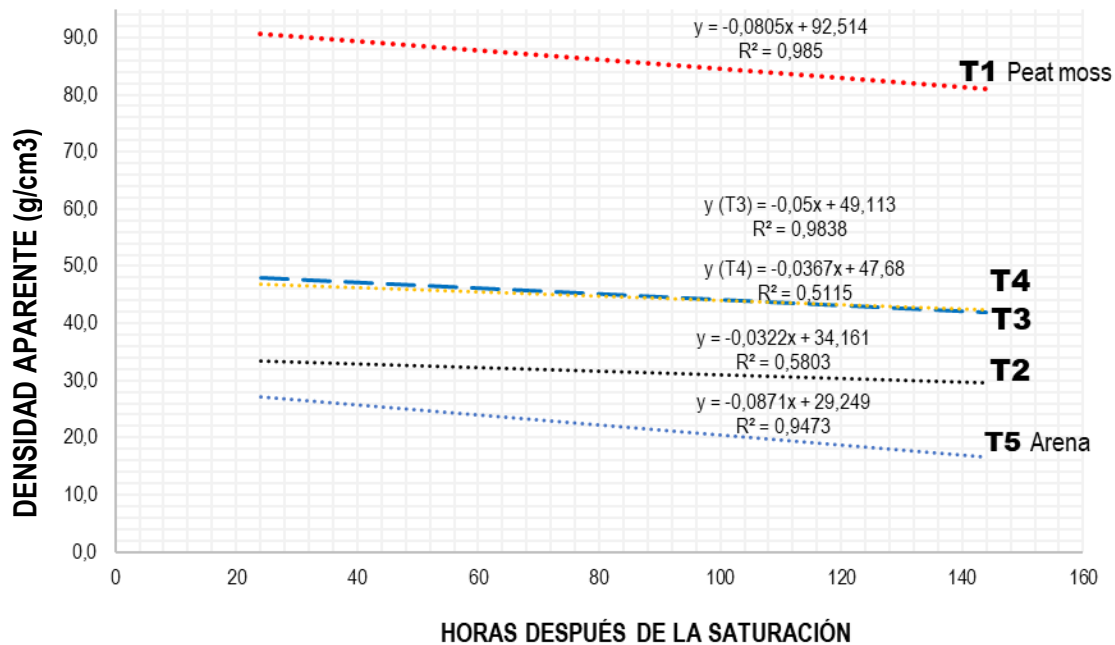
**Figura 4. Tendencia de la resistencia a la penetración en el suelo (lb) a la profundidad de 5 cm, durante las primeras 144 horas después de su saturación, registradas por un sustrato comercial y cuatro elaborados con materiales regionales de la zona centro del estado de Veracruz. T2: 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*. T3: 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pahalita + 2% de fosfato de calcio. T4: 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pahalita + 1% de fosfato de calcio.**

De acuerdo con los resultados obtenidos, de los tres tratamientos preparados con materiales regionales, pueden proporcionar una mejor cama de siembra y desarrollo de las raíces del cultivo con los T3 y T4. Los tratamientos que ofrecen menor resistencia a la penetración



generalmente facilitan el desarrollo adecuado del sistema radical lo que coadyuva a que la planta incremente sustancialmente sus niveles de absorción de agua y nutrientes.

**Retención de humedad.** Una correcta estimación del contenido real de humedad en los suelos es importante debido a que se pueden conocer periodos de sequía o del comportamiento del agua al interior del perfil de esta manera determinar la frecuencia y la lámina de riego. Un buen sustrato debe retener la humedad por un tiempo prolongado, pero debe tener un buen drenaje para evitar que el exceso de agua ocasione una baja disponibilidad de oxígeno para las raíces o bien propicie la aparición de enfermedades (Burés, 1998). El modelo que mejor ajuste presentó para esta variable fue el lineal con valores de R<sup>2</sup> que variaron de 0.5115 en el T4 a 0.9850 en T1 con Peat moss. El T1 (con Peat moss) fue el tratamiento que mayor cantidad de agua retuvo durante las primeras 24 horas (91.2%), y la que conservó los niveles más altos hasta las 144 horas (6 días).



**Figura 5. Tendencia del contenido de humedad en el suelo (g) durante las primeras 144 horas después de su saturación, registradas por un sustrato comercial y cuatro elaborados con materiales regionales de la zona centro del estado de Veracruz. T2: 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*. T3: 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pahalita + 2% de fosfato de calcio. T4: 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pahalita + 1% de fosfato de calcio.**



El T5 con el 100% arena retuvo el menor contenido de humedad (26.8%) en las primeras 24 horas y que también el que presentó el valor más bajo (16.9%) después de 144 horas. El T2 presentó características similares al del tratamiento con arena (después de 144 h sólo presentó un 2.7% de su capacidad de campo), mientras que T3 y T4 presentaron valores intermedios de retención de humedad equivalente a un 52.2% de los valores registrados por T1 con Peat moss. (Figura 5). Para estos dos tratamientos (T3 y T4) los niveles de disponibilidad de agua fueron equivalentes al 65.7 y 70.1% de su capacidad de campo, respectivamente, mientras que el Peat moss fue de 89.9% a las 144 horas.

## Conclusiones

De acuerdo con las condiciones edafoclimáticas y de manejo en la que se desarrolló el presente trabajo se concluye que 1) Se comprobó la eficiencia biológica de los sustratos elaborados a partir de materiales regionales (sustrato 1, 2 y 3), asimismo; El Sustrato 1 preparado con: 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* presentó los valores más cercanos al sustrato comercial de referencia (peat moss) en relación con su capacidad de retención de humedad, densidad aparente y resistencia a la penetración; no obstante, el valor de pH del peat moss fue significativamente más ácido y menos conveniente que el Sustrato 1 que registró un valor Neutro. 2) El Sustrato 2 preparado con 10% de arena + 50% de lombricomposta + 30% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 3% de pohalita + 2% de fosfato de calcio, y el Sustrato 3, preparado con 12% de arena + 40% de lombricomposta + 40% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea* + 2% de pohalita + 1% de fosfato de calcio, presentaron valores de pH y características físicas similares; ambos fueron relativamente más convenientes que las registradas por la arena pero menos óptimas que el peat moss y el Sustrato 1. 3) De acuerdo a los datos presentados en la investigación se recomienda a los productores utilizar el Sustrato 1, compuesto por 5% de arena + 20% de lombricomposta + 70% tierra de monte + 5% de cascarilla de *C. juncea*, como sustrato para la producción en vivero.



## Literatura Citada

- Barbaro, L., M. Karlanian, P. Rizzo, y N. Riera, 2019. Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chil. j. agric. anim. sci* 35(2):126-136.
- Barboza G., Y. M. 2021. Influencia de diferentes sustratos en la germinación y crecimiento de *Delostoma integrifolium* D. Don en Vivero, Chota-Cajamarca.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agro técnicas S.L. Madrid, España. pp.141-153.
- Burés, S. 1998. Preparación y selección de sustratos. pp. 37-46. In: J.N. Pastor (ed.). Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. Universidad de Lleida. España.
- Demuner, M. G., M. Z. Cadena y M. S. G. Campos. 2013. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22: 68-71.
- Gabriels, D., D. Lobo L. 2006. Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venesuelos* 14:37-47.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen. Tercera ed. 252 p.
- García, P. M., L. Puppo, R. Hayashi y P. Morales. 2012. Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. p. 1-10.
- Gardner, W. H. 1986. Water content, *in*: Klute, A., Campbell, G.S., Jacson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (eds.), *Methods of soil Analysis. Part I*, ASA and SSSA, Madison, WI, USA, pp.493-544.
- Gayosso-Rodríguez, S., E. Villanueva-Couoh, M. A. Estrada-Botello, y R. Garruña. 2018. Caracterización físico-química de mezclas de residuos orgánicos utilizados como sustratos agrícolas. *Bioagro* 30(3):179-190.
- Gómez, D. y M. Vásquez. 2011. Abonos orgánicos. PYMERURAL y PRONAGRO. Cooperativa Suiza en América Central (SAG). Serie: Producción orgánica de hortalizas de clima templado. Tegucigalpa, Honduras. 27 p.
- Horst, W. J., Y. Wang y D. Eticha. 2010. El papel del apoplasto de la raíz en la inhibición inducida por el aluminio del alargamiento de la raíz y en la resistencia al aluminio de las plantas: una revisión. *Anales de botánica* 106(1):185-197.
- Libreros, S. S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña* 28:13-14.



Puente, F., F. Vega-Villasante, G. Holguin and Y. Bashan. 1992. Susceptibility of the brine shrimp *Artemia* and its pathogen *Vibrio parahaemolyticus* to chlorine dioxide in contaminated sea-water. *J Appl Bacteriol* 73:465–471.

Sánchez-Vera, G., O. Obrador, D. Palma y S. Salgado-García. 2003. Densidad aparente en un vertisol con diferentes agrosistemas. *Interciencia* 28:347-351.





## EL CHAYOTE (*Sechium edule* (JACQ) Swartz) EN LA ZONA DE ALTA MONTAÑA DE VERACRUZ, MÉXICO

Jeremías Nataren Velazquez<sup>1</sup>, Ana Lid Del Angel Pérez<sup>1</sup>, Juan Valente Megchún García<sup>2\*</sup>,  
Carmen Aridai Hernandez Estrada<sup>1</sup> y Sorelly Ramírez Romero<sup>3</sup>

### Resumen

México es uno de los principales productores de chayote (*Sechium edule* (Jacq) Swartz) en el mundo. El estado de Veracruz tiene una superficie de 2,000 hectáreas ubicadas en la región de alta montaña. En algunas regiones de México, se establece a nivel de traspatio y comercial, y por su diversidad en frutos se consume en varias formas. El objetivo fue caracterizar y conocer las prácticas agronómicas y las condiciones socioeconómicas de los productores en el agroecosistema chayote en la región de alta montaña del estado de Veracruz. Se realizó un diagnóstico considerando los municipios de Alpatláhuca, Coscomatepec, Chocaman e Ixhuatlan del café. La información se recopiló mediante entrevistar a productores de forma individual y en grupos focales en municipios, utilizando un cuestionario elaborado con preguntas abiertas y cerradas. A la encuesta se le aplicó análisis descriptivo, análisis de varianza multivariado por factores, de correspondencia, análisis paramétrico y no paramétrico. El análisis indicó que son pequeños productores, con superficie de dos hectáreas, edad de 40 años y con 14 años de experiencia en el cultivo de chayote. Con respecto al manejo del cultivo son productores con el conocimiento en toda la cadena productiva, realizan prácticas la fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades, pero no identifican bien los agentes causales. Se concluye que los procesos de capacitación están enfocados a mejorar la parte del manejo del rendimiento y el manejo postcosecha.

**Palabras clave:** curcubitácea, erizo

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. C.P. 94277. Carrera Veracruz-Córdoba, km 34.5.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza. \*Autor de correspondencia: juanvalente.m@itsjc.edu.mx, juanmg\_3@hotmail.com

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.



## Introducción

México es el mayor productor de chayote (*Sechium edule* (Jacq) Swartz) en el mundo, tiene el 53% del mercado internacional. A nivel nacional se reporta en el 2008 una superficie sembrada de 3,713 hectáreas con una producción total de 284,797 t. Los principales estados productores, en superficie cultivada, son Veracruz, Jalisco, Michoacán, Edo. México, San Luis Potosí, Guanajuato, Chiapas, Nayarit y Baja California (Cadena y Arévalo, 2008, Martín, 2014). El cultivo de chayote en el estado de Veracruz, se distribuye en una superficie de 2,000 hectáreas, ubicados en dos regiones, la primera en el corredor del bosque de niebla o mesófilo de montaña y la segunda en la zona de selva baja caducifolia, bajo condiciones de cultivo de riego y temporal (Cadena *et al.*, 2001). De acuerdo con Cadena *et al.*, (2011) y Olguín *et al.*, (2013), la zona más importante de producción en Veracruz se ubica en los municipios de Coscomatepec, Huatusco, Ixhuatlán del Café, Chocamán, Tilipan, Orizaba, Rafael Delgado, Amatlán de los Reyes, Cuichapa e Ixtaczoquitlán.

Veracruz se considera uno de los estados con mayor biodiversidad en México con 2,000 especies de plantas, con ocho tipos de vegetación entre los más importantes, el bosque de mesófilo de montaña, conformada por 2,279 comunidades, distribuidas en 57 municipios, con una superficie de 6,035 km<sup>2</sup>, destinada a la actividad agropecuaria. La región de altas montañas es una de las diez regiones socioeconómicas más importantes del estado (García *et al.*, 2018).

El chayote es una planta provista de largos tallos que le permite arrastrarse en el suelo, y trepar toda clase de soportes, pertenece a la tribu Sycioideae de la familia de las Cucurbitaceae, su principal característica es poseer una semilla grande (Cruz y López, 2005). La planta de chayote es una especie domesticada, que durante mucho tiempo se le consideró como el único miembro del género *Sechium*, pero nuevos descubrimientos mencionan 11 especies, esta nueva circunscripción de *Sechium*, está de acuerdo con la propuesta de Jeffrey (1978), quien en un momento incluyó en este género las especies descritas bajo los géneros *Ahzoia*, *Cyclanthera*, *Frantzia*, *Microsechium* y *Polakowskia*, el cual poseen la característica de compartir nectarios similares en la base del receptáculo de las flores de ambos sexos y de frutos maduros carnosos-fibrosos (Lira *et al.*, 1999). El chayote se establece en huertos familiares donde para el consumo de raíces tuberosas, semillas, frutos, tallos, hojas, flores

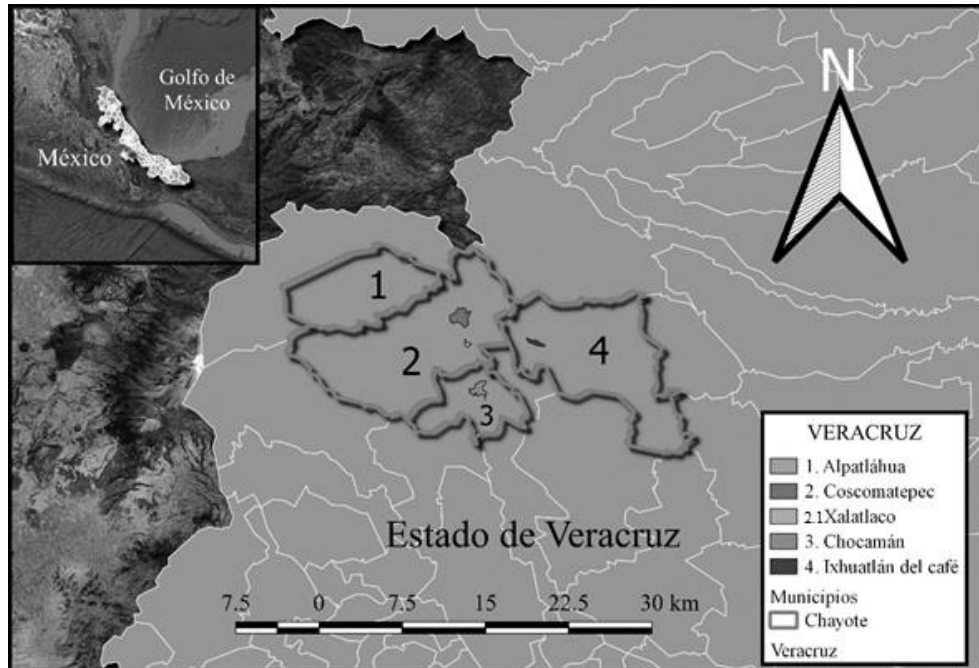


tiernas, zarcillos y puntas de las guías, la cual contribuye a la economía familiar (Guevara *et al.*, 2014a; Jiménez *et al.*, 2020). De acuerdo a su taxonomía se considera como importante la raíz tuberizada del chayote, la cual tiene un contenido de 10 a 25% de almidón (Cruz y López, 2005). Las investigaciones en México, sobre el manejo del chayote son escasas, entre los más importantes son el manejo de poda, la conducción de la planta con tutores, la nutrición y sobre todo porque existe poca información sobre la percepción y criterios de las familias campesinas dedicadas a la producción (Guevara *et al.*, 2014b). Además, si consideramos que existe un alto riesgo de pérdida del cultivo por factores climáticos, enfermedades, plagas, manejo agronómico, costos de producción, y las políticas institucionales o gubernamentales (Alvarenga *et al.*, 2007).

En Ixtaczoquitlán, Veracruz en los agroecosistemas del chayote, existe una diversidad de especies con mayor incidencia de plagas e insectos asociados al cultivo, por ejemplo, los depredadores pertenecientes a Staphylinidae y los Curculionidae (Ponce *et al.*, 2019). Se estima que se aplican alrededor de 38 ingredientes activos equivalentes a 6.3 kg i.a/ha/año, y 11 plaguicidas con toxicidad aguda de alta a extrema, y con una aplicación de 1.55 kg ai/ha/año (Bravo *et al.*, 2013). Un factor importante a considerar es la precipitación, se estima para Veracruz los meses de mayor precipitación el periodo comprendido entre junio a noviembre, factor importante para las incidencias de hongos como *Phytophthora sp.*, *Fusarium oxysporum* y *F. sambucinum* (Olguín *et al.*, 2013). En Nicaragua, resultados de la caracterización de germoplasma de chayote, se reporta que el 95% de las familias consume el fruto y solo el 5% consume fruto y cogollos de la planta (Benavides *et al.*, 2010). Entre las especies con mayor potencial para la comercialización a países como Estados Unidos y Canadá, es *Nigrum spinosum* (Masis, 2006; Montesinos *et al.*, 2019). Ante esta situación, es necesario caracterizar y conocer las prácticas agronómicas y las condiciones socioeconómicas de los productores en el agroecosistema chayote en la región de altas montañas de Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

Se realizó una encuesta a productores de chayote de los municipios de Alpatláhuca, Coscomatepec, Chocaman e Ixhuatlán del café de la región centro del estado de Veracruz.



**Figura 1. Ubicación de la zona de aplicación de la encuesta producción de chayote en la zona de alta montaña, Veracruz.**

La entrevista fue aplicada a los productores de chayote de manera individual y grupal, el instrumento fue un cuestionario con las siguientes características: datos generales de la unidad de producción familiar, ahí se describió las características de la familia y las condiciones económicas, además se consideró la parte agroecológica y tecnológica para el proceso de producción del cultivo de chayote. El cuestionario se estructuró con preguntas abiertas y cerradas, para enriquecer de manera integral los datos socioeconómicos y técnicos, por parte de los informantes claves. El cuestionario se integró con 58 preguntas estructuradas con datos generales, unidad de producción, servicios de apoyo, información edafoclimática, datos del cultivo, tecnología de producción de chayote, comercialización, y problemática.

Para la aplicación de la encuesta, se utilizaron técnicos agrícolas con experiencia en el sector agropecuario, posteriormente se realizó una capacitación para validar el método de la encuesta semiestructurada; y se procedió a definir la metodología de aplicación a través de reuniones de grupos focales con los técnicos y productores, también se definió la estrategia para aplicar la encuesta en la zona de estudio. Cada encuestador identificó al productor por localidad y en los municipios donde la población de productores fue más grande, se convocó a productores a través de grupos focales integrados por 10 o más productores, esto permitió garantizar que



la información de la encuesta aplicada fuera específicamente de productores que se dedican al cultivo de chayote. La encuesta se aplicó en los municipios enmarcados por la SEDARPA (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca), que la define como principal área de producción de chayote.

Para el análisis de la encuesta, se agrupó la información en apartados, considerando los temas con mayor información relevante del cultivo de chayote, los temas fueron: aspectos sociales, manejo del cultivo, características de los recursos naturales y tecnificación. En el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis descriptivo, un análisis de Skewnes y Kurtosis y el análisis de multivariado con dos factores y por correspondencia; y los datos cuantitativos se sometieron a un análisis de varianza y no paramétricos de Kruskal wallis. Todos los análisis se realizaron con el paquete Statistica versión 7.

## **Resultados y Discusión**

Los resultados en la descripción de los productores, se encontró una media entre productores de 44 años de edad, con una experiencia en el cultivo de chayote de 14.4 años; en la variable unidad de producción se obtuvo un análisis de los datos de tipo leptocúrtica muy alta y solo se encontró datos simétricos (Cuadro 1). De los productores encuestados solo el 40% cursó primaria y el 34% de los productores cursaron secundaria y solo el 17.5% terminaron la universidad (Cuadro 2), este resultado permite identificar a productores con conocimiento local, que podrían estar dispuestos a modificar sus actividades agrícolas en los procesos de innovación del cultivo. Se reporta que, en el estado de Oaxaca, el cultivo de chayote es manejado en huertos familiares por mujeres y en los huertos o parcelas por los hombres (Juárez *et al.*, 2014). En el estado de Chiapas, el conocimiento local de los productores ha permitido el desarrollo del cultivo y de prácticas agrícolas como la poda, fertilización y manejo de tutores, a través de realizar transferencia del conocimiento tácito y cultural de generación en generación, actualmente los técnicos agrícolas en muchas ocasiones no se consideran estas ideas en los procesos de transferencia de tecnología, esta situación dificulta los procesos agronómicos (Guevara *et al.*, 2014b).



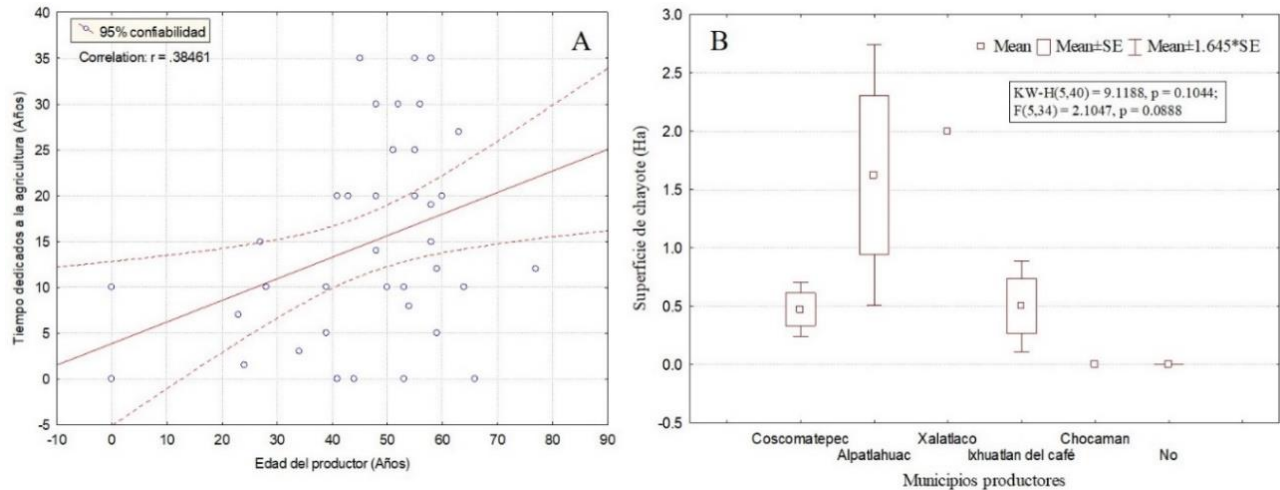
**Cuadro 1. Descripción de los productores dedicados al cultivo de chayote.**

Descripción	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Skewness	Kurtosis
Edad del productor (Años)	44.98	17.67	2.79	-1.14	1.28
Años como productor	14.46	10.81	1.71	0.38	-0.84
Unidad de Producción Familiar (ha)	1.15	0.80	0.13	5.99	36.75

**Cuadro 2. Escolaridad de los productores de la zona de alta montaña de chayote.**

Escolaridad de los productores de chayote	Frecuencia	Frecuencia acumulativa	Productores (%)
Preparatoria	4	4	10.0
Secundaria	7	11	17.5
Universidad	7	18	17.5
Primaria	16	34	40.0
No respondieron	3	37	7.5
Primaria-incompleta	1	38	2.5
Secundaria-incompleta	1	39	2.5
Universidad-incompleta	1	40	2.5
Total de encuestados:	40	40	100

En la Figura 2A, se observa la correlación positiva ( $r=0.38$ ) entre edad del productor y los años como productor de chayote, la concentración de los datos se presenta entre productores con rangos de 40 a 60 años de edad y con 15 años de experiencia, lo que nos podría indicar que existe una población adulta de productores con experiencia en el manejo del cultivo. Son pequeños productores, con una superficie máxima de 2 ha. El estado de Veracruz, concentra el 81% de la producción nacional de chayote, y aporta el 78% del volumen nacional exportable; actualmente el chayote tipo mexicano cumple con los estándares internacionales para la exportación y el estado de Veracruz, cuenta con una superficie de 35 ha con una producción anual de 4,760 t (Cadena *et al.*, 2016a). Veracruz cuenta con variedades domesticadas denominadas *Virens levis*, *Nigrum xalapensis*, *Nigrum spinosum*, *Nigrum levis*, *Wild relative*, *Albus minor*, *Albus dulcis* y *Albus levis*, con diferentes variaciones en su composición química (Cadena *et al.*, 2011).



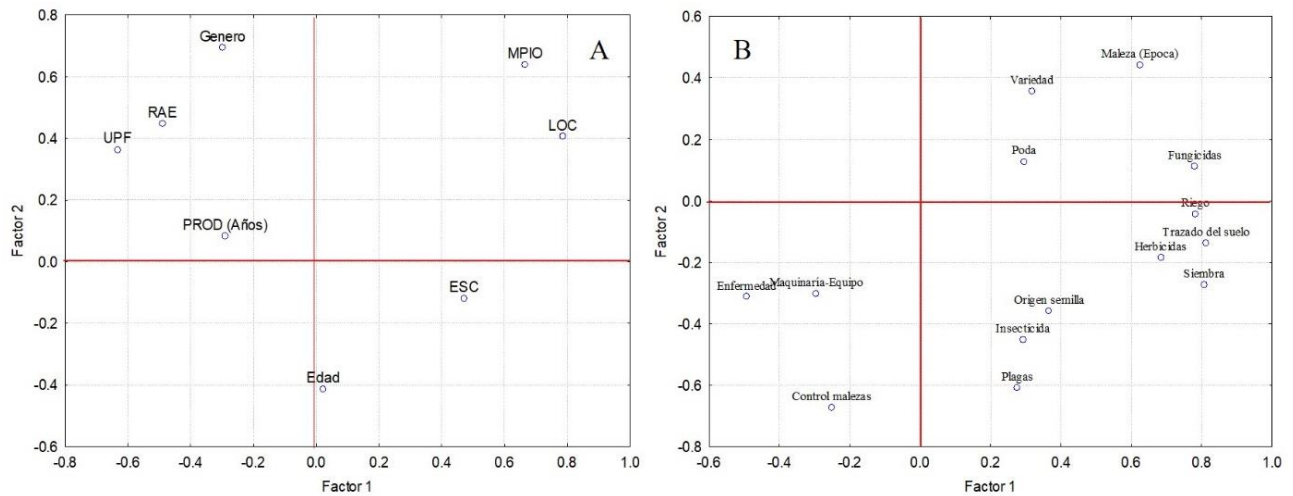
**Figura 2. A). Correlación (Spearman) entre edad del productor con el tiempo dedicado a la agricultura ( $p < 0.05$ ). B). Municipios y superficie plantada de chayote en la región de alta montaña.**

En la relación entre las diferentes variables sociales y del manejo del cultivo, se encontró que existe relación entre unidades de producción familiar y el género, con las actividades que se realizan al cultivo de chayote, debido a que necesitan otros ingresos para su subsistencia (Figura 3A). En el manejo del cultivo, la parte agronómica que realiza el productor en el cultivo, en su mayoría está ligado a las actividades del uso de los plaguicidas (herbicidas y fungicidas) con el riego, siembra y trazado del cultivo. En la sanidad del cultivo se encontró relación entre la presencia de plagas, el manejo de los insecticidas y la calidad de la semilla. Ante esta situación, conocer las actividades que realizan los productores en la huerta de chayote, permitirá entender la interacción que hay entre la planta y hombre, y su influencia en los cambios morfológicos y genéticas expresadas a través del tiempo (Juárez *et al.*, 2014).

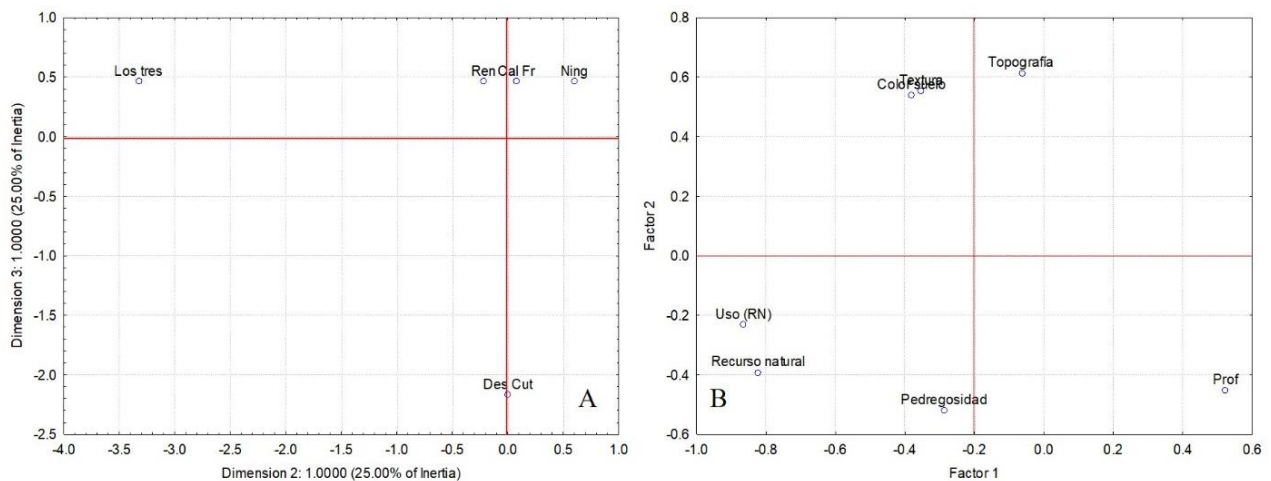
Entre los principales problemas que tienen los productores se encuentra la baja fertilidad del suelo, que influye sobre el rendimiento y la calidad del fruto. Al analizar las características orográficas de las parcelas se observó que la textura del suelo, el color, y la topografía comparten estrecha relación. Por otra parte, el conocimiento de los productores, permite clasificar la relación que existe entre la pedregocidad del suelo con la disponibilidad de los recursos naturales, con el uso y manejo. El 17.5% de los productores cuenta con arroyos, el 10% tiene ríos, el 7.5% presas, el 7.5% de tomas domiciliarias y el 12.5% cuenta con pozos, manantiales y aguaje. Al respecto se ha reportado que los productores del estado de Oaxaca



mencionan, que el cultivo puede verse limitado en zonas con abundantes suelos pedregosos, con bajo contenido de materia orgánica y poca disponibilidad de agua, además de que el recurso agua es importante para el desarrollo de los frutos, ya que el 95% de la composición de los órganos de la planta es agua (Juárez *et al.*, 2014).



**Figura 3. A).** Relación de las características de los productores de chayote: Género, Edad (años), Años como productor (PROD), Escolaridad (ESC), Realiza actividades extras al cultivo (RAE), Unidad de producción familiar (UPF), Localidad (LOC) y Municipio (MPIO). **B).** Relación entre las distintas actividades en el manejo del cultivo de chayote y la presencia de patógenos y su control.



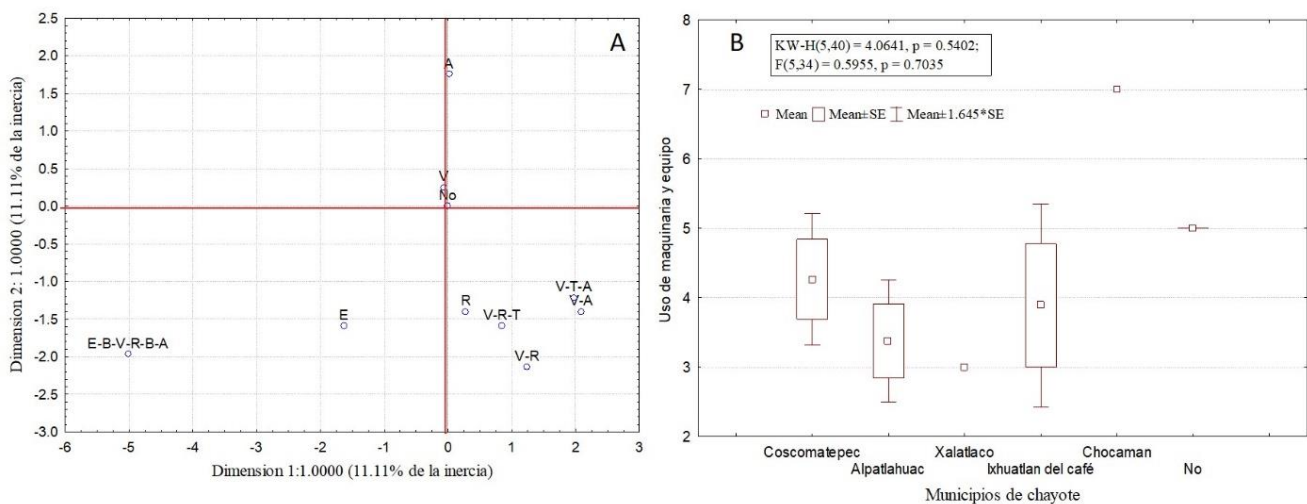
**Figura 4. A).** Aspectos que son influenciados por la baja la fertilidad del suelo en el cultivo de chayote: Rendimiento, Calidad del fruto, desarrollo del cultivo, los tres, ninguno. **B).** Características topográficas de los suelos y de los recursos naturales del suelo.





Los resultados indican que existen productores que destacan por tener vehículo, tractor, remolque, arado y los que cuenta con aspersor para sus labores culturales, además que el 50% de los productores tiene vehículos, y también existe una relación entre los productores que tienen de dos a tres equipos (vehículo, tractor y mochilas aspersoras) para sus labores culturales (Figura 5A).

Al analizar a los grupos de productores de chayote por municipio estadísticamente los municipios de Coscomatepec, Alpatlahua e Ixhuatlán del café poseen menor equipamiento con respecto a los productores de Chocaman (Figura 5B).



**Figura 5. A). Uso de la maquinaria y equipo para el manejo del cultivo de chayote. Aspersor (A), Vehículo (V), Remolque (R), Empadora (E), Vehículo- remolque-tractor (V-R-T), Vehículo- remolque (V-R), Vehículo-Tractor-Arado (V-T-A), Vehículo-aspersor (V-A), Empacadora-bodega-vehículo-remolque-báscula-aspersor (E-B-V-R-B-A). B). Uso de la maquinaria por municipio.**

Al comparar a este grupo de productores con los productores de chayote del estado de Chiapas, los productores de Veracruz, tienen materiales únicamente para la práctica de poda, con el objetivo de controlar enfermedades, aunque la práctica de la poda, el 40% de los productores de Villa Corzo, Chiapas realizan la poda con machetes (Guevara *et al.*, 2014b). Actualmente, existen equipos para realizar un sistema de bioseguridad para reducir el viviparismo y cargas microbiológicas en el cultivo de chayote, el cual consiste en pretratamiento y empaque de frutos, integrado por un clasificador y equipo de limpieza y

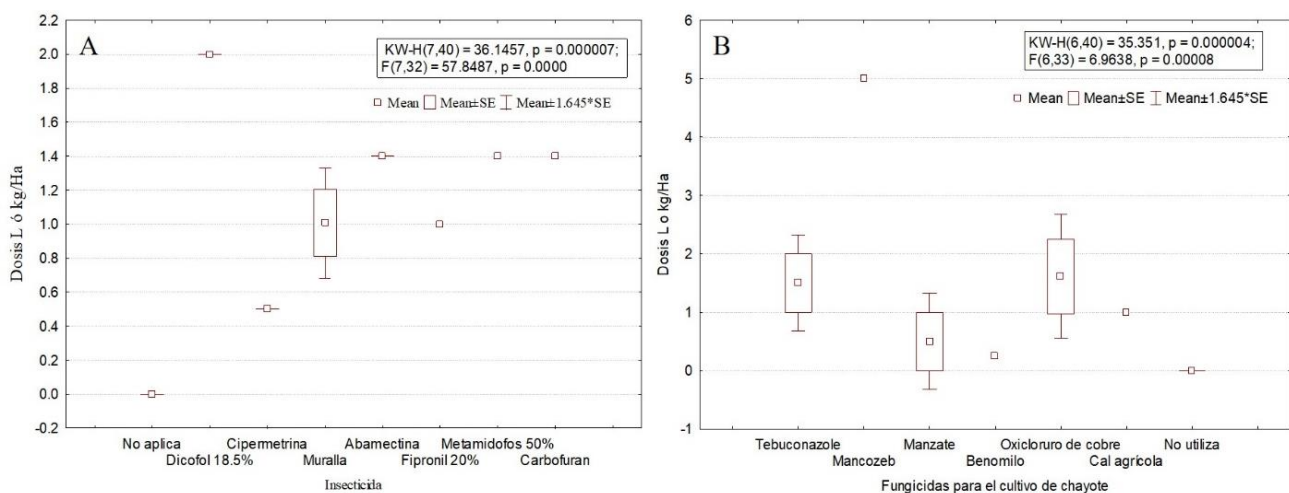


desinfección, y equipos que aplican cera y equipos de emisión de rayos UV, que se consideran como innovación en el cultivo (Cadena *et al.*, 2016).

Con respecto, al manejo fitosanitario del cultivo, el 20% de los productores no maneja plaguicidas de origen químico en su huerta para el control de plagas, pero el 25% de los productores utiliza el control químico con el dicofol al 18.5% para el control de plagas, el 18% utiliza el producto químico muralla (Betacyflutrin 8.4% + imidacloprid 19.6%) y un 30% utiliza los ingredientes activos cipermetrina y abamectina.

En el manejo de las enfermedades se observó que el 60% de los productores no realiza el control fitosanitario, únicamente el 23% utiliza el oxiclورو de cobre y para el control de malezas el 45% de los productores utiliza el herbicida glifosato y un 3% utilizan el paraquat. Entre los plaguicidas manejados en el cultivo de chayote se observó diferencias significativas entre las dosis de los diferentes insecticidas manejados, la dosis más alta utilizada fue el ingrediente activo dicofol al 18.5%, en comparación con el resto de los insecticidas manejados, entre las dosis más bajas se observó al ingrediente activo cipermetrina; es importante aclarar que las dosis y concentración del insecticida utilizado en el cultivo de chayote es bajo, con respecto al criterio y control del mismo productor (Figura 6A).

En el manejo de los fungicidas para el control de enfermedades, los productores utilizan dosis altas del ingrediente activo mancozeb y las dosis más bajas son utilizadas con el plaguicida benomilo (Figura 6B).



**Figura 6. Insecticidas (A) y fungicidas (B) con sus dosis de aplicación en el cultivo de chayote.**



El uso de los plaguicidas es importante para el control fitosanitario, pero un diagnóstico a productores de chayote reveló a través de un trazador fluorescente la exposición de los trabajadores con los plaguicidas de un 24.8%, esto es debido a que muchos de los productores no se protegen al momento de la aplicación (Medina *et al.*, 2013). En el 2004 en Paraíso, Costa Rica se reporta para el chayote el uso de 38 ingredientes activos, equivalentes a 6.3 kg i.a./ha por año, entre los que destacan 42% de los fungicidas y 26% de los insecticidas y de los ingredientes activos más utilizados fueron el mancozeb, glifosato, dimetoato y el terbufos (Bravo *et al.*, 2013).

Entre las principales plagas que más atacan al cultivo, el 37.5% de los productores tiene problemas de araña roja (*Tetranychus urticae*) y la presencia de ácaros (*Acari*), solo el 50% de los productores conoce que tiene problemas de hongos, solo el 2.5% de los productores identifica problemas provocados por *Fusarium*; y en el rendimiento el 17.5% de los productores manifestaron una producción de 1 a 70 ton. *Fusarium* se reporta como una enfermedad, que puede causar pérdidas del 10 al 53%, y para el caso de México, el patógeno puede desarrollarse en diferentes condiciones ambientales, por lo que es considerado de alto riesgo (Villa *et al.*, 2014). Para la zona de bosque de mesófilo de montaña en la zona de Veracruz, donde prospera el cultivo de chayote, se reportan temperaturas medias anual de 19°C y 85% de humedad relativa, estas condiciones podrían propiciar el desarrollo de hongos causantes de enfermedades en el chayote, además que propicia el desarrollo de diferentes tipos y formas de fruto de chayote (Montecinos *et al.*, 2019). La marchitez de las plantas de chayote es uno de los principales problemas fitosanitarios en el estado de Veracruz, en algunas investigaciones mencionan que no es inducida por *Pythium* sp., *Fusarium oxysporum* ni *F. sambucinum*, suele presentarse con síntomas de pudrición de raíz, hojas cloróticas y senescencia prematura en plantas y es causado por *Phytophthora capsici* (Olguín *et al.*, 2013). El uso del control biológico podría ser una alternativa sustentable para mitigar los efectos negativos causados por los patógenos y algunos tipos de plagas en el cultivo de chayote, y contribuir a la problemática de la contaminación de los suelos y el agua (Villareal *et al.*, 2018). Uno de los principales problemas en la comercialización en México, es la baja producción con 54 ton ha<sup>-1</sup> por año y las principales causas se debe a que no existe control sanitario, cultura empresarial, equipamiento, infraestructura y el mercado, además que no existe una cultura para la asociación de cultivos que garantice su rentabilidad (Cadena *et al.*, 2016a).



Últimamente se busca la combinación de frutos de chayote con otras frutas como la piña, debido a que se ha estudiado las propiedades nutraceuticas, determinando el pH, acidez titulable, contenido de fenoles, y las propiedades antioxidantes (Riviello *et al.*, 2018).

## Conclusiones

Los productores de chayote en la región de Altas Montañas Veracruz, se caracterizan como pequeños con dos hectáreas de cultivo, tienen una edad promedio de 40 años y experiencia de 14 años en el cultivo. El diagnóstico realizado arrojó que el 40% de los productores tienen primaria concluida, el chayote, está distribuido en los municipios de Alpatláhuca, Coscomatepec, Chocaman e Ixhuatlan del café. Entre la principal problemática detectada es la baja fertilidad del suelo, con respecto al manejo del cultivo ellos realizan fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades. También, se encontró que los productores no identifican los agentes causales de las enfermedades en el cultivo. Pero se observó que son productores tecnificados, que realizan diferentes tipos de manejo agronómico en el cultivo de chayote.

## Literatura Citada

- Alvarenga, V. S., A. Abdelnour E. y V. Villalobos A. 2007. Conservación *In Vitro* de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Mesoamericana* 18(1):65-73.
- Benavides, G. A., J. Cisne C., D. Querol L, J. C. Morán C. 2010. Caracterización numérica *in situ* de germoplasma de chayote *Sechium edule* (JACQ) Swartz, comunidad El Castillo, Las Sabanas, Madriz. *La Galera* 10(15):46-52.
- Bravo, D. V., E. De la Cruz M., G. Herrera L., F. Ramírez M. 2013. Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. *Uniciencia* 27(1):351-376.
- Cadena, I. J., L. M. Ruiz P., C. Trejo L., P. Sánchez G., J. F. Aguirre M., 2001. Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Revista chapingo serie horticultura* 7(1):21-35.



- Cadena, I. J., M. Soto H., G. Ma. de Lourdes A., C. H. Avendaño A., J. F. Aguirre M., L. del M. Ruiz P. 2011. Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq) Sw. comparadas con parientes silvestres. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(2):45-55.
- Cadena, I. J., Ma. de C. L. Arévalo G., M. R. Soto H., L. del M. Ruiz P. 2016a. Reorientación del sistema de producción y comercialización de chayote. Agroproductividad 9:47-48.
- Cadena, I. J., Ma. de C. L. Arévalo G., S. D. Romero V., G. Olgún H. 2016. Sistema de bioseguridad para reducir el viviparismo (SIBIOREVI). Agroproductividad 9:45-46.
- Cadena-Iñiguez, J. y L. Arévalo-Galarza. 2008. GISeM: Rescatando los Recursos Fitogenéticos Mesoamericanos Volumen 1: Chayote. Revista GISeM. 1:1-17.
- Cruz, L. A. y T. J. López R. M. 2005. Dinámica de la formación de la raíz tuberizada del chayote (*Sechium edule* Sw.) en su primer año de cultivo. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1):13-19.
- García, A. J. C., F. C. Gómez M., A. Bruno R., F. Rosas L., R. Servín J., R. A. Muños M. T. 2018. Identificación de elementos identitarios en la región de las altas montañas de Veracruz, México. Agroproductividad 11(8):95-100.
- Guevara, H. F., L. Rodríguez L., H. Gómez C., R. Pinto R., G. Rodríguez G., R. Perez G. 2014a. Criterios locales para selección de semillas de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) en zonas rurales de Chiapas, México. Acta agronómica 64 (2):178-185.
- Guevara, H. F., L. Rodríguez L., M. de los A. Rosales E., R. Ortiz P., H. Gómez C., E. Aguilar J., et al. 2014b. Criterios de manejo local del cultivo de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) en zonas rurales de Chiapas, México. Cultivos tropicales 35(2): 5-13.
- Jeffrey, C. 1978. Further notes on Cucurbitaceae.IV. Some New Wordl taxa. Kew Bull. 33:347-380.
- Jiménez, M. E., B. J. González M. B., A. J. Centeno L. 2020. Diversidad de insectos plagas y benéficos asociados al cultivo de chayote en Matagalpa, Nicaragua 2017. Revista Ciencia e Interculturalidad 13 (26):174-190.
- Juárez, H. L. F., G. V. Campos A., C. H. Avendaño A., J. R. Enrique del V., Y. Villegas A. 2014. Conocimiento y comercialización de chayote (*Sechium edule* (jacq) sw.) en los mercados de valles centrales de Oaxaca, México. Revista Brasileña de Agroecología 9 (3):90-103.
- Lira, R., J. Castrejón, S. Zamudio, C. Rojas Z. 1999. Propuesta de ubicación taxonómica para los chayotes silvestres (*Sechium edule*, Cucurbitaceae) de México. Acta Botánica Mexicana. 49:47-61.



- Martín, R. E. S. 2014. Identificación y patogenicidad del agente bacteriano causal de necrosis foliar del chayote (*Sechium edule* Jacq Sw). Universidad Veracruzana, Tesis de licenciatura. 127 p.
- Masís, M. G., 2006. La problemática agraria en un entorno de apertura. Economía y sociedad 30:77-80.
- Medina, E. M. L., M. G. Rodríguez Z., P. Zamora R. 2013. Comparación de métodos de exposición dermal a plaguicidas en una muestra de floricultores y productores de palmito y chayote en Costa Rica. Tecnología en Marcha (No. especial):6-21.
- Montecinos, P. L. A., Ma. de L. Arévalo G. Ma., C. García O., J. Cadena I., M. E. Ramírez G. 2019. Calidad poscosecha de frutos de chayote almacenados a baja temperatura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(5):1157-116.
- Olgún H. G., G. Valdovinos P., J. Cadena I., Ma. de L. Arévalo G. 2013. Etiología de la marchitez de plantas de chayote (*Sechium edule*) en el estado de Veracruz. Revista Mexicana de Fitopatología 31 (2):161-169.
- Ponce, M. M., E. F. Mora A., J. Murguía G., O. R. Leyva O., M. A. García M., M. E. Galindo T. 2019. Diversidad de escarabajos (Insecta: Coleoptera) en cultivos de chayote (*Sechium edule* Jacq) de Ixtaczoquitlán, Veracruz. Entomología mexicana 6: 177-182.
- Riviello, F. Ma. de la L., Ma. de L. Arévalo G., J. Cadena I., R. M. Soto H., L. del M. Ruiz P. y F. G. Gómez M. 2018. Nutraceutical characteristics of the extracts and juice of chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) Fruits. Beverages 4 (37): 1-11. doi:10.3390/beverages4020037
- Villa, M. A., R. Pérez L., H. A. Morales M., M. Basurto S., J. M. Soto P., E. Martínez E. 2014. Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extracto vegetales. Acta agronómica 64(2):194-205.
- Villareal, D. M. F., E. D. Villa R., L. A. Cira C., M. I. Estrada A. 2018. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. Revista Mexicana de Fitopatología 36 (1):95-130.



## DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*) EN TECAMACHALCO, PUEBLA

Lucero Leyva Abascal<sup>1</sup>, Karina Navarro Bello<sup>1</sup>, Jesús Francisco López Olguín<sup>2</sup>, Dionicio Juárez Ramón<sup>2</sup> y María Lorena Luna Guevara<sup>3\*</sup>

---

### Resumen

El cilantro es una hortaliza de importancia económica para el Estado de Puebla y los productores proveen a los mercados locales, nacionales e internacionales; el mercado principal se ubica en los Estados Unidos de América. En la zona de estudio, el municipio de los Reyes de Juárez, se produce este cultivo a cielo abierto, y se identificaron dos tipos de agricultura con sistemas de producción convencional (con prácticas tradicionales) y un segundo sistema más tecnificado. El producto de ambos sistemas de producción se vende a las empresas de empaque, quienes se encargan de darle un procesamiento mínimo (selección, lavado y enfriado) y de su comercialización. Debido a la importancia económica del cilantro, se realizó un diagnóstico con productores e informantes clave para recabar información sobre el beneficio económico y aspectos de inocuidad. Se ocuparon diferentes herramientas como recorridos de campo, encuestas, entrevistas y revisión de fuentes de información de agencias regulatorias nacionales e internacionales. También se desarrolló un análisis del indicador beneficio/costo (B/C) bajo la perspectiva del beneficio económico y la relación con las diferentes alternativas de comercialización del producto. Con base en la caracterización de los procesos de producción e identificación de actores del sistema, se confirmó la rentabilidad en la producción de cilantro y se observó la necesidad de continuar con la implementación y con el cumplimiento de los requerimientos de inocuidad para su exportación.

**Palabras clave:** beneficio-costo, rentabilidad, inocuidad

---

<sup>1</sup> Maestría en Manejos Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología,

<sup>2</sup> Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias;

<sup>3</sup> Colegio de Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio s/n, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel. C.P. 72000 Puebla. \*Autor por correspondencia: [maria.luna@correo.buap.mx](mailto:maria.luna@correo.buap.mx)



## Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum*) es una hortaliza que por sus características organolépticas es apreciado en la cocina nacional e internacional. En México se cosechan alrededor de 80 mil toneladas anuales de cilantro en 7 mil hectáreas (SIAP, 2018b). A nivel nacional los principales estados productores son Puebla, Baja California, Sonora, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. En Puebla, anualmente se cultivan 2,380 ha de cilantro generando 71,400 empleos directos y 204,058 indirectos; ello debido a que existen regiones geográficas con condiciones ambientales óptimas para la producción agrícola, a cielo abierto de diversos cultivos (Tibaduiza *et al.*, 2017).

Un volumen significativo de la producción de cilantro mexicano se destina a mercados internacionales. La comercialización a Estados Unidos se incrementó de 2012 al 2021, y ofrecieron un valor comercial de 16.393 a 46.555 millones de dólares respectivamente (SIAP, 2018 a,b). México tiene una estrecha relación comercial con los Estados Unidos de América y el comercio de hortalizas ha representado un valor de exportación de hasta 5.021 millones de dólares, y 10.03% del Producto Interno Bruto, generado por el sector primario de México (Sánchez-Gómez *et al.*, 2019).

Durante 2017 el estado de Puebla exportó hacia los Estados Unidos 64,008 toneladas de cilantro fresco (SADER, 2017), generando divisas de 47.3 millones de dólares (SIAP, 2017); sin embargo, la FDA (Food Drug Administration) de los Estados Unidos, encontró relación entre los brotes consecutivos de padecimientos gastrointestinales por ciclosporiasis en este país, desde el 2012 al 2014, con las condiciones de manejo e higiene, campos de cultivo y sitios de empaque de cilantro. El mal manejo permite la contaminación por organismos como *Cyclospora cayetanensis*, dando motivos suficientes para la implementación de la Alerta de importación 24-23 que entró en vigor en 2014, prohibiendo el ingreso del cilantro poblano al mercado americano desde abril hasta agosto de cada año, por lo que la producción se destina al mercado nacional que tiene pocas exigencias de inocuidad (FDA, 2021). En los campos de cultivo y empresas de empaque participan actores sociales que intervienen en los procesos, haciendo complejo el control de las condiciones higiénicas del manejo de cilantro. La alerta de Importación complicó el escenario rural poblano, el cual se ve limitado por factores ambientales, políticos, sociales y económicos. El mercado internacional al mismo tiempo





demanda la disponibilidad de alimentos frescos de calidad e inocuos (Toscana *et al.*, 2016). Adicionalmente, el incremento de la demanda y consumo de hortalizas y frutas frescas como parte de una dieta saludable, propicia mayor exposición de los consumidores a organismos patógenos presentes en los vegetales y verduras. En ese sentido, a partir de esta investigación se planteó analizar los sistemas de producción de cilantro y conocer la rentabilidad del cultivo. Con este trabajo también se buscó conocer, de qué forma los productores han abordado la problemática de inocuidad a la implementación de la Alerta de importación 24-23 de la FDA que impiden el ingreso de cilantro del estado de Puebla a los Estados Unidos.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

La zona de estudio fue el municipio de Los Reyes de Juárez en el estado de Puebla, el cual pertenece al Distrito 07, Tecamachalco, en Puebla. Se ubica entre los paralelos 18° 56' y 19° 00' de altitud norte; los meridianos 97° 47' y 97° 52' de longitud oeste, tiene una altitud entre 2050 y 2240 m. La temperatura media anual oscila entre 14 y 18°C, el rango de precipitación es de 600 a los 800 mm y cuenta con un clima templado-subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).

### **Sistemas de producción de cilantro**

A partir de la lista de proveedores confiables de cilantro del SENASICA (2021) se identificaron quince productores en Los Reyes de Juárez, a quienes fueron contactados y se solicitó su participación para el levantamiento de una encuesta. Para esta herramienta de información se diseñó un cuestionario con un total de 54 preguntas, cerradas, semi abiertas y abiertas para recopilar información sobre los sistemas de producción y costos. El cuestionario estuvo dividido en cuatro secciones: 1) Historial de producción, 2) Terreno de cultivo, 3) Sistema productivo y 4) Producto. Cada sección se diseñó para cuantificar el gasto de cada insumo utilizado en el sistema de producción considerando las superficies cultivadas y los rendimientos por hectárea.

### **Análisis de la sostenibilidad financiera en sistema producto cilantro**

La productividad fue el criterio seleccionado para analizar la información sobre la sostenibilidad financiera en las unidades de producción. La evaluación se basó en la información recabada



en la encuesta a los productores, para calcular el índice Beneficio-Costo (BC) de los sistemas de producción. La información fue organizada en una base de datos utilizando el programa Excel y posteriormente se realizaron los cálculos de acuerdo a la ecuación 1.

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costo neto}}$$

(Ecuación 1)

### **Impacto de la Alerta sanitaria sobre los sistemas de producción**

Para analizar los efectos de la Alerta sanitaria de importación 24-23 sobre los sistemas de producción, fueron realizadas entrevistas con informantes clave (productores y el presidente de la Unión de exportadores de cilantro y hortalizas, "UNACOMEX A. C."). Se elaboró un guion en el cual se abordaron generalidades sobre la problemática de la inocuidad del cilantro poblano y la implementación de la Alerta de importación 24-23, así como sus consecuencias sobre los sistemas de producción.

## **Resultados y Discusión**

### **Descripción de los sistemas de producción**

De acuerdo con las fuentes de información y con las respuestas recabadas de los cuestionarios en la zona de estudio, el cultivo del cilantro se realiza a cielo abierto. Se observó que las personas que se dedican a la producción de cilantro en el municipio de los Reyes de Juárez, el 61.5% son hombres mientras que el 38.5% son mujeres, la edad promedio es de 46 años. El 77% de la tierra cultivada con cilantro está clasificada como propiedad privada, 15% ejidal y sólo el 8% es comunal. El sistema de producción que utilizan se define según el desarrollo de seis operaciones agrícolas principales que requiere el cultivo: preparación del terreno, riego, siembra, aporque, escarda, fumigación y cosecha. En el Cuadro 1 se describen los sistemas de producción de acuerdo con su clasificación: tradicional, semi tecnificado o industrializado y cada operación puede realizarse de manera manual o tecnificada, dependiendo del tipo de herramientas o maquinaria que se emplea.



**Cuadro 1. Operaciones y condiciones de cultivo de los sistemas de producción de cilantro.**

Labores de cultivo	Sistemas de Producción		
	Tradicional	Semi tecnificado	Industrial
Preparación del terreno y surcado	Manual	Tracción animal y uso de herramientas	Tractor
Tipo de riego	Rodado	Cintilla y goteo	Aspersión
Siembra	Manual	Sembradora manual con cinta	Sembradora automática
Operaciones de aporque y escarda	Manual	Uso de herramientas	Maquinaria especializada
Fumigación	Pivotes de aspersión	Pivotes de aspersión	Fumigadora manual
Cosecha	Manual	Cortadora semiautomática	Motocultor cosechador

Esta información está relacionada con la percepción que tienen los productores si son del tipo pequeño, mediano o grande. Quienes cultivan de 2 a 15 ha, se consideran “pequeños productores”; son los utilizan el sistema de cultivo semi tecnificado. Los que cultivan más de 20 ha se consideran “grandes productores” y trabajan un sistema industrial de producción. En promedio, los productores poseen terrenos de 8.4 ha. La extensión mayor fue de 21 ha, y la menor de 2 ha. Con relación al tiempo que las personas se han dedicado al cultivo de cilantro el 46.1% mencionó que siempre lo ha hecho, como herencia familiar. El 38.5% lleva produciendo menos de 10 años y sólo el 15.4% contestó que no tiene conocimiento. Cabe mencionar que varios sitios de producción no han sido identificados por las agencias gubernamentales, o bien, los datos que proporcionan sobre su ubicación pueden variar dependiendo de la temporada del año, esto complica las posibilidades de tener información certera sobre los sitios y su capacidad productiva, la implementación de medidas del Sistema de Reducción de Riesgos por Contaminación (SRRC) o si su proceso de producción es uniforme en cada ciclo de cultivo.

Para la clasificación de los sistemas se recabó información reportada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA), quienes mencionan que los productores que cultivan menos de 15 ha, son considerados como unidades de producción con prácticas agrícolas mixtas, es decir, cultivo tradicional y ciertas operaciones de manejo tecnificado,



incluyendo la compra de semilla híbrida, uso de agroquímicos e implementación del sistema de riego mediante bombeo y uso de cintilla para el goteo.



**Figura 1. Bombeo de agua de pozo y sistema de riego por goteo en sistema de producción semi tecnificada.**



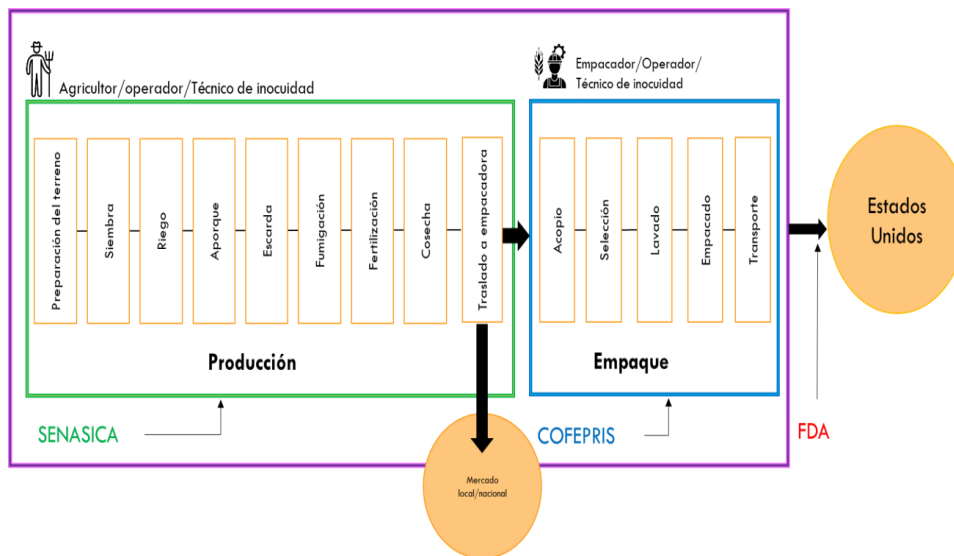
**Figura 2. Sistema de riego por aspersión en sistema tecnificado de producción de cilantro.**

En los sistemas de riego el agua es conducida por tuberías a presión; cuando el riego se realiza por aspersión, en ciertas ocasiones el viento puede causar pérdidas importantes de agua. La aplicación de los fertilizantes y fumigantes se desarrolla por aspersión manual o por bombeo. El uso de agroquímicos en los sistemas tradicionales es mayor que con los sistemas semi tecnificado y la mano de obra que se contrata es mínima para la siembra. La limpieza de terreno se realiza con tractores y únicamente durante la cosecha se contratan cuadrillas de



hasta 50 personas para realizar esta labor en forma manual. Para la aplicación de agroquímicos en su mayoría no contemplan un buen manejo y varias de las actividades agrícolas efectuadas, son manuales como los aporques, escardas, siembra y cosecha. Pueden o no contar con la participación de la mano de obra familiar para reducir costos de inversión. También hay productores con mayor extensión de cultivo, por lo que el manejo de recursos se optimiza, es decir, la sistematización del riego y una buena infiltración permite la acumulación del agua en el suelo y tener una reserva ante una situación en la que los riegos sean poco frecuentes (Demin, 2014).

El cultivo requiere entre 68 y 72 días para cosecharse (Tibaduiza, 2018) y las cuadrillas de jornaleros trasladan la cosecha en camiones a: 1) Unidades de empaque que acopian, seleccionan, lavan y empaacan el cilantro en cajas con hielo y lo transportan por 14 h en unidades especializadas de transporte hacia la frontera de El Paso Texas o 2) Mercado local y regional donde se vende sin ningún tratamiento o proceso adicional. Las operaciones agrícolas y de proceso, y los actores involucrados se observan en la Figura 3, donde se denota su interacción y la presencia de las agencias de inocuidad vegetal.



**Figura 3. Producción y empaque de cilantro con identificación de actores locales, nacionales e internacionales del sistema de exportación.**

En el sistema se identifican cinco actores principales: agricultor (productor), empacador, operador y técnicos de agencias regulatorias de inocuidad. Los primeros dependen del trabajo



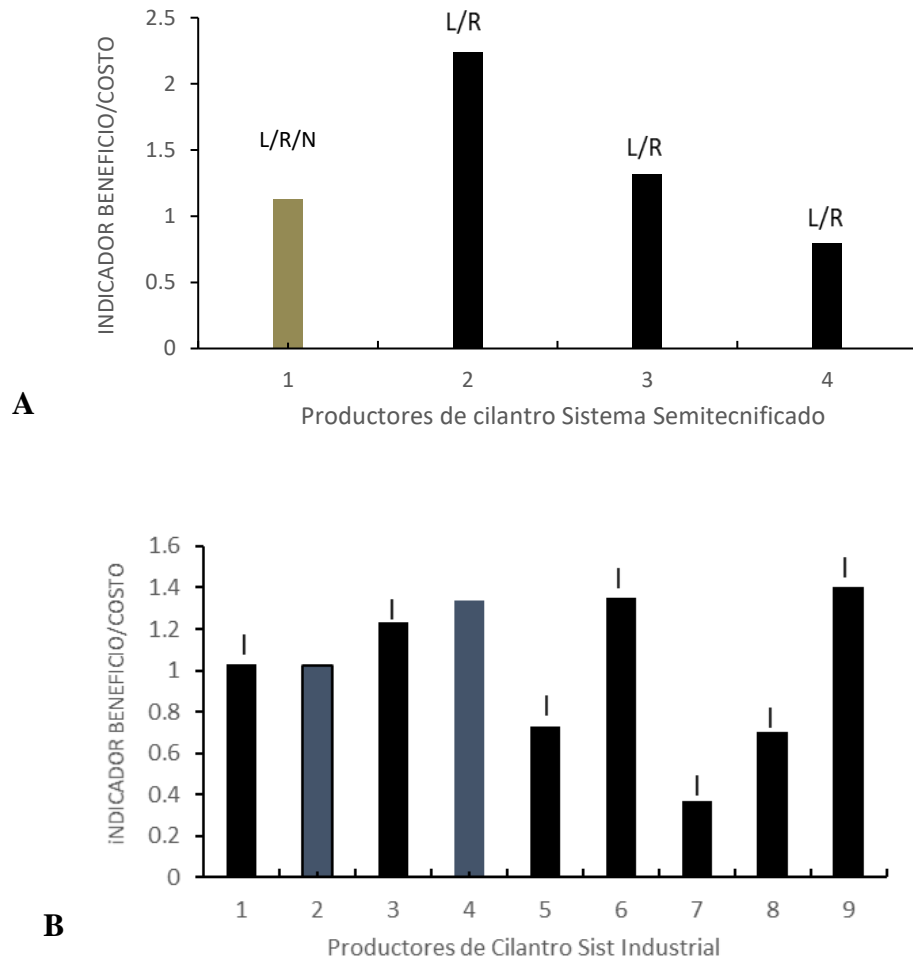
agrícola en los territorios que habitan, según Quintana (2007) ellos requieren adaptarse a la modernidad para incrementar la producción y abastecer las demandas de exportación. Los recuadros indican las operaciones y labores principales, de las que se despliegan las operaciones secundarias, en las que pueden o no coincidir los procesos según el agricultor y las flechas indica el sentido del proceso. Los procesos de cultivo y empaque se distinguen entre sí por el cambio de color en los recuadros de las operaciones.

### **Índice beneficio-costo (BC) para cada sistema de producción**

De acuerdo a los resultados expuestos en la Figura 4 los valores de BC mayores a 1, reflejan la ganancia del productor, mientras que los BC menores que 1 indican que los sistemas de producción no son rentables (Sánchez-Morales *et al.*, 2014). Lo anterior confirma que la producción de cilantro es rentable para los productores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 y 13; mientras que para los productores 8, 9 y 12 representa una inversión mal aprovechada donde las ganancias dependen del tipo del cliente y el precio que ofrece, según las demandas del mercado. Específicamente, el Productor 11 obtuvo una relación BC baja debido a que el precio de venta fue el más bajo registrado durante la toma de datos con \$38.00; este productor vendió su producto en el mercado local de Huixcolotla, mientras que mayor precio registrado fue de \$70.00, para el Productor 10 que vendió al mercado internacional (Figura 4).

Algunas actividades agrícolas tradicionales como riego rodado, uso de arado de discos o yunta con tracción animal, control biológico de plagas y enfermedades no permiten que puedan cumplir con los requisitos de regulación, y el producto no es competitivo para mercado internacional. Otra problemática expresada por los encuestados fue la forma recurrente de escasez de agua; ésta situación ha provocado que los productores migren a otras regiones con mayor disponibilidad hídrica, según la temporada del año.

De manera general, tanto en los sistemas semi tecnificados como industriales, utilizan diversos insumos (cintilla, agua, fungicidas, fertilizantes, mano de obra) que difieren en costos y frecuencia de aplicación o uso, estos factores tendrán un efecto sobre el cálculo de su inversión y por lo tanto afecta la relación BC. Por ejemplo, se observó que el Productor 4 no utiliza cintilla (Figura 4) y además sólo aplica cuatro tipos de fungicidas; en comparación con otros productores, su cilantro está destinado al mercado local y regional, lo que contrapone la idea de que para obtener mayores ganancias es necesario comercializar el producto a nivel internacional.



**Figura 4. Indicadores de Beneficio-Costo de productores que utilizan un Sistema Semitecnificado (A) y Sistema Industrial (B) y el tipo de mercado al cual es destinado el producto. Donde; Sistemas de producción: ST= Semitecnificado; I= industrial; Mercados: L= Local; R= Regional; N= Nacional.**

Por lo que su inversión por hectárea es menor y la relación BC es la más alta registrada durante el análisis (2.24), a pesar de que lleva produciendo cilantro desde hace seis años, refleja un dominio mayor de su inversión en insumos en comparación con otros productores que llevan más tiempo con el cultivo (productores 1, 2, 3, 11 y 13). Adicionalmente se propone que la inversión destinada a los fertilizantes y fumigantes relacionados con un mal manejo del cultivo, se replantee y reinvierta de mejor manera en el manejo inocuo del cilantro, por ejemplo: en estaciones de lavado de manos o equipo de trabajo para los jornaleros.



Los sistemas de producción ubicados en Los Reyes de Juárez, Puebla utilizan una gran variedad de insumos para su producción lo cual contrasta con los principios de la agricultura sustentable, en la que se busca minimizar la dependencia de los productos químicos (Silva-Santamaría y Ramírez- Hernández, 2016) para fertilizar los suelos y controlar plagas o enfermedades en los cultivos. Además, sería necesario contemplar una evaluación ambiental del manejo de dichos insumos.

A pesar de que los sistemas de producción industriales son considerados no sustentables, es recomendable hacer una evaluación completa de sustentabilidad para asegurarlo, por otra parte, la producción de cilantro representa un buen negocio hasta el momento, para los productores grandes, de acuerdo con lo mencionado por el presidente de UNACOMEX. Ahora, si bien las ventas para el mercado internacional muestran un escenario más rentable de producción, es necesario contemplar que deben contar con toda una estrategia para garantizar el transporte además del manejo especializado para darle el valor agregado al producto, incluyendo mantener las demandas de los clientes, cubrir entregas, generar sus rutas de reparto, entre otros. Lo anterior si se considera que el destino de la producción fue: 38.5% de exportación a Estados Unidos, el 30.7% vende al comercio local y regional (Mercado de Huixcolotla y Central de abastos de la ciudad de Puebla), el 15.4% vende a diferentes mercados: local, regional y nacional, y finalmente el 15.4% únicamente al mercado nacional.

### **Efectos de la alerta sanitaria sobre los sistemas de producción**

De acuerdo con la información obtenida en las entrevistas con los informantes clave, el impacto de la alerta sanitaria 24-23 y sus consecuencias se percibe de diferente manera entre los productores, y está asociado a una presión económica ya existente por la venta del producto. En la Figura 4B se muestra la relación beneficio costo por hectárea bajo un sistema industrial de producción para el mercado nacional y el internacional. Mientras que la información recabada con el presidente de la Unión de Exportadores de Hortalizas (UNACOMEX), manifiesta que el impacto con la implementación de esta veda sanitaria impactó económica y socialmente a los productores, de ahí la necesidad de colaborar como sociedad de productores y formar la UNACOMEX en 2015. También se consideró que con los productores con sistemas tecnificados, resulta más factible realizar los cambios requeridos para dar cumplimiento con la legislación vigente de exportación, mientras que para los pequeños productores son mayores las dificultades en cuestión de inversiones para infraestructura y algunos obstáculos





burocráticos no esperados. Asimismo, para los grandes productores el riesgo económico es mayor, pero también las ganancias, por lo que mantienen el interés en generar mejoras para su sistema y de esta manera mantenerse como proveedor confiable de cilantro. Incluso se menciona que entre los cambios realizados se encuentra la contratación de técnicos y especialistas en inocuidad a partir de la detección del parásito *C. cayetanensis* en el cilantro de los Reyes de Juárez.

Al mismo tiempo, la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER) y los productores de hortalizas de Puebla, consideran importante fortalecer al sector agrícola, destacando la necesidad de realizar campañas sobre la importancia de la inocuidad. Las dependencias SENASICA y COFEPRIS han abordado la problemática de inocuidad con los productores de cilantro mediante la implementación de las 11 medidas del SRRC. Adicionalmente las empresas que deseen ser proveedores confiables de cilantro para Estados Unidos deben estar en la “lista verde” de la FDA, estos sitios de producción y de empaque catalogados como permitidos para exportar durante el periodo que dura la alerta (de abril a agosto), basado en la Norma de Inocuidad de los productos agrícolas frescos, FSMA, por sus siglas en inglés, la cual establece los estándares mínimos para la producción y cosecha inocua de frutas y hortalizas que se producen comercializan y consumen frescas (FDA, 2021).

## Conclusiones

1. Los sistemas de producción de cilantro de los Reyes de Juárez, Puebla se clasificaron como tradicionales, semi tecnificados e industriales de acuerdo con las operaciones y herramientas de uso agrícola. 2. En relación con el índice de Beneficio-Costo de los productores, destacan el valor 2.24 correspondiente al productor que abastece de cilantro el mercado local y regional y el productor con un BC de 1.5 quien exporta el producto haciendo evidente su adaptación a las demandas de los mercados internacionales. Lo anterior debido a la implementación de la Alerta 24-23 la cual generó gran preocupación entre los productores y empacadores de cilantro obligándolos a optar por la tecnificación e industrialización de sus sistemas para cumplir con las demandas de inocuidad.



## Literatura Citada

- Demin, P. E. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. 1ª. ed. Ediciones INTA. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca, España, 28 p.
- FDA (Food and Drugs Administration). 2021. Import Alert 24-23, detention without physical examination of fresh cilantro from the state of Puebla, Mexico – Seasonal (April 1 - August 30). [https://www.accessdata.fda.gov/cms\\_ia/importalert\\_1148.html](https://www.accessdata.fda.gov/cms_ia/importalert_1148.html) [consultado el 02 de mayo de 2021].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Los Reyes de Juárez, Puebla. México.  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21118.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21118.pdf) [consultado el 14 de abril de 2021].
- Quintana, R. D. 2007. Intervenir o no intervenir en el desarrollo: es, o no es la cuestión. Cuadernos de Desarrollo Rural 59:63-86.
- Sánchez-Morales, P., Ocampo-Fletes, I., Parra-Inzunza, F., Sánchez-Escudero, J., María-Ramírez, A. y A. Argumedo-Macías, 2014. Evaluación de la sustentabilidad del agroecosistema maíz en la región de Huamantla, Tlaxcala, México. Revista Agroecología 2(9):111-122.
- Sánchez-Gómez, C., Caamal-Cauich, I. y M. Valle-Sánchez. 2019. Exportación hortofrutícola de México hacia los Estados Unidos de América. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional 29(54): e19766.
- Silva-Santamaría, L. y O. Ramírez-Hernández. 2016. Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque, Cuba. Luna Azul. Cuba. p. 120-152.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2017. Puebla con amplias posibilidades de incrementar exportaciones de hortalizas. Puebla, México.  
<https://www.gob.mx/agricultura/puebla/articulos/puebla-con-amplias-posibilidades-de-incrementar-exportaciones-de-hortalizas?idiom=es> [consultado el 13 de mayo de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Boletín de exportaciones: Cilantro. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/Marzo\\_cilantro\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/Marzo_cilantro_2018.pdf) [consultado el 15 de mayo de 2021].



- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018<sup>a</sup>. Boletín de exportaciones: Cilantro. México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/Marzo\\_cilantro\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/Marzo_cilantro_2018.pdf) [consultado el 11 de abril de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018b. México exportó 64 mil 647 toneladas de cilantro, en 2017. México. <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/mexico-exporto-64-mil647toneladasdecilantroen2017?idiom=es#:~:text=En%202017%20M%C3%A9xico%20export%C3%B3%2064,volumen%20de%20exportaci%C3%B3n%20increment%C3%B3%20123.2%25>. [consultado el 3 de abril de 2021].
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2021. Listado de proveedores confiables que aplican las medidas para prevenir o reducir los riesgos de contaminación microbiana en la producción primaria. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/81885/Proveedor\\_Confiable\\_Cilantro.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/81885/Proveedor_Confiable_Cilantro.pdf), [consultado el 5 de agosto de 2021].
- Tibaduiza, R. V. 2018. Sistema de producción y manejo del cilantro en los Reyes de Juárez, Puebla: impacto en la inocuidad del producto. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, Puebla, México. 102 p.
- Tibaduiza, V., A. Huerta, J. Morales, A.M. Hernández y E. Muñiz. 2017. Sistema de producción del cilantro en Puebla y su impacto en la inocuidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(4):773-786.
- Toscana, A C. Rodríguez y M. Nieves. 2016. Política ambiental, despojo y movimientos socioambientales en el ámbito rural mexicano. *Revista Economía* 68(107):89-107.



## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL FRUTO EN SELECCIONES DE RAMBUTÁN EN EL CENTRO DE VERACRUZ

María del Carmen Pablo Mendoza<sup>1\*</sup>, Carmen Suarez Cuello<sup>2</sup>, Gregorio Hernández Salinas<sup>2</sup>, Rolando Misael Tlaxcala Méndez<sup>1</sup>, Olga Santiago Trinidad<sup>1</sup> y Carlos Rutilio Monroy Rivera<sup>1</sup>

### Resumen

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es un fruto tropical de importancia nacional e internacional por su valor económico y nutricional. El objetivo del presente estudio fue evaluar las características físicas y químicas en el fruto de seis selecciones de rambután. El estudio se realizó en una plantación experimental de 23 años de edad, establecida bajo un diseño experimental completamente al azar. El muestreo se realizó de manera selectiva dirigido a árboles de apariencia sana, libre de plagas y enfermedades. Con los datos obtenidos se realizó análisis de varianza, prueba de comparación de medias por Duncan y tablas modas. Se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) en las variables peso fresco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de epicarpio, grosor de arilo, largo de semilla, peso de arilo, porcentaje de arilo, peso de semilla, porcentaje de semilla, peso de epicarpio, porcentaje de epicarpio, sólidos solubles totales, número y largo espiternos, porcentaje de ácido cítrico y diferencia en la tendencia del color de epicarpio. Las seis selecciones presentaron valores mayores de sólidos solubles totales a 18°Bx. Los frutos de la selección 42 destacaron al presentar peso fresco mayor a 33.28 g, grosor de arilo de 6.75 mm, peso y porcentaje de 17.98 g y 53.78%, respectivamente. La selección 40 presenta los valores más bajos en peso de fruto 23.84 g y con respecto al arilo, el grosor fue de 4.88 mm, peso de 10.29 g y porcentaje de 42.87%. Los frutos de la selección 42 fueron estadísticamente superiores en peso fresco, diámetro ecuatorial, grosor y porcentaje de arilo, por lo que se recomienda la propagación vegetativa para el establecimiento de plantaciones, debido a que cumple con los estándares de

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental El Palmar. Tezonapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Extensión Tezonapa, Veracruz, México. Autor para correspondencia: pablo.maria@inifap.gob.mx



comercialización establecidos en la norma del Codex para el rambután (CODEX STAN 246-2005) y la Norma Mexicana NMX-FF-131-SCFI-2017.

**Palabras clave:** *Nephelium lappaceum* L., tamaño de fruto, sólidos solubles totales, características cualitativas

## Introducción

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es un árbol de clima tropical. Los frutos de *N. lappaceum* son climatéricos, con forma de erizo de mar, redondos u ovalados, con variaciones en las tonalidades de epicarpio amarillo y rojo y se consume en su mayoría como fruta fresca debido a su alta calidad nutrimental (Arias *et al.*, 2014). En México se reporta una superficie sembrada de 902 hectáreas, de las cuales el 94% se localiza en Chiapas y en menor porcentaje Oaxaca, Tabasco, Michoacán y Nayarit (SIAP, 2019).

A nivel internacional, la comercialización del rambután está regulada por la norma del Codex para el rambután (CODEX STAN 246 - 2005), establecida por el Codex Alimentarius, donde indica los criterios siguientes: los frutos deben presentar color rojo uniforme, libre de lesiones, peso del fruto mayor a 30 g y sólidos solubles totales de 16 a 18% (FAO y OMS, 2007). En México, existe la Norma Mexicana NMX-FF-131-SCFI-2017 “Productos alimenticios no industrializados para el consumo humano-fruta fresca –rambután (*Nephelium lappaceum* L.) – especificaciones y métodos de prueba”, con las características siguientes: frutos con un grado apropiado de desarrollo y madurez de conformidad con los criterios particulares de la variedad, soportar el transporte y el manejo, el tamaño del fruto queda sujeto a las necesidades del mercado, la clasificación de calidad se define como: categoría Extra, 1 y 2; la presentación del fruto puede ser individual o en racimo y con un una concentración de °Brix mínima de 18.

La producción comercial de rambután ha aumentado considerablemente en el sur de México, por lo que el mercado y los productores demandan materiales vegetales evaluados que respondan a las exigencias de calidad que requiere el mercado consumidor. Pérez y Pohlan (2004) señalan que el cultivo de rambután puede ser una alternativa accesible y económica



para una transformación ecológica de zonas frutícolas y cafetaleras en altitudes entre 100 y 700 m.

Por lo que una alternativa a ello, es la que propone el Campo Experimental el Palmar, ubicado en la zona centro de Veracruz, el cual ha generado seis selecciones de rambután denominadas 2, 15, 19, 40, 42, y 51, que presentan diferencias en el periodo de cosecha que van de los 77, 92 y 107 días en alcanzar la madurez óptima para consumo (Pablo-Mendoza *et al.*, 2020). Del Ángel-Pérez *et al.* (2014) mencionan que existen diferencias en el tamaño y peso de fruto, desprendimiento de arilo y dulzura, por lo que es importante que la evaluación de variables físicas y químicas se realice con la madurez comercial adecuada (caracterizada por un 90% de coloración roja en el epicarpio). Con base en lo anterior, el objetivo fue evaluar las características físicas y químicas en el fruto de seis selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en el centro de, Veracruz, México.

## **Materiales y Métodos**

La investigación se realizó del 31 de agosto al 30 de septiembre de 2020, en una huerta experimental de rambután de 23 años, propiedad del Campo Experimental “El Palmar” del INIFAP, en Tezonapa, Ver., localizado en el kilómetro 16 de la carretera municipal Tezonapa-Palmar (18° 30' 4" de latitud norte, 96° 45' 48" de longitud oeste), a una altitud de 120 m. El clima es Am, cálido húmedo, con lluvias en verano en donde la temperatura media anual es mayor de 18°C (García, 1998), precipitación de 1898 mm al año. Los suelos son de tipo rojos lateríticos, con buen drenaje, pH de 4.2 a 5.9 y con una textura de migajón arcillo-arenoso (INIFAP, 2015).

Los árboles de rambután se distribuyeron en un diseño completamente al azar. El muestreo fue selectivo dirigido sobre árboles de apariencia sana, libres de plagas, enfermedades y con floración pistilada. Se evaluaron 30 árboles en total (cinco de cada selección) donde se cosecharon 20 frutos (100 por cada selección, 600 frutos evaluados), a una altura media de la copa, toda vez que presentaron madurez de consumo, caracterizada por un 90% de coloración roja en el epicarpio. Posteriormente, se guardaron en bolsas de papel y se trasladaron al laboratorio para su análisis en condiciones de temperatura ambiente.



De los 100 frutos cosechados, en 80 de ellos se evaluó el diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grosor de epicarpio (GE), grosor de arilo (GA), largo y ancho de semilla (LS y AS); expresados en milímetros y cuantificados mediante un vernier digital marca TRUPER® (precisión de 0.001 mm). El peso fresco de fruto (PF), semilla (PS), arilo (PA) y epicarpio (PE) se determinó con la ayuda de una balanza digital de la marca OHAUS® - modelo YS2101 precisión 0.1 g y el resultado se expresó en gramos (g). El porcentaje (%) de semilla, arilo y epicarpio se estimó mediante la ecuación siguiente:

$$\% \text{ arilo, semilla y cascara} = \frac{(\text{peso de semilla, arilo o epicarpio})(100)}{\text{peso fresco}}$$

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con un refractómetro digital marca (ATAGO®) y modelo (Hybrid PAL-BXIACIDI9, °Brix: ±0.2 %, precisión ±10% [1.01 a 8.80 %]) ±1°C), cuyo dato se reportó en °Brix.

En los 20 frutos cosechados restantes se determinó mediante observación las siguientes variables: color de epicarpio con ayuda de las Tablas Munsell (MUNSELL PLANT TISSUE COLOR BOOK) los datos se expresaron en valores de tono, luminosidad y saturación [la combinación de los tres parámetros de color es anotado (T L/S)]; forma del fruto mediante los descriptores del IPGRI (2003). Para el color de la base del espiterno se consideró dos criterios (1= rojo y 2= amarillo) y para la extremidad tres criterios (1= rojo, 2= amarillo y 3= verde). Para el número de espiterno se cortó un centímetro cuadrado (cm<sup>2</sup>) del epicarpio y se cuantificó el total de ellos, el largo se midió con un vernier digital marca TRUPER®, con una precisión de 0.001 mm y se expresó en mm. La adherencia del arilo a la semilla se evaluó bajo tres criterios (1= ausente, 2= poca y 3= mucha) y la adherencia de la testa de la semilla al arilo considerando cuatro criterios (1= ausente, 2= poca, 3= media y 4= mucha) de acuerdo con el método de Aparecida *et al.* (2008).

Se cuantificó el porcentaje de ácido cítrico (% AC) mediante el método de la AOAC (1990), se analizaron 5 muestras compuestas de 16 frutos por selección, 30 muestras en total analizadas y se calculó el % AC mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{\text{gasto} \times 0.1 N \times 0.064 \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$



### **Análisis estadístico**

Se analizaron bajo un diseño completamente al azar, las variables de porcentaje de ácido cítrico, peso fresco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de epicarpio, grosor de arilo, largo y ancho de semilla, sólidos solubles totales, peso y porcentaje de la semilla, peso y porcentaje de epicarpio, peso y porcentaje de arilo, largo y número de espiterno. Se aplicó la prueba de Kolmogorov-smirnov para determinar si los datos cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, y posteriormente se realizó análisis de varianza de una vía y prueba de comparación de medias por Duncan ( $p \leq 0.01$ ), usando el software R studio Versión 4.0.5. (R Core Team, 2020).

Las variables color de epicarpio, forma de fruto; adherencia del tegumento a la semilla y adherencia del arilo en la semilla se determinaron mediante el uso de medidas de tendencia central "Moda" Microsoft Excel 2016.

### **Resultados y Discusión**

El peso fresco de fruto osciló entre los 28.25 g a 33.28 g, destacando la selección 42 que presentó el mayor valor (Cuadro 1), de acuerdo con la norma del Codex para el rambutan, los frutos deben presentar un peso mayor a 30 g. para que sean aptos para la comercialización (FAO y OMS, 2007), por lo que los de la selección 42 y 15 cumplen con este criterio. Respecto al epicarpio del fruto, denominado comúnmente como cáscara, todas las selecciones presentaron entre 2 y 3 mm de grosor; el arilo que constituye la parte comestible del fruto fue mayor en la selección 42 (Cuadro 1).

En lo referente al análisis de los componentes del fruto (arilo, semilla y epicarpio), la selección 42 sobresale, ya que el 53.78% del fruto está constituido por el arilo, presentando diferencias significativas; con respecto al epicarpio la selección 15 presenta los mayores valores en grosor, peso y porcentaje de epicarpio 53.18% (Cuadro 2); sin embargo, Caballero-Pérez *et al.* (2011) reportan que en la variedad RI-104 el 62.19% del fruto corresponde al epicarpio, por lo que las selecciones analizadas no superan esta característica.





**Cuadro 1. Características físicas de frutos en seis selecciones de rambután, cultivados en el campo Experimental El Palmar.**

Selección	Peso fresco (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Grosor de epicarpio (mm)	Grosor de arilo (mm)
2	29.65 bc	49.68 a	34.58 c	3.42 ab	4.72 c
15	31.23 b	48.12 b	36.64 b	3.62 a	5.73 b
19	28.47 c	40.32 d	36.26 b	3.33 b	5.45 b
40	23.84 d	39.50 d	34.91 c	2.62 d	4.84 c
42	33.28 a	45.99 c	38.40 a	2.86 c	6.75 a
51	28.25 c	45.60 c	35.09 c	2.88 c	5.79 b

Valores con letra diferente en cada columna representa diferencia significativa entre tratamientos (selección), de acuerdo con la prueba de Duncan, ( $p \leq 0.01$ .  $n = 80$ ).

**Cuadro 2. Análisis de los componentes del fruto en seis selecciones de rambután.**

Selección	Arilo		Semilla		Epicarpio		Semilla	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)	Largo (mm)	Ancho (mm)
2	11.60 b	38.74 d	2.67 b	9.06 c	15.38 b	52.20 ab	26.40 a	13.28 b
15	12.71 b	40.34 cd	1.99 c	6.48 e	16.53 a	53.18 a	23.98 b	13.47 b
19	12.11 b	42.22 bc	2.19 c	7.83 d	14.17 c	49.95 b	19.68 e	15.03 a
40	10.29 d	42.87 b	2.93 a	12.47 a	10.62 e	44.66 c	22.22 d	15.52 a
42	17.98 a	53.78 a	2.72 b	8.25 d	12.58 d	37.96 d	23.54 bc	15.54 a
51	12.28 b	43.52 b	2.81 ab	9.95 b	13.16 d	46.52 c	23.04 cd	13.29 b

Valores con letra diferente en cada columna representa diferencia significativa entre tratamientos (selección), de acuerdo con la prueba de Duncan, ( $p \leq 0.01$ .  $n = 80$ ).

En el contenido de los sólidos solubles totales, cinco de las seis selecciones analizadas en el presente trabajo presentan valores mayores a 20°Bx, aunque la selección 51 presenta un valor de 18.93°Bx y cumple con los requerimientos de la norma del Codex para el rambutan y la Norma Mexicana NMX-FF-131-SCFI-2017. Avendaño-Arrazate *et al.* (2018) mencionan que los frutos cosechados del clon RJA contienen 22 °Bx; por lo tanto, la selección 15 supera en un 3.77% a este cultivar. En la variable ácido cítrico, la selección 2 tuvo mayor contenido de ácido cítrico (1.14%) y en menor cantidad la selección 19 (0.17%) (Cuadro 3), estos resultados concuerdan parcialmente con lo reportado por Del Ángel *et al.* (2014); dado que existe una variación con respecto a la cantidad de ácido cítrico, ya que los valores reportados son menores en esta investigación, esto puede ser debido a la madurez fisiológica que tenía el



fruto cuando se realizó el análisis. Por su parte, Avendaño-Arrazate *et al.* (2018) enfatizan que la acidez se relaciona con factores de estrés hídrico, manejo de podas y anillados en los árboles.

**Cuadro 3. Características químicas del fruto de selecciones de rambután.**

Selección	°Brix <sup>x</sup>	Ácido cítrico (%) <sup>y</sup>
2	20.96 c	1.14 a
15	22.86 a	0.36 bc
19	21.79 b	0.17 c
40	20.44 c	0.40 bc
42	20.46 c	0.63 b
51	18.93 d	0.44 bc

Valores con letra diferente en cada columna representa diferencia significativa entre tratamientos (selección), de acuerdo con la prueba de Duncan, ( $p \leq 0.01$ . <sup>x</sup>n = 80, <sup>y</sup>n= 5) muestras compuestas de 16 frutos por selección.

Los espiternos se encuentran en la parte superficial del epicarpio, se encontraron diferencias significativas en el número y largo de espiterno, la selección 2 y 51 presentaron el mayor número y en menor cantidad y longitud la selección 42 (Cuadro 4), en los espiternos se localizan los estomas que oscilan entre 50 hasta 250 estomas por mm<sup>2</sup>, según la variedad evaluada (Avendaño- Arrazate *et al.*, 2011; Kothagoda y Rao, 2012), sin embargo, no existe relación directa con la susceptibilidad a la oxidación del epicarpio (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2011).

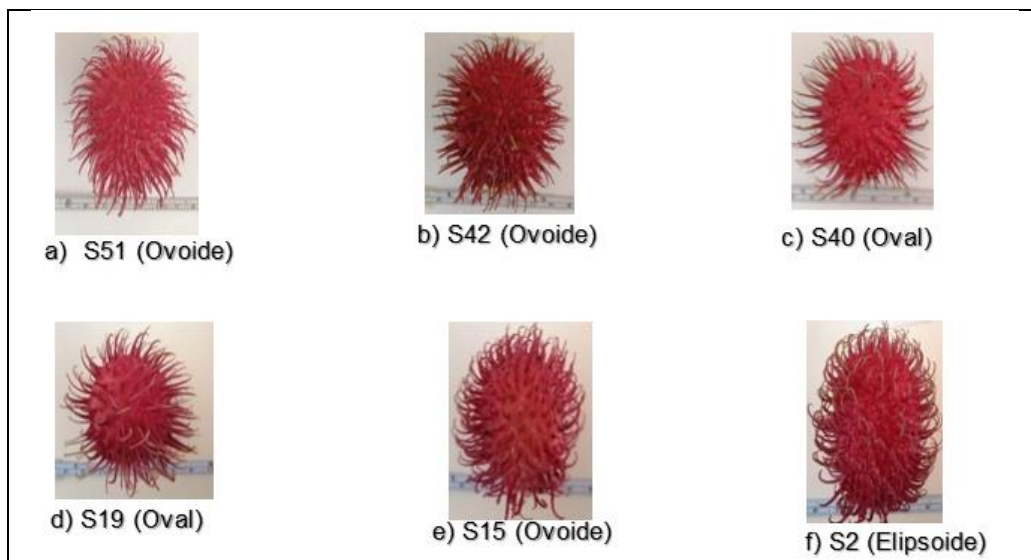
**Cuadro 4. Número y largo de espiternos de frutos en seis selecciones de rambután.**

Selección	Número de espiterno	Largo de espiterno
2	13.15 a	11.72 b
15	10.15 bc	11.87 b
19	10.95 b	13.33 a
40	9.35c	11.26 b
42	8.82 c	9.71 c
51	12.32 a	13.98 a

Valores con letra diferente en cada columna representa diferencia significativa entre tratamientos (selección), de acuerdo con la prueba de Duncan, ( $p \leq 0.01$ . n = 20).

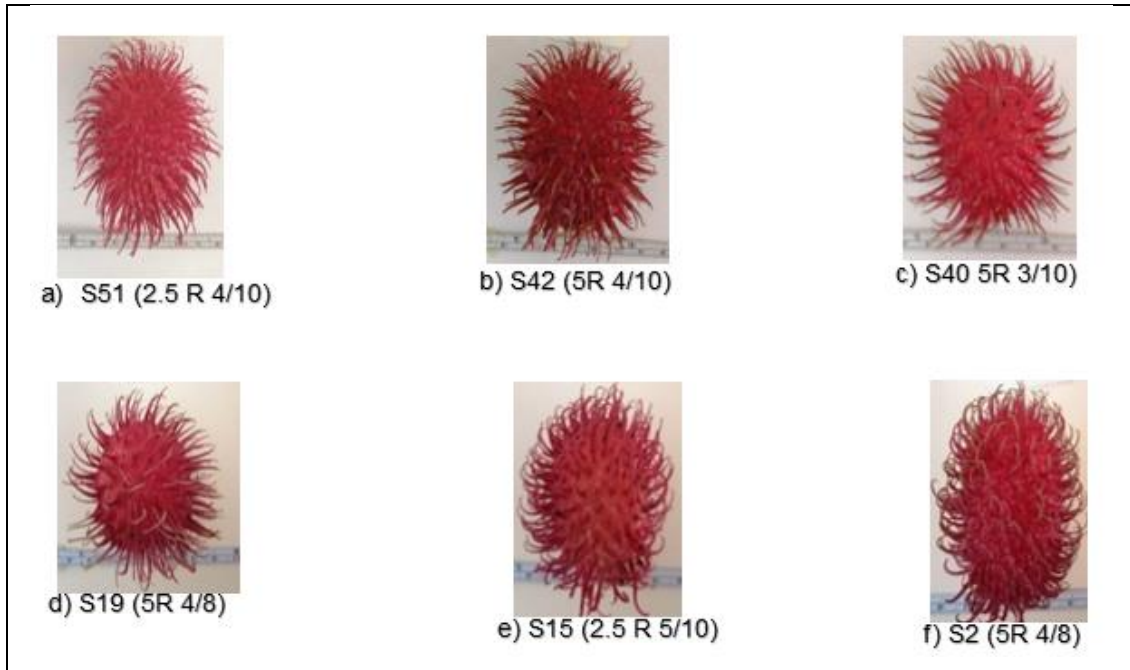


Los frutos de las selecciones 15, 42 y 51 son de forma ovoide, de forma oval los de la 19 y 40 y elipsoide los de la selección 2 (Figura 1). Ramírez *et al.* (2003) mencionan que en la fase I inicia el desarrollo del fruto se presenta una forma esférica y en la fase II se manifiesta un crecimiento mayor en longitud que ancho y espesor; este factor es debido a que los frutos de rambután presentan un crecimiento simple sigmoide (Pablo-Mendoza *et al.*, 2020). Moreno (2013) señala que variedades criollas cultivadas en Chiapas produjeron frutos de forma oval, lo cual coincide con las selecciones 19 y 40 evaluadas en el presente estudio; mientras que, en Costa Rica, las variedades R134, R162, R167, Jitlee y Rongren registraron frutos ovalados (Vargas, 2003).



**Figura 1. Forma de los frutos de rambután correspondientes a las selecciones: a) 51, b) 42, c) 40, d) 19, e) 15 y f) 2.**

Los frutos analizados en el presente estudio manifestaron un color rojo con tonalidades de 2.5R 4/10 a 5R 4/10 (Munsell Color Firm, 1977) (Figura 2). En evaluaciones similares, Faire (2001) señala que las variedades RI (Rosario Izapa) presentaron epicarpio de color rojo; de acuerdo con la norma del Codex para el rambutan, los frutos deben presentar un color uniforme, por lo que los frutos de la selección 2 cumplen con este criterio.



**Figura 2. Frutos de rambután correspondientes a las selecciones: a) 51, b) 42, c) 40, d) 19, e) 15 y f) 2.**

## Conclusiones

El peso fresco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de epicarpio, grosor de arilo, largo de semilla, peso de arilo, porcentaje de arilo, peso de semilla, porcentaje de semilla, peso de epicarpio, porcentaje de epicarpio, sólidos solubles totales, número de espiternos, largo de espiterno y porcentaje de ácido cítrico cambia en las seis selecciones evaluadas. Se recomienda propagar mediante injerto la selección 42 para el establecimiento de plantaciones comerciales, debido a que cumple con los estándares de comercialización nacionales e internacionales establecidos en la norma del codex para el rambutan (CODEX STAN 246-2005) y la Norma Mexicana NMX-FF-131-SCFI-2017.



## Literatura Citada

- AOAC. 1990. Association of Official Analytic Chemists. William Horwitz (ed.). 12<sup>th</sup> edition. Washington, D. C., USA. 1094 p.
- Aparecida, A. R., E. G. De Macedo L., A. B. Geraldo, M., R. Cesar, P. y J. L. Pitta, J. 2008. Caracterización morfológica e química de frutos de rambutan. Rev. Bras. Frutic 30 (4):958-963.
- Arias, M. T y V. Calvo, I. 2014. Cultivo de rambután o mamón chino. Folleto técnico No. 0729. MAG/INTA/FIFTACORI. San José, Costa Rica. 82 p.
- Avendaño-Arrazate, C. H., L. Arévalo-Galarza, A. Sandoval-Esquivel, J. F. Caballero-Pérez, 2011. El rambután (*Nephelium lappaceum*) un cultivo con amplio potencial de explotación en el sur de México. Agroproductividad 2(4):9-17.
- Avendaño-Arrazate, C. H., Moreno-Pérez, E. C., Martínez-Damián, M. T., Cruz-Alvarez, O. y Vargas-Madríz, H. 2018. Calidad y comportamiento poscosecha de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) por efectos de prácticas agronómicas. Revista Chapingo Serie Horticultura 24 (1):13-26.
- Caballero-Pérez, J. F., L. Arévalo-Galarza, C. H. Avendaño-Arrazate, J. Cadena-Iñiguez, G. Valdovinos-Ponce, y J. F. Aguirre-Medina. 2011. Cambios físicos y bioquímicos durante el desarrollo y senescencia de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 17 (1):31-38.
- Del Ángel-Pérez, A. L., Adame-García, J. y Villagómez-del Ángel, T. E. 2014. Características sensoriales y físico-químicas de seis clones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) como indicadores del potencial de cultivo en Veracruz, México. Rev. Fac. Argón (Luz) 31: 253-273.
- Faire, V. G. 2001. El rambután: Alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México. Folleto técnico No.1. SAGARPA. INIFAP.CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. 38 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación) y OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Codex alimentarius Frutas y Hortalizas Frescas. Norma del codex para el rambutan (CODEX ESTAN 246-2005). Roma. 204 p.
- García, E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM, México, 96 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2015. Red nacional de estaciones meteorológicas. Veracruz. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>. [consultado el 8 de mayo del 2020].



- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 2003. Annual Report. 44 p.
- Kothagoda, N. y N. Rao, A. 2012. Fruit Anatomy of Four *Nephelium* species-with special reference to aril development. *Journal of tropical medicinal plants* 13(2):199-212.
- Moreno, M. E. G. 2013. Efectos de prácticas agronómicas en la calidad postcosecha de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco. Edo. de México., México. 90 p.
- Pablo-Mendoza, M. C., O. Santiago-Trinidad, R. M. Tlaxcala-Méndez, C. R. Monroy-Rivera, y C. Suarez-Cuello. 2020. Perfil de crecimiento de fruto de rambután en Veracruz, México. p 53. *In: Memoria del 2do Congreso Internacional de Agroecosistemas Tropicales 2020*. Conkal, Yucatán., México.
- Pérez, R. A. y J. H. Pohlman A. 2004. Prácticas de cosecha y postcosecha de rambután en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista de Agroecología* 20(3):24-26.
- R. Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, T., Alix, C. y Rafie, A. 2003. Manual para el cultivo de rambután en Honduras. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), San Pedro Sula. Honduras. 86 p.
- SIAP (Servicios de Información Alimentaria y Pesquera). 2019. Producción de rambután por estado. Veracruz. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 23 de Julio del 2021].
- Vargas, A. 2003. Descripción morfológica y nutricional del fruto de rambután (*Nephelium lappaceum* L). *Rev. Agronomía Mesoamericana* 14(2):201-206.



## PRODUCTIVIDAD DE GRANO Y FORRAJE DEL HÍBRIDO DE MAÍZ TROPICAL H-567

*Mauro Sierra Macías<sup>1\*</sup>, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo<sup>1</sup>, Noel Orlando Gómez Montiel<sup>2</sup>,  
Alejandro Espinosa Calderón<sup>3</sup>, Francisco Javier Ugalde Acosta<sup>1</sup>, Sabel Barrón Freyre<sup>4</sup>, Clara Ríos Isidro<sup>1</sup> y  
Pablo Andrés Meza<sup>5</sup>*

---

### Resumen

Con el objetivo de conocer el rendimiento de grano y forraje y las características agronómicas de híbridos de maíz adaptados a la región tropical en el sureste de México, durante 2010 al 2016, se evaluaron híbridos de maíz en 11 ambientes del área tropical en los estados de Veracruz y Tabasco en los que resultó sobresaliente el H-567; este híbrido registró un rendimiento de grano de 6375 kg/ha, 11% más que el testigo comercial H-520. Así también, a través de 10 parcelas de validación, este híbrido superó en 12% al mismo testigo. En el ciclo primavera verano 2018, se evaluó la productividad de forraje verde de 12 híbridos de maíz en el Campo Cotaxtla, INIFAP, fueron sobresalientes al 0.05 de probabilidad, los híbridos: H-567, HE7B, HE12B, HE11B, HE3B y HE13B con 68.75, 67.19, 66.76, 64.49, 61.93 y 61.36 t/ha, respectivamente; estos híbridos registraron, una relación peso de mazorca/peso de planta entre 0.35 y 0.42, valor que sugiere que estos materiales presentan buena calidad en el forraje en virtud de la proporción de la mazorca en el peso total de la planta. En siembras con productores ganaderos en el estado de Veracruz, en 2019 y 2020 con el híbrido H-567 se obtuvieron rendimientos entre 35 y 64 t/ha de forraje verde. Los mejores rendimientos se lograron en la región intermedia con 64 t/ha y en Huixcolotla, municipio de Tierra Blanca, con un rendimiento de 53 t/ha. Este híbrido es de grano blanco, con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50; buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca; tolerante al acame, con buena cobertura de mazorca y bajo porcentaje de mazorcas podridas. Los

---

<sup>1</sup> Investigadores del programa de maíz Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34 Carr. Veracruz Córdoba Mpio. de Medellín de Bravo, Ver., \*Autor para correspondencia: [sierra.mauro@inifap.gob.mx](mailto:sierra.mauro@inifap.gob.mx); [mauro\\_s55@hotmail.com](mailto:mauro_s55@hotmail.com)

<sup>2</sup> Campo Experimental Iguala, INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

<sup>4</sup> Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP.

<sup>5</sup> Universidad Veracruzana.



rendimientos obtenidos en experimentos y parcelas de validación sugieren que el híbrido H-567, representa una buena alternativa para la siembra comercial de maíz para grano y forraje por parte de los agricultores maiceros y ganaderos en el sureste de México.

**Palabras clave:** heterosis, híbridos, trópico, *Zea mays* L.

## Introducción

La superficie nacional de maíz 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 directo 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. Sin embargo, anualmente se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. Del maíz se obtiene el 59% de la energía y el 39% de la proteína que ingiere el mexicano. (SAGARPA, 2012; Betanzos *et al.*, 2003).

En la región tropical 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 donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas (Sierra *et al.*, 2016).

En el mejoramiento de maíz para el trópico se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz (Sierra *et al.*, 2019).

En híbridos se aprovecha el tipo de acción génica desviación de aditividad, dominancia y sobredominancia a través de los efectos de heterosis (Ramírez *et al.*, 2019; Reyes 1985). Por lo anterior, es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria general y específica, buen rendimiento “*per se*”, facilidad y rentabilidad en la producción de semilla y su tolerancia a las principales enfermedades (Ramírez *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2018; Reyes 1985; Espinosa *et al.*, 2012; Tadeo *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2021). En cuanto al tema de cruza interracial de maíz tropical y subtropical Velasco *et al.* (2019) encontraron heterosis positiva para rendimiento y sus componentes de -5.30 a 6.53% con 5.8% para rendimiento.





El desarrollo de genotipos estables y con alto rendimiento es importante, en virtud de que la adaptabilidad permite conocer la respuesta de los genotipos a los diferentes ambientes definidos por el clima, suelo y el manejo agronómico (Sierra *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017). Durante la época de estiaje, la disponibilidad de forraje para la alimentación del ganado es limitante, por lo que la producción de maíz para ensilaje representa una alternativa en la ganadería y su reconversión para la producción de carne y leche. (Palemón *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2021; Montemayor *et al.*, 2018; Zaragoza *et al.*, 2019). De una evaluación para determinar la productividad de forraje de híbridos de maíz en el Campo Cotaxtla se encontró que la dosis de fertilización 253-69-60, incrementó el rendimiento de forraje verde en un 15.06%. La mayor producción de forraje verde se obtuvo con el híbrido HE3B; así también, se incrementó el rendimiento cuando se aumentó la densidad de 62,500 a 100,000 plantas/ha, cuando se aplicaron altas unidades de nitrógeno (Rodríguez *et al.*, 2021). Es importante dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y empresas semilleras los genotipos, de manera que el agricultor tenga acceso a semilla de buena calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2014). La adopción de la semilla mejorada de maíz puede elevar de manera significativa el bienestar de los productores y de los consumidores (Flores y García, 2016).

Cuando se identifica un nuevo híbrido de maíz, se requiere caracterizar el híbrido y sus progenitores de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz, propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV) y registrarlo en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) y ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (SNICS, 2002).

El INIFAP produce la semilla de alto registro, con la cual se abastece a las empresas semilleras para producir la semilla certificada y es importante generar la tecnología de producción de semilla de los genotipos (Sierra *et al.*, 2011; Sierra *et al.*, 2019). Los objetivos del estudio fueron: 1) Conocer el rendimiento de grano y forraje y las características agronómicas del híbrido de maíz H-567 adaptado a la región tropical en el sureste de México. 2) Validar a una escala mayor el comportamiento de híbrido bajo condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores y 3) Desarrollar la tecnología para la producción de semilla del híbrido H-567.



## **Materiales y Métodos**

### **Localización**

El trabajo se llevó a cabo en Campo Experimental Cotaxtla, Ver., perteneciente al INIFAP, localizado geográficamente a los 19° 05´ LN y 96° 09´ LO, a una altitud de 15 m, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Ver. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano ( $Aw_1$ ). La precipitación y temperatura media anual son de 1336.8 mm y 25.4°C, respectivamente. Los suelos son vertisoles de textura franca, con un pH de 6.4 (INEGI, 2020). El establecimiento y conducción de experimentos y parcelas de validación se hizo en terrenos de productores en Campo Cotaxtla, Los bajos de Tlachiconal, Carlos A. Carrillo, Cuatutoloapan, Piedras Negras, Chicalpextle y Soteapan en Veracruz, Huimanguillo, Tab., e Iguala, Gro., localidades comprendidas en el área tropical húmeda de México que engloba de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004) al grupo climático A ( $Aw_0$ ,  $Aw_1$ ,  $Aw_2$ , Am y Af) y corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo.

### **Germoplasma utilizado**

Se trabajó con un grupo de híbridos trilineales experimentales de maíz, en las parcelas de validación para grano y forraje fue un grupo de genotipos sobresalientes. Particularmente en la parcela de validación en Cotaxtla durante 2018, en la que se hizo la evaluación para forraje, se incluyeron los híbridos H-567, HE7B, HE 12B, HE 11B, HE 3B y HE 13B, HE 10B, H-564C, HE 9B, HE 14B, H-566A, H-520. En la generación de tecnología para la producción de semilla y caracterización fue el híbrido de maíz H-567, sus progenitores y genotipos testigo. El H-567 es un híbrido trilineal cuyo progenitor hembra es la crusa simple LT164xLT165 y el progenitor macho es la línea experimental LT166, es decir, su nomenclatura es: (LT164 x LT165) x LT166.

### **Procedimiento**

Durante 2010 a 2018 se condujeron diferentes experimentos, parcelas de validación, refrescamiento de material genético y lotes de caracterización de híbridos de maíz entre ellos, el híbrido trilineal H-567 y sus progenitores, en Veracruz, Tabasco y Guerrero. En primavera verano 2012, 2013 y 2016, se condujeron parcelas de validación en terrenos de productores en una superficie de una hectárea en surcos separados a 80 cm, depositando a la siembra dos o tres semillas cada 40 cm para obtener una densidad de 62,500 plantas/ha. La fertilización para Cotaxtla se realizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el fósforo y un tercio del



nitrógeno al momento de la siembra, el resto del nitrógeno al momento del atierre. Para la producción de semilla del H-567, en 2017 se estableció un experimento en primavera verano, en el que se estudiaron tres factores: relación hembra macho, densidad de población, y dosis de fertilización. La parcela experimental constó de 6 surcos de 5 m de largo separados a 80 cm, con las combinaciones generadas se obtuvieron 8 tratamientos, mismos que se distribuyeron bajo un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. La caracterización del H-567 y sus progenitores se llevó a cabo durante 2015 y 2016, de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV).

### **Variables y registro de datos**

Las variables registradas en experimentos y lotes de validación durante el período de llenado de grano fueron: días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas y enfermedades. A la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca y humedad de grano. En la parcela de validación establecida en 2018 en el Campo Cotaxtla se registraron: rendimiento de forraje verde y relación peso de mazorca/peso total de planta. En semilla del H-567 y sus progenitores se midió: rendimiento de materia prima, rendimiento de semilla, forma y tamaño de la semilla. La caracterización de germoplasma de maíz, se llevó a cabo durante primavera verano 2015 y 2016, con genotipos sobresalientes y sus progenitores, así como testigos, el registro de datos se hizo en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo con dos repeticiones y se registraron las características vegetativas en 100 plantas y 40 mazorcas por repetición de cada una de las 66 características de acuerdo con el formato UPOV (SNICS 2002).

### **Métodos estadísticos**

En los experimentos de híbridos fueron utilizados diseños alpha látices y bloques al azar con dos repeticiones en parcelas de dos surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. Con pares de datos de 11 experimentos establecidos en los estados de Veracruz y Tabasco durante 2010 al 2016, para el híbrido trilineal H-567 y el testigo comercial H-520, (Cuadro 1) fueron analizados como datos apareados (Reyes, 1990). En tecnología de semillas los experimentos se distribuyeron bajo diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas (Reyes, 1990). Las



variables de cada actividad fueron analizadas estadísticamente con la prueba múltiple de medias correspondiente.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento de grano

Se obtuvieron rendimientos promedio de 6375 kg/ha para el híbrido H-567, es decir, 11% más en relación con el H-520, que registró un rendimiento de 5723 kg/ha, valor que sugiere significancia estadística al 0.05 de probabilidad de error, en virtud de que se encontró un valor para  $t$  Calculada=2.59\*; valor mayor que  $t_{0.05(10)}=2.23$ ; pero menor que  $t_{0.01(10)}=3.17$  (Sierra *et al.*, 2018; Sanchez *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017). Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2014).

**Cuadro 1. Rendimiento (kg/ha) de grano del híbrido H-567 en experimentos del 2010 al 2016**

Ambiente	Ciclo agrícola	H-520	H-567
Cotaxtla, Ver.	2010B	4451	5542
Tlachiconal, Ver.	2010B	6100	6877
Huimanguillo, Tab.	2012B	5083	5861
Cotaxtla, Ver.	2013B	4800	5600
Cotaxtla, Ver.	2014A	6800	6500
Cotaxtla, Ver.	2014B	6200	6500
Cotaxtla, Ver.	2014B	5442	6123
Huimanguillo, Tab.	2015B	6003	7112
Cotaxtla, Ver.	2016B	8003	8261
Carlos A. Carrillo, Ver.	2016B	5666	7042
Huimanguillo, Tab.	2016B	4405	4707
Promedio		5723	6375*
% Relativo		100	111

\*= Significancia de la comparación al 0.05 de probabilidad;  $T$  Calculada=2.59\*;  $t_{0.05(10)}=2.23$ ;  $t_{0.01(10)}=3.17$ ; A= Ciclo otoño invierno; B= Ciclo primavera verano.



### Validación del híbrido de maíz H-567

Con relación a las parcelas de validación de híbridos de maíz, estas se establecieron en 10 ambientes, para efecto de análisis se consideró cada localidad como una repetición; se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para genotipos y para ambientes y un coeficiente de variación de 12.22%, valor relativamente bajo, que sugiere de acuerdo con (Reyes 1990) confiabilidad de los resultados (Sierra *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2018) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento de grano de híbridos de maíz validación. Veracruz, Tabasco y Guerrero, 2012 a 2016.**

Fuente de variación	GL	CM
Genotipos	3	5.90**
Ambientes	9	3.20**
Error	27	0.39
CV (%)	12.22	

\*\* = Significancia al 0.01 de probabilidad; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación.

En cuanto al rendimiento de grano para cada genotipo, obtenido en las 10 parcelas de validación, se encontró que el híbrido H-567, registró un rendimiento de 5.93 t/ha, con significancia estadística al 0.05 de probabilidad y 12% más rendimiento en relación con el testigo H-520, híbrido comercial de mayor uso en el sureste de México (Cuadro 3). Lo anterior sugiere que el híbrido H-567, se adapta a la región tropical y representa una buena alternativa para su uso comercial en el sureste de México (Sierra *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2014).

**Cuadro 3. Rendimiento (t/ha) de híbridos de maíz. Validación Veracruz, Tabasco y Guerrero.**

Trat	Genealogía	Cot 2012B	Huim 2012B	Cuatot 2012B	PN 2012B	Iguala 2012B	Cot 2013B	Cot 2016B	Chical 2016B	Sot 2016B	Huim 2016B	Prom	% Rel
1	H-567	6.29	5.99	6.97	7.42	4.96	5.6	5.56	6.94	4.9	4.69	5.93*	112
2	H-520	5.27	5.2	6.36	7.02	4.56	4.8	4.55	6.61	3.66	4.78	5.28**	100
3	HE-3B	5.19	5.27	6.24	7.39	3.99	3.6	5.64	4.2	5.09	4	5.06	96
4	H-566 A	3.69	5.18	5.58	4.95	4.02	2.4	4.17	4	2.9	3.99	4.09	77
	Promedio	5.11	5.41	6.29**	6.70**	4.38	4.10	4.98	5.44	4.14	4.37	5.09	
	DMS0.05											0.57	
	DMS0.01											0.66	

Trat= tratamiento; B= Ciclo primavera verano; Huim= Huimanguillo, Tabasco; Cuatot= Cuatotolapan, Ver.; PN= Piedras Negras; Chical= Chicalpextle, Ver.; Sot= Soteapan, Ver. Prom= Promedio; % Rel= Porcentaje relativo.



## Índices ambientales

Los ambientes de Piedras Negras, Ver., 2012B y Cuatutoloapan, Ver. 2012B, registraron los más altos rendimientos de grano promedio con 6.7 y 6.27 t/ha, para cada ambiente, respectivamente, con índices ambientales de 1.61 y 1.27 altamente significativos en relación con el resto de los ambientes (Cuadro 4); por el contrario, los ambientes de Cotaxtla, Ver. 2013B y Soteapan, Ver., 2016B, tuvieron los rendimientos promedio más bajos e índices ambientales negativos (Sierra *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2018).

**Cuadro 4. Índices ambientales en lotes de validación de híbridos de maíz 2012-2016.**

Ambiente	Rendimiento t/ha	Índice
Cotaxtla, Ver. 2012B	5.11	0.02
Huimanguillo, Tab. 2012B	5.41	0.32
Cuatutoloapan, Ver. 2012B	6.29**	1.27**
P. Negras, Ver. 2012B	6.7**	1.61**
Iguala, Gro. 2012B	4.38	-0.71
Cotaxtla, Ver. 2013B	4.1	-0.99
Cotaxtla, Ver. 2016B	4.98	-0.11
Chicalpextle, Ver., 2016B	5.44	0.35
Soteapan, Ver., 2016B	4.14	-0.95
Huimanguillo, Tab. 2016B	4.37	-0.72
Promedio	5.09	

DMS0.01=0.66; \*\*= Significancia del ambiente al 0.01 de probabilidad; B=Ciclo primavera verano; Rend=Rendimiento.

## Características agronómicas

Los híbridos experimentales registraron ciclo biológico intermedio con 51 y 53 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja, con 218 a 233 y 106 a 126 cm para cada variable, respectivamente; presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, es tolerante al acame, con buena cobertura de la mazorca y es tolerante a la pudrición de mazorca; lo anterior, permite que el híbrido H-567 se adapte a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores en el área tropical en el sureste de México (Cuadro 5).



**Cuadro 5. Características agronómicas de híbridos de maíz Cotaxtla 2013B.**

Trat	Genotipo	FM	AP	AM	Asp PI	Asp Mz	San PI	San Mz	Ac Raíz	Cob	Pod
1	H-567	51	220	126	2.25	2.2	2.5	2.2	1.6	12.9	5.6
2	H-520	51	222	119	2.5	2	2	2.2	3.9	3.5	6.5
3	HE-3B	51	233	121	2.3	2.6	2.25	2.6	1.2	10.8	6.5
4	H-566A	53	218	106	2.2	2.7	2.2	2.6	0.0	7.1	6
Promedio		51.5	223.25	118	2.31	2.38	2.24	2.4	1.68	8.58	6.15

FM= Días a floración masculina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; Asp PI= Aspecto planta; San PI= Sanidad de planta; San Mz= Sanidad de mazorca; Ac Raíz= Acame de raíz; COB= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; POD= Porcentaje de mazorcas podridas.

### **Rendimiento de forraje verde**

De los 12 híbridos de maíz evaluados en el Campo Cotaxtla durante el ciclo primavera verano 2018 (Cuadro 6), fueron sobresalientes al 0.05 de probabilidad: H-567, HE7B, HE12B, HE11B, HE3B y HE13B con 68.75, 67.19, 66.76, 64.49, 61.93 y 61.36 t/ha de forraje verde, respectivamente, estos híbridos registraron altura de planta y de mazorca intermedia y baja, una relación peso de mazorca/peso de planta ente 0.35 y 0.42, valor que sugiere que estos híbridos presentan buena calidad en el forraje en virtud de que esta se define por la proporción de la mazorca en el peso total de la planta; así también, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.51 a 0.57 es decir posición de mazorca a la mitad de la altura de la planta lo que también le permite una mayor tolerancia al acame y por lo tanto mejor calidad al momento del corte del forraje para ensilar (Palemón *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2021; Montemayor *et al.*, 2018; Zaragoza *et al.*, 2019).

### **Rendimiento de forraje verde del híbrido H-567 en siembras comerciales**

Se establecieron siembras comerciales con el híbrido de maíz H-567 con productores y ganaderos en el estado de Veracruz; se obtuvieron rendimientos que variaron entre 35 y 64 t/ha y una media de 47.5 t/ha de forraje verde. Los mayores rendimientos se lograron en dos localidades en Teocelo en la región intermedia del estado de Veracruz; así también, en Huixcolotla, municipio de Tierra Blanca en clima Aw0, con siembras establecidas en el mes de julio del 2019, se obtuvo un rendimiento de 53 t/ha, (Cuadro 7). El híbrido H-567 es apto para la producción de forraje en el área tropical del estado de Veracruz (Palemón *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2021; Montemayor *et al.*, 2018; Zaragoza *et al.*, 2019).



**Cuadro 6. Rendimiento de forraje verde de híbridos experimentales de maíz. Cotaxtla 2018B.**

Trat	Genealogía	RFV t/ha	Alt pl	Alt mz	Rel PMz/PPI	Rel Alt mz/Alt pl
3	H-567	68.75*	236	125	0.35	0.51
5	HE7B	67.19*	245	130	0.41	0.54
10	HE 12 B	66.76*	221	120	0.40	0.52
9	HE 11 B	64.49*	233	121	0.35	0.57
4	HE 3 B	61.93*	243	130	0.42	0.52
11	HE 13 B	61.36*	229	121	0.36	0.54
8	HE 10 B	61.08**	215	115	0.37	0.54
2	H-564C	60.51**	239	126	0.35	0.53
7	HE 9 B	59.94**	221	121	0.44	0.54
12	HE 14 B	58.81**	239	126	0.38	0.53
6	H-566A	57.81	217	114	0.45	0.53
1	H-520	57.53	203	130	0.43	0.54
	Promedio	62.18	228.13	123	0.3925	0.53
	CV (%)	8.35	10.41	13.09	9.25	
	DMS0.05	7.45			0.0029	
	DMS0.01	10.02			0.112	

RFV= Rendimiento de forraje verde; Alt pl= Altura de planta en cm; Alt mz=Altura de mazorca en cm; Rel PMz/PPI= Relación peso de mazorca/peso de planta; Rel Altmz/Alt pl= Relación altura de mazorca/Altura de planta.

**Cuadro 7. Rendimiento de forraje en siembras comerciales del híbrido H-567. Veracruz, 2019-2020.**

Municipio	Clima	ASNM (m)	Ciclo agrícola	RFV t/ha
Teocelo 1	(A)c	1218	Invierno primavera 2020	60
Teocelo 2	(A)c	1218	Invierno primavera 2020	64
Tierra Blanca 1	Aw0	60	Primavera verano 2019	38
Tierra Blanca 2 (Huixcolotla)	Aw0	60	Primavera verano 2019	53
Jamapa	Aw1	20	Primavera verano 2019	35
San Andrés Tuxtla	Am	350	Primavera verano 2019	35
Promedio				47.5

ASNM= Altura sobre el nivel del mar; RFV= Rendimiento de forraje verde.





## Descripción

H-567, es un híbrido trilineal de maíz de grano blanco adaptado a la región tropical en el sureste de México en altitudes que van de 0 a 1200 m, presenta un rendimiento potencial de grano entre 8 y 9 t/ha, 50 t/ha de forraje verde y es apto para la producción de elote; H-567, es resistente a las principales enfermedades de planta y de mazorca entre ellas: *Helminthosporium turcicum*, achaparramiento, *Fusarium moniliforme* y *Diplodia maydis*; presenta una altura de planta de 250 cm, altura de mazorca de 130 cm, con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50, de ciclo biológico intermedio con 52 y 53 días a la floración masculina y femenina, respectivamente, 90 días a la madurez fisiológica y 120 a 130 días de la siembra a la cosecha, presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, es tolerante al acame, con buena cobertura de mazorca (97%) y bajo porcentaje de mazorcas podridas (3%). Es de grano blanco con textura semidentada, con una longitud de 18 a 20 cm y diámetro de 4 a 5 cm, con 14 a 16 hileras de grano y con 34 a 38 granos/hilera.

## Producción de semilla

Para el ciclo otoño invierno 2015/16 en la localidad de Cotaxtla, de acuerdo con el análisis económico, los mejores rendimientos de 3351 kg/ha de semilla certificada del híbrido de maíz H-567, se lograron con una relación hembra macho 2:1, densidad de 62, 500 plantas/ha y dosis de fertilización de 184-69-30. Para el ciclo primavera verano del 2016 en la localidad de Cotaxtla, se encontró que el tratamiento con la relación hembra: macho de 6:2 con 62,500 plantas/ha y con fertilización de 184-69-30 y 230-69-60 registraron rendimientos de 3776 kg/ha de semilla (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Rendimiento (Kg/ha) de grano y semilla, del híbrido de maíz H-567 2016B.**

Trat	Rel. H:M	Densidad	Fertilización	Rend. grano	Rend. semilla
8	6:2	62,500	230-69-60	6924	4906
1	4:2	50,000	184-46-30	7183	4528
4	4:2	62500	230-69-60	7077	4500
7	6:2	62500	184-46-30	6762	4413
6	6:2	50,000	230-69-60	6564	4315
3	4:2	62,500	184-46-30	6170	4212
5	6:2	50,000	184-46-30	5823	4135
2	4:2	50,000	230-69-60	5988	4053
Promedio				6562	4383

B= Ciclo primavera verano; Trat= tratamiento; Rel. H:M= Relación hembra:macho; Rend= Rendimiento.



En la Colonia Ejidal, el mejor rendimiento de semilla fue de 5179 kg/ha, misma que se obtuvo en una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 plantas/ha y con fertilización de 230-69-60. Para Mata Tejón, Mpio de Cotaxtla, el mejor rendimiento de semilla fue de 5476 kg/ha, y se obtuvo en una relación hembra: macho 4:2, con 62,500 plantas/ha y con fertilización de 230-69-60. Para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 plantas/ha y con fertilización de 230-69-60 (Sierra *et al.*, 2011; Sierra *et al.*, 2019; Sierra *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2016b; Sierra *et al.*, 2014).

## Conclusiones

1. El híbrido de maíz H-567 fue definido como sobresaliente por su rendimiento de grano y de forraje verde y características agronómicas y se adapta a la región tropical húmeda de México.
2. Para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, en la zona tropical de Veracruz, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 plantas/ha y fertilización de 230-69-60.
3. El híbrido H-567, representa una buena alternativa para su siembra comercial de maíz para grano y forraje por parte de los agricultores maiceros y ganaderos en el sureste de México.

## Literatura Citada

- Andrés, M. P., G. Vásquez C., M Sierra M., A. Mejía C., J. D. Molina G., A. Espinosa C. *et al.*, 2017. Genotype environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. *Interciencia* 42(9):578-585.
- Betanzos, M. E., N. Gómez M., A. Ortega C., A. Peña R., R. E. Preciado O., J. L. Ramírez D. *et al.*, 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.
- Espinosa, C. A., M. Tadeo R., J. Virgen V., I. Rojas M., N. Gómez M., M. Sierra M. *et al.*, 2012. H-51AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos Centrales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):347-349.
- Flores, C. L. A. y J. A. García S. 2016. Beneficios de la adopción de semilla mejorada de maíz en la región central de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3):277-283.



- García, M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 246 p.
- Gómez, M. N., M. A. Cantú A., G. Vásquez C., C. A. Hernández G., A. Espinosa C., M. Sierra M. *et al.*, 2017. Híbrido de maíz H-568, Nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 8(5):1213-1218.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Edafología. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/> (consultado el 2 de marzo de 2020).
- Montemayor, T. J. A., E. Suarez G., J. P. Munguía L., A. Segura C. M., R. Mendoza V. y J. L. Woo R. 2018. Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca lagunera. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 20:4107-4115.
- Palemón, A. F., G. Reyes G., N. O. Gómez M., M Sierra M., R. E. Preciado O. y S. A. Ortega A. 2019. Genotipos de maíz con potencial forrajero para las condiciones de secano del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 10(8):1895-1901.
- Ramírez, D. J.L., V. Vidal M., I. Alemán T., A. Ledesma M., N. Gómez M., Y. Salinas M. *et al.*, 2019. Selección de líneas y cruzas de maíz combinando las pruebas de mestizos y cruzas dialélicas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42(4):335-346.
- Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348 p.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- Rodríguez, M. F., M. Sierra M., A. Espinosa C., M. V. Vásquez H., S. Barrón F., P. Andrés M. *et al.*, 2021. Productividad de forraje en maíces híbridos bajo diferentes densidades de población y dosis de fertilización. *Terra Latinoamericana* 39(1):1-12
- Sánchez, R. F.J., M.C. Mendoza C. y C. G. Mendoza M. 2016. Estabilidad fenotípica de cruza simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3):269-275.
- 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> (consultado en noviembre de 2014).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), 2002. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 20p



- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., N. Gómez M., A. Espinosa C., F. J. Ugalde A. y P. Andrés M. 2019. Mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. *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, Ver., México. Año 3, Núm. 1, 2488 p.
- Sierra, M. M., A. Rodríguez M., A. Espinosa C. y P. Andrés M. 2018. Adaptabilidad de híbridos trilineales de maíz en el área tropical de los estados de Veracruz y Tabasco, México. *Revista de Ciencias ambientales y Recursos Naturales* 4(11):15-19.
- Sierra M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., P. Andrés M., N. Gómez M. *et al.*, 2016. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520 en el trópico de México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* 13(1):19-32.
- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., A. Palafox C. y A. Espinosa C. 2016b. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. *Revista de Desarrollo Económico* 3(9):32-40.
- Sierra, M. M., F. A. Rodríguez M., A. Palafox C., N. Gómez M. y A. Espinosa C. 2014. Impacto del H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Biológico y Agropecuario Tuxpan* 2(1):277-282.
- Sierra, M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., G. Vásquez C., N. Gómez M. *et al.*, 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.
- Tadeo, R. M., A. Espinosa C., J. J. García Z., R. Lobato O., N. Gómez M., M. Sierra M. *et al.*, 2016. Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles altos de México, con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3):331-333.
- Tadeo, R. M., A. Espinosa C., J. Zaragoza E., C. López L., E. I. Canales I., B. Zamudio G. *et al.*, 2021. Tlaoli Puma, híbrido de maíz para grano y forraje con androesterilidad y restauración de la fertilidad masculina. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44(2):265-267.
- Velasco, G. A. M., J. J. García Z., J. Sahagún C., R. Lobato O., C. Sánchez A. e I. M. Marín M. 2019. Rendimiento, componentes del rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42(4):367-374.
- Zaragoza, E. J., M. Tadeo R., A. Espinosa C., C. López L., J. C. García E., B. Zamudio G. *et al.*, 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 10(1):101-111.



## BIOMASA Y RENDIMIENTO DE PIÑA MD2 EN FUNCIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO Y POTASIO

*María Enriqueta López Vázquez<sup>1</sup>, Nain Peralta Antonio<sup>1</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>1</sup>,  
Andrés Rebolledo Martínez<sup>1</sup> y Laureano Rebolledo Martínez<sup>1</sup>*

---

### Resumen

La tecnología del acolchado plástico es una alternativa promisorio para optimizar el efecto de los fertilizantes minerales en el cultivo de piña, principalmente de los nutrientes que son más requeridos por las plantas, por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento de la producción de biomasa y el rendimiento de la piña MD2, en función de dosis crecientes de nitrógeno (N) y potasio (K), en presencia y ausencia del acolchado plástico. Se realizaron combinaciones de N y K en diferentes dosis (100, 75 y 50% de la dosis recomendada), comparado con plantas sin fertilización y con una fertilización líquida, todos aplicados en plantas con o sin acolchado plástico total. El acolchado plástico no afectó el peso total de planta, el peso de hoja, peso de tallo y peso de raíz, pero, si influyó en el peso de fruto y de pedúnculo, donde, las plantas establecidas en acolchado plástico fueron inferiores a las plantas establecidas sin acolchado plástico. Mayor peso total de planta y peso de tallo se obtuvo con la proporción 100N-100K en comparación con el testigo. El peso del fruto alcanzado con las proporciones 100N-100K, 100N-75K, 100N-50K, 75N-75K y 75N-50K fueron similares, y todos superiores al testigo. Un comportamiento no lineal se detectó en el peso total de planta y rendimiento por hectárea en función de las dosis crecientes de N y K. Se concluye que, el acolchado plástico total no necesariamente brinda efectos positivos en la eficiencia de los fertilizantes minerales, también, es posible reducir la dosis de N y K hasta en un 50% de la dosis recomendada, sin que demerite la producción de biomasa y rendimiento de frutos.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México, CP. 94270. \*Autor por correspondencia: [lopez.enriqueta@inifap.gob.mx](mailto:lopez.enriqueta@inifap.gob.mx)



**Palabras clave:** fertilización mineral, producción convencional, eficiencia de fertilización, acolchado plástico

## Introducción

En México, entre los frutales tropicales, la piña sobresale como un cultivo de importancia. En 2020, la piña fue el sexto frutal con mayor superficie plantada (32,331 ha), por debajo de la naranja, aguacate, limón, mango y plátano, los cuales poseen una superficie plantada de 343,244, 241,126, 207,838, 204,642 y 80,546 hectáreas, respectivamente. La piña también es el sexto frutal con mayor valor de producción, con las 23,583 ha cosechadas en 2020, se generó 5,491 millones de pesos (MXN), valor que está por debajo de los 49,370, 18,776, 13,975, 10,780 y 9,409 millones de pesos (MXN) generados por el aguacate, limón, naranja, mango y plátano, respectivamente. Comparado con esos mismos frutales, por cada hectárea cosechada, la piña generó un valor de producción de \$215,614 pesos (MXN), solo por debajo de los \$220,047 pesos (MXN) alcanzado por el aguacate y superior a los \$117,989, \$101,347, \$55,799 y \$42,625 pesos (MXN) alcanzado por el plátano, limón, mango y naranja, respectivamente (SIAP, 2021). Entre las prácticas agronómicas del cultivo, sobresalen la fertilización, ya que, es indispensable para asegurar el crecimiento de planta y la obtención de rendimiento rentables. Diferentes estudios muestran que el orden de extracción de nutrientes de la planta de piña, Angeles *et al.*, (1990) señalan el siguiente orden  $N \geq K > Mg$ , mientras que Pegoraro *et al.*, (2014) señalan el siguiente  $K > N > S > Ca > Mg > P$ . En México, el principal estado productor de piña es Veracruz. Se ha detectado que el requerimiento nutrimental aumenta, a media que se incrementa la densidad de plantación. Para una densidad de 30,000 plantas/ha (frutos de 2.5 kg y rendimiento de 70 t/ha), se extrae por hectárea 450 kg de nitrógeno (N), 40 kg de fósforo (P), 500 kg de potasio (K), 200 kg de calcio (Ca), 125 kg de magnesio (Mg) y 115 kg de azufre (S). Cuando la densidad aumenta a 60 000 plantas/ha (frutos de 2.1 kg y rendimiento de 125 t/ha), la extracción por hectárea es de 600 kg de N, 60 kg de P, 750 kg de K, 280 kg de Ca, 180 kg de Mg, 170 kg de S, 6 kg de manganeso (Mn), 10 kg de hierro (Fe), 0.6 kg de cobre (Cu), 0.9 kg de zinc (Zn), 1 kg de boro (B) y 1 kg de molibdeno (Mb) (Rebolledo *et al.*, 2016; Uriza *et al.*, 2018). Para poder suplir las necesidades nutrimentales del cultivo, las



recomendaciones se han centrado exclusivamente en el uso de fertilizantes minerales. Para una densidad de 30,000 plantas/ha, se recomienda aplicar por planta una dosis de 18-5-18-4 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg, con 80,000 plantas/ha, la dosis por planta disminuye a 8-3-8-2 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg. Con estas dosis, se aplica entre 3 y 5 t/ha/ciclo de fertilizantes químicos para lograr rendimientos rentables (Uriza *et al.*, 2018). Entre los fertilizantes químicos, sobresalen los nitrogenados y potásicos, ya que son los nutrientes requeridos en mayor cantidad.

Otras prácticas comunes en las regiones productoras de piña en Veracruz son, el acolchado plástico total y el uso de la malla sombra. A esta combinación de tecnologías se les denomina como “Ambiente protegido”, ya que se protege tanto el suelo, así como la planta. El acolchado plástico consiste en que, posterior a la preparación del suelo y previo a la siembra de vástagos, se cubre el 100% del suelo (camas de siembra y espacios entre camas) con plástico negro calibre 150. La malla sombra consiste en cubrir el cultivo (todas las plantas) con malla-sombra 50%, después de la floración y se mantiene hasta el momento de la cosecha, con la finalidad de evitar daños por quemaduras de radiación solar (Uriza *et al.*, 2018). Se ha demostrado que el acolchado plástico proporciona ventajas al cultivo como son: disminución de la erosión del suelo (Rebolledo *et al.*, 1998; Zhang *et al.*, 2014), control de malezas (Ali *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2015) y preservación de la humedad del suelo (Hegazi, 2000; Memon *et al.*, 2017). Reportes de estudios realizados en otros cultivos indican que, en presencia del acolchado plástico se obtiene mayor producción de biomasa y rendimiento (Qin *et al.*, 2014; Gao *et al.*, 2019). Esos efectos positivos se atribuyen a que, además de reducir la competencia entre la piña y las malezas, ocurre un incremento en la eficiencia del uso del agua (Steinmetz *et al.*, 2016), esto se traduce en una menor pérdida de nutrientes (Liu *et al.*, 2012), mayor tasa de absorción nutrimental (Wang *et al.*, 2018), en consecuencia, una mayor optimización de los fertilizantes minerales (Liu *et al.*, 2014). Aunque, se presume que estas ventajas sean aplicables también en el cultivo de piña, es necesario confirmar esta información, para definir en qué condición puede o no ocurrir, ya que, la siembra de piña se realiza en todas las épocas del año, se utilizan vástagos con diferentes características y cambia el ciclo fenológico del cultivo, por lo que, se esperan diferentes resultados en función de las condiciones y factores antes mencionados. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el comportamiento de la producción de biomasa y el rendimiento de la piña MD2, en función de dosis crecientes de N y K, en presencia y ausencia del acolchado plástico.



## **Materiales y Métodos**

Vástagos de piña MD2 de 600 g fueron sembrados el 01/12/2019, con una densidad de 50,000 plantas/ha, en el sitio denominado el Callejón de los Aguilar, ubicado en el municipio de Isla, Veracruz (18°06'57.2" N y 95°33'30.6" W). El suelo utilizado se clasifica con textura de migajón arenoso (63.2% de arena, 9.8% de arcilla y 27% de limo), 4.02 de pH, 1.45% de materia orgánica, 12.0, 37.3, 80.0, 126.0, 73.8, 0.40 y 3.58 mg/kg de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn, respectivamente.

Los factores de estudio fueron el acolchado plástico (con y sin) y tratamientos de fertilización. Los tratamientos consistieron en niveles de fertilización de N y K (100, 75 y 50%), comparado con dos testigos, uno corresponde a plantas sin fertilización y el otro a la fertilización líquida, resultando un total de 11 tratamientos (Cuadro 1). Para los tratamientos que incluyeron N y K, el 100% de la dosis correspondió a 870 kg/ha.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. La parcela grande corresponde al acolchado plástico y la parcela chica a los tratamientos de fertilización. En cada tratamiento se consideraron cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de dos camas de doble hilera de 6 m, cada cama de 1.2 m de ancho entre centro y centro, amplitud de calle ancha de 0.80 m y amplitud de calle angosta de 0.45 m, con 0.32 m entre plantas, resultando en promedio 70 plantas en cada unidad experimental. La cantidad de P, Mg y micronutrientes, fue similar en todos los tratamientos que incluyeron los niveles de N y K. Para esos mismos tratamientos, la dosis total de nutrientes fue aplicado 89% en forma sólida y 11% en forma líquida. La fertilización sólida se dividió en tres aplicaciones, realizadas a los 15, 75 y 184 días después del trasplante de los de hijuelos, donde el porcentaje aplicado en cada fecha fue del 27, 27 y 46%, respectivamente. La fertilización líquida se dividió en cuatro dosis aplicadas a los 102, 148, 159 y 174 días después del trasplante de hijuelos. Tanto para la fertilización sólida como para la fertilización líquida, el fertilizante se depositó en las hojas axilares más cercanas al suelo. Para aplicar N, P, K y Mg de forma sólida se utilizaron los fertilizantes nitrato de amonio (33% de N), DAP (18%-46% de N-P), cloruro de potasio (60% de K) y sulfato de magnesio (9.8% de Mg). Para la fertilización líquida se utilizaron los fertilizantes urea (46% de N), DAP, cloruro de potasio soluble (60% de K) y sulfato de magnesio. En cada fecha de fertilización líquida, para diluir los fertilizantes se





consideró una dosis de 40 mL de agua por planta. Los micronutrientes se aplicaron a través de la fertilización líquida, a una dosis de 0.5, 1.0, 1.0, 0.5, 1.0 y 1.0 g/L de agua de sulfato de zinc, sulfato de hierro, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, borax y ácido cítrico, respectivamente. La aplicación de micronutrientes fue alternada, es decir, en una aplicación únicamente se suministró borax, en la siguiente aplicación, a excepción de borax, se aplicaron el resto de sulfatos y ácido cítrico.

**Cuadro 1. Tratamientos de fertilización utilizados en el experimento de piña MD2, en Isla, Veracruz.**

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Potasio (%)	N (g/planta)	P (g/planta)	K (g/planta)	Mg (g/planta)
1 (100N-100K)	100	100	15.0	6.0	15.0	4.0
2 (100N-75K)	100	75	15.0	6.0	11.3	4.0
3 (100N-50K)	100	50	15.0	6.0	7.5	4.0
4 (75N-100K)	75	100	11.3	6.0	15.0	4.0
5 (75N-75K)	75	75	11.3	6.0	11.3	4.0
6 (75N-50K)	75	50	11.3	6.0	7.5	4.0
7 (50N-100K)	50	100	7.5	6.0	15.0	4.0
8 (50N-75K)	50	75	7.5	6.0	11.3	4.0
9 (50N-50K)	50	50	7.5	6.0	7.5	4.0
10 (Fert.Liq)	Fertilización líquida		25.3	8.3	25.0	5.5
11 (Testigo)	Testigo sin fertilización		0	0	0	0

En el caso del tratamiento de fertilización líquida (Tratamiento 10), las aplicaciones fueron semanales, iniciando el 27/05/2020 y finalizando al momento en que apareció la flor de la planta (13/11/2020), resultando en un total de 25 aplicaciones. La cantidad total de N, P, K y Mg aplicada por planta en cada semana fue de 1.00, 0.33, 1.00 y 0.22 g, dando un total de 25.0, 8.3, 25.0 y 5.5 g por planta, respectivamente. La aplicación de micronutrientes fue similar al descrito en los tratamientos que incluyeron N y K. El tratamiento de inducción floral se realizó el 30/09/2020, donde se utilizaron 3 kg de etileno + 20 kg de carbón activado por cada 3000 L de agua. Cuando el fruto alcanzó la madurez fisiológica (16/03/2021), de cada unidad experimental, una planta representativa fue colectada. Se registró el peso fresco total de la planta y de sus diferentes órganos (raíz, tallo, hoja, pedúnculo y fruto). Para estimar el rendimiento de frutos por hectárea, tres frutos representativos fueron colectados de cada



unidad experimental, el peso promedio de los tres frutos (kg), se multiplicó por 50,000, que corresponde a la densidad de plantación utilizada. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) fueron realizados para comparar el efecto de los factores de estudio en la producción de biomasa. Análisis de regresión fue realizado para conocer el efecto de las dosis crecientes de N y K sobre el peso de la planta total y el rendimiento de frutos por hectárea.

## Resultados y Discusión

El acolchado plástico no afectó el peso total de planta, el peso de hoja, peso de tallo y peso de raíz, pero, si influyó en el peso de fruto y de pedúnculo, donde las plantas establecidas en acolchado plástico fueron inferiores a las plantas establecidas sin acolchado plástico (Cuadro 2).

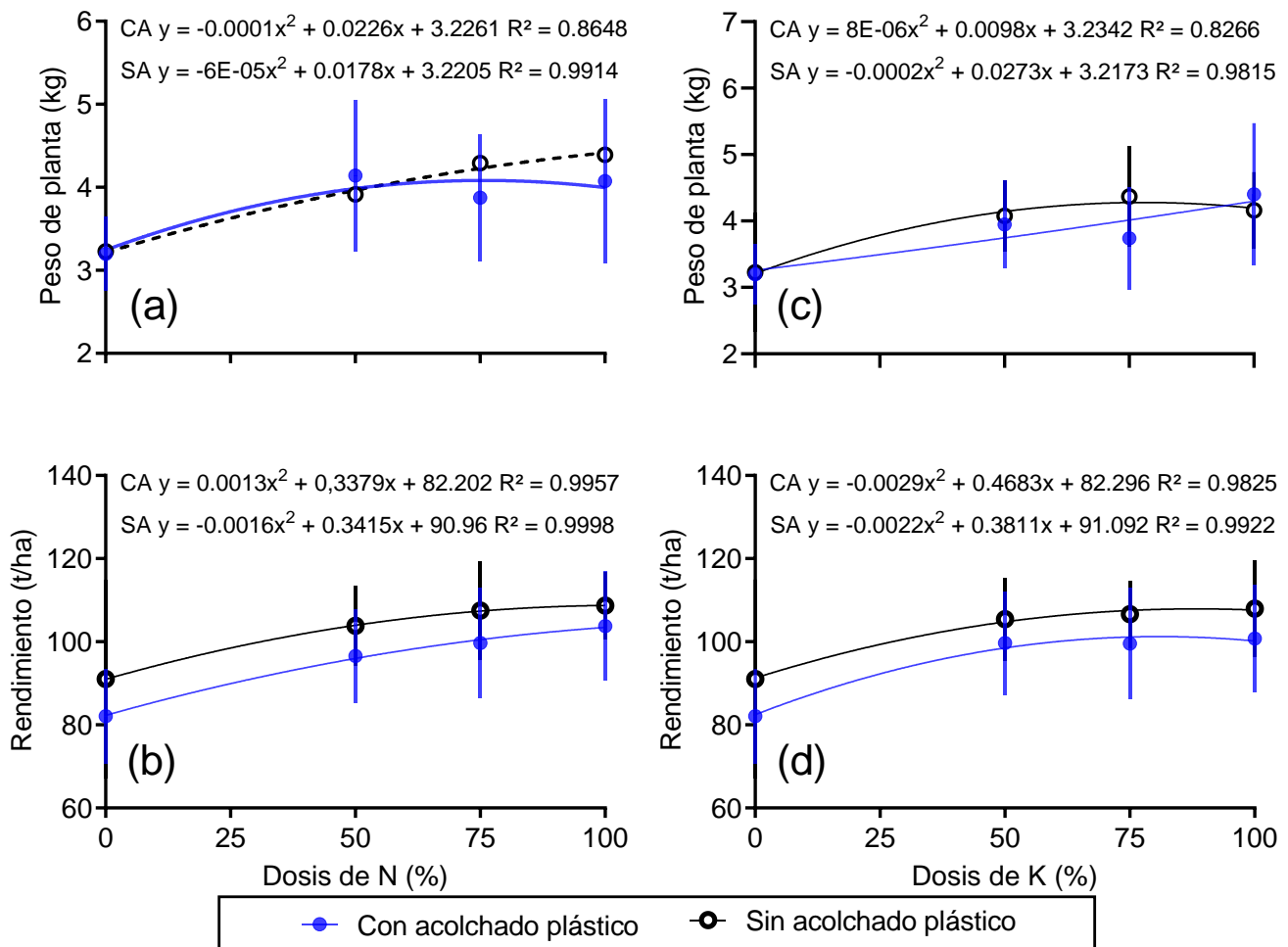
**Cuadro 2. Peso total de planta de piña MD2, así como peso de fruto, tallo, pedúnculo y raíz correspondientes a los diferentes tratamientos de fertilización aplicados con y sin acolchado plástico, en Isla, Ver.**

	Peso total de planta (kg)	Peso de fruto (kg)	Peso de hoja (kg)	Peso de tallo (kg)	Peso de pedúnculo (kg)	Peso de raíz (kg)
Acolchado plástico						
Con acolchado	3.91+0.83 a	2.17+0.27 b	0.93+0.57 a	0.59+0.12 a	0.15+0.02 b	0.06+0.02 a
Sin acolchado	4.05+0.80 a	2.27+0.30 a	0.95+0.45 a	0.60+0.11 a	0.16+0.03 a	0.06+0.02 a
Tratamientos						
100N-100K	4.69+0.97 a	2.41+0.16 a	1.36+0.75 a	0.70+0.09 a	0.16+0.01 a	0.06+0.02 a
100N-75K	4.06+0.85 ab	2.36+0.32 a	0.88 0.46 a	0.61+0.12 ab	0.15+0.03 a	0.05+0.01 a
100N-50K	3.95+0.41 ab	2.33+0.13 a	0.83+0.30 a	0.58+0.05 ab	0.16+0.01 a	0.05+0.02 a
75N-100K	4.04+0.79 ab	2.18+0.28 ab	1.06+0.50 a	0.59+0.13 ab	0.16+0.02 a	0.05+0.02 a
75N-75K	4.13+0.96 ab	2.36+0.37 a	0.94+0.52 a	0.60+0.11 ab	0.17+0.02 a	0.06+0.02 a
75N-50K	4.09+0.66 ab	2.39+0.17 a	0.88+0.51 a	0.60+0.09 ab	0.16+0.02 a	0.06+0.01 a
50N-100K	4.11+0.74 ab	2.24+0.13 ab	1.06+0.68 a	0.60+0.06 ab	0.17+0.03 a	0.05+0.01 a
50N-75K	3.98+0.73 ab	2.23+0.24 ab	0.93+0.37 a	0.60+0.15 ab	0.15+0.02 a	0.06+0.02 a
50N-50K	4.00+0.73 ab	2.20+0.15 ab	0.94+0.52 a	0.64+0.11 ab	0.16+0.02 a	0.06+0.02 a
Fert.Líq	4.45+0.93 ab	2.26+0.40 ab	1.32+0.52 a	0.65+0.12 ab	0.16+0.03 a	0.05+0.01 a
Testigo	3.21 + 0.68 b	1.84+0.29 b	0.70+0.41 a	0.48+0.08 b	0.14+0.03 a	0.06+0.02 a
Coeficiente de variación	19.46	11.24	55.15	18.82	14.37	27.68



Mayor peso total de planta y peso de tallo se obtuvo con 100N-100K en comparación con el testigo. El peso del fruto de 100N-100K, 100N-75K, 100N-50K, 75N-75K y 75N-50K fueron similares, y todos superiores al testigo.

Un comportamiento no lineal se detectó en el peso total de planta y rendimiento por hectárea en función de las dosis crecientes de N y K (Figura 1). Específicamente en el rendimiento de frutos, mayores valores se detectaron en plantas producidas sin acolchado plástico (Figura 1 b, d).



**Figura 1. Comportamiento del peso total de planta y rendimiento por hectárea de piña MD2, fertilizado con dosis crecientes de N y K, en Isla, Veracruz.**

Al inicio de la investigación, se esperaba mayor producción de biomasa y rendimiento de frutos en plantas producidas con el acolchado plástico, ya que, estudios previos han reportado



efectos positivos de esta práctica que se traduce en plantas más grandes y con mayor rendimiento (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2005; Seman *et al.*, 2021). Sin embargo, el resultado fue totalmente lo opuesto, específicamente en la producción de frutos, desde que, el acolchado plástico promovió los menores valores. El beneficio del acolchado plástico para hacer más eficiente la fertilización, se relaciona con su capacidad para conservar la humedad del suelo (Hathi *et al.*, 2021; Ilyas *et al.*, 2021), ya que, el agua es el principal medio para mover los nutrientes, ya sea hacia las partes más profundas del suelo hacia fuera del área de producción, o hacia la parte aérea de la planta (Wegner, 2014); sin embargo, también se ha reportado que los beneficios del acolchado plástico se reducen o desaparecen cuando la humedad del suelo es inferior al 60% de su capacidad (Xie *et al.*, 2005). En este estudio, el efecto negativo del acolchado plástico se atribuye a las condiciones de humedad del suelo en los primeros meses posteriores a la siembra. El experimento se estableció a finales de otoño, al momento de colocar el acolchado plástico total, la humedad del suelo se encontraba por debajo de la capacidad de campo. Además, el plástico al actuar como una barrera física impermeable disminuyó el aprovechamiento de las lluvias esporádicas presentadas entre diciembre y junio. Una situación contraria ocurrió en el suelo desnudo, ya que, al no existir ninguna barrera física, se considera que hubo un mejor aprovechamiento de la lluvia, mayor absorción de nutrientes y una mayor reserva nutrimental en las plantas, en consecuencia, es posible obtener frutos de mayor tamaño en las plantas manejadas sin acolchado plástico. De acuerdo con nuestros resultados, en futuras investigaciones, se debe considerar el establecimiento de plantaciones en diferentes épocas del año, con el fin del conocer cuándo se obtienen efectos positivos del acolchado plástico sobre la eficiencia de los fertilizantes.

El efecto de los tratamientos de fertilización mostró que, se puede reducir hasta en un 50% la dosis de N y K, sin que demerite el peso total de planta y el rendimiento por hectárea, en comparación con el 100% de la dosis. Los resultados mostraron que con el 50% de N y K, en un periodo de 16 meses, es posible obtener plantas con peso fresco total de entre 3.9 y 4.1 kg, frutos de entre 2.2 y 2.3 kg, y rendimientos de entre 96 y 105 t/ha, estos valores equivalen al 85-89%, 91-95% y 96-97% de peso de fresco total de planta, peso de fruto y rendimiento, que se puede alcanzar con el 100% de la dosis de N y K, respectivamente. Estos resultados experimentales son mayores comparados con otros estudios donde se evaluaron dosis crecientes de N-K, por ejemplo, en piña 'BRS Imperial', el mayor peso de fruto (1.08 kg) y



rendimiento (42 t/ha) se logró con 66% de la dosis recomendada de N (Oliveira *et al.*, 2015), mientras que en MD2 con 52% y 71% de la dosis de N y K, respectivamente, fue posible obtener rendimientos de 66.6 t/ha y frutos de 1.3 kg (Guarçoni y Ventura, 2011). Para corroborar la viabilidad de los resultados de este estudio, o bien, para hacer ajustes a las dosis de N y K, nuevos estudios deben ser realizados en el futuro, en otras épocas del año y en otras áreas productoras.

## Conclusiones

Se concluye que, el acolchado plástico no influyó en la eficiencia de los fertilizantes minerales, también, es posible reducir la dosis de N y K hasta en un 50% de la dosis recomendada, sin que, demerite la producción de biomasa y rendimiento de frutos.

## Literatura Citada

- Ahmad, S., Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Zahra, S. S., Khan, I. H., Ali, M., *et al.* 2015. Mulching strategies for weeds control and water conservation in cotton. *J Agric Biol Sci* 10(8):299-306.
- Ali, K., Munsif, F., Husain, Z., Khan, I., Ahmad, N., Khan, N. *et al.* 2011. Effect of different weed control methods on weeds and maize grain yield. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 17(4):313-321.
- Angeles, D.E., M.E. Sumner, and N.W. Barbour. 1990. Preliminary Nitrogen, Phosphorus, and Potassium DRIS Norms for Pineapple. *HortScience* 25(6):652–655.
- Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B. and Li, Z. 2019. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 651:484-492.
- Guarçoni M, A. and Ventura, J. A. 2011. Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi'Gold' (MD-2). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35(4):1367-1376.
- Hathi, H. S., Parmar, D. L., Bedva, S. M., Purohit, S. A. and Patel, D. B. 2021. Mulching: An Expeditious Overview. *Vigyan Varta* 2(1):69-72.



- Hegazi, A. 2000. Plastic mulching for weed control and water economy in vineyards. *Acta Hort.* 536: 245-250.
- Ilyas, M. A., Rehman, F. U., Ilyas, I., Kalsoom, M., Bilal, M. T., Gull, M., *et al.* 2021. A detailed review of mulching: an important technique in agricultural crop production. *Asian Journal of Advances in Research* 8(3):18-25.
- Liu, J., Zhan, A., Bu, L., Zhu, L., Luo, S., Chen, X., *et al.* 2014. Understanding dry matter and nitrogen accumulation for high-yielding film-mulched maize. *Agronomy Journal* 106(2):390-396.
- Liu, Y., Tao, Y., Wan, K. Y., Zhang, G. S., Liu, D. B., Xiong, G. Y. and Chen, F. 2012. Runoff and nutrient losses in citrus orchards on sloping land subjected to different surface mulching practices in the Danjiangkou Reservoir area of China. *Agricultural Water Management* 110:34-40.
- Memon, M. S., Zhou, J., Guo, J., Ullah, F., Hassan, M., Ara, S. *et al.* 2017. Comprehensive review for the effects of ridge furrow plastic mulching on crop yield and water use efficiency under different crops. *Int Agri Eng J* 26(2):58-67.
- Oliveira, A., Gomes, M., Natale, W., Rosa, R. C. C. and Junghans, D. T. 2015. Adubação NK no abacaxizeiro 'BRS Imperial'—II Efeito no solo, na nutrição da planta e na produção. *Revista Brasileira de Fruticultura* 37(3):764-772.
- Pegoraro, R., B. Souza, V. Maia, D. Silva, A. Medeiros y R. Sampaio. 2014. Macronutrients uptake, accumulation and export by irrigated 'Vitoria' pineapple plant. *Revista Brasileira da Ciência do Solo* 38:896-904.
- Qin, S., Zhang, J., Dai, H., Wang, D. and Li, D. 2014. Effect of ridge–furrow and plastic-mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi-arid area. *Agricultural Water Management* 131(1):87-94.
- Rebolledo M.A., D. Uriza A. y L. Rebolledo M. 1998. Tecnología para la producción de piña en México. Libro técnico Núm. 20. SAGAR. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 159 p.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A., L. Del Angel, P. A.L., Rebolledo M. L. y Zetina L. R. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. 324 p.
- Rebolledo-Martínez, A., del Ángel-Pérez, A. L., Becerril-Román, A. E. and Rebolledo-Martínez, L. 2005. Growth analysis for three pineapple cultivars grown on plastic mulch and bare soil. *Interciencia* 30(12):758-763.



- Seman, N. Muluaem T, Etana G. and Eshetu T. 2021. Effect of different mulches on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) yield and quality traits in Southwest Ethiopia. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation* 9(1):1-6.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Consultado el 29 de julio de 2021]
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., *et al.* 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation?. *Science of the total environment* 550:690-705.
- Uriza-Ávila, D. E., Torres-Ávila, A., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, V. H., Zetina-Lezama, R. and Rebolledo-Martínez, A. 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. México: UACH.
- Wang, X., Wang, N., Xing, Y. and El Caid, M. B. 2018. Synergetic effects of plastic mulching and nitrogen application rates on grain yield, nitrogen uptake and translocation of maize planted in the Loess Plateau of China. *Scientific reports* 8(1): -13.
- Wegner, L. H. 2014. Interplay of Water and Nutrient Transport: A Whole-Plant Perspective. *Progress in Botany* 76:109–141.
- Xie, Z. K., Wang, Y. J. and Li, F. M. 2005. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China. *Agricultural water management* 75(1):71-83.
- Zhang, H. Y., Liu, Q. J., Yu, X. X. and Wang, L. Z. 2014. Influences of mulching durations on soil erosion and nutrient losses in a peanut (*Arachis hypogaea*)-cultivated land. *Natural Hazards* 72:1175-1187.



## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y CALIDAD INDUSTRIAL DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-518 EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

*Mauro Sierra Macías<sup>1\*</sup>, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo<sup>1</sup>, Alejandro Espinosa Calderón<sup>2</sup>, Noel Orlando Gómez Montiel<sup>3</sup>, Sabel Barrón Freyre<sup>4</sup> y María Gricelda Vásquez Carrillo<sup>2</sup>*

### Resumen

Con los objetivos de conocer el rendimiento, características agronómicas, adaptabilidad, producción de semilla, calidad tortillera y descripción varietal del híbrido de maíz H-518 en la región tropical en el sureste de México, durante los ciclos otoño invierno y primavera-verano de 1998 al 2009 se condujeron experimentos, parcelas de validación, refrescamiento de material genético y lotes de caracterización de híbridos de maíz sobresalientes entre ellos, el híbrido trilineal H-518 y sus progenitores en los estados de Veracruz, Tabasco y Michoacán. Particularmente, de 1998 al 2009, el híbrido H-518 se evaluó en 18 ambientes del trópico húmedo y subhúmedo de México; En los ciclos primavera verano 1999, 2002, 2003, 2006 y 2009 se condujeron parcelas de validación con los genotipos sobresalientes en terrenos de productores en una superficie estimada de una hectárea en surcos separados a 80 cm, depositando a la siembra dos, tres semillas cada 40 cm y una densidad de 62,500 plantas por hectárea; La caracterización del H-518 y sus progenitores se realizó entre 2004 y 2006, de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). El híbrido de maíz H-518 registró un rendimiento experimental promedio de 6.41 t/ha, que representa 98.46% y estadísticamente similar en comparación con el híbrido de cruza simple H-513, que rindió 6.51 t/ha. El híbrido H-518 registró buen rendimiento, características agronómicas favorables y estabilidad a la región tropical en el sureste de México; Así también, es apto para la industria de la masa y la tortilla y la harinera en virtud de sus características industriales y de calidad de

<sup>1</sup> Investigadores del programa de maíz Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34 Carr. Veracruz Córdoba Mpio. de Medellín de Bravo, Ver. \* Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx; mauro\_s55@hotmail.com

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Iguala, INIFAP.

<sup>4</sup> Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP.





grano. Así, con los datos de evaluación, validación y caracterización del híbrido y de sus progenitores, se tramitó su registro y en noviembre del 2020, el híbrido H-518 ha sido inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), con el Número de registro definitivo: MAZ-2220-191120.

**Palabras clave:** heterosis, híbridos, trópico, *Zea mays* L.

## Introducción

En México se sembraron durante 2020, 7.47 millones de hectáreas con maíz con un rendimiento medio de 3.83 t/ha. En el área tropical húmeda de México durante este mismo año se sembraron 2.66 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 1.0 millón se encuentran en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas se siembran en condiciones de riego (SIAP, 2020). Para esta última superficie, se recomiendan por ser la mejor opción, la siembra de maíces híbridos, los cuales expresan su máximo potencial genético, logrado por el efecto heterótico de cruzar progenitores endogámicos diferentes genéticamente (Reyes, 1985; Ramírez *et al.*, 2013; 2019; Ledesma *et al.*, 2015; Velasco *et al.*, 2019).

En las provincias agronómicas de buena y muy buena productividad, así como en las áreas de riego, es muy importante conocer los genotipos que mejor producen en estas condiciones ambientales favorables, a fin de contar con aquellos que posean adaptabilidad y sean más estables, de tal manera de poder predecir el comportamiento que tendrían al cultivarse en diferentes ambientes definidos por el clima, suelo y manejo agronómico (Sierra *et al.*, 2018; Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2016; Sánchez *et al.*, 2016; Carballo y Márquez, 1970; Eberhart y Russell, 1966).

Los híbridos trilineales representan una opción atractiva que concilia la producción de semilla con el mejoramiento genético, ya que en la producción comercial de estos genotipos se aprovechan las ventajas en productividad que se logran con la heterosis, misma que aprovecha el tipo de acción génica desviación de aditividad (López *et al.*, 2021; Ramírez *et al.*, 2019; Reyes 1985) y al mismo tiempo se ofrecen facilidades para controlar la calidad genética en la



producción de semilla, esto es posible al usar como progenitor macho a una línea que puede revisarse con cierta facilidad y depurarse cuando se requiere lo que favorece la producción de semilla, además los híbridos trilineales permiten alta rentabilidad para las empresas que incrementan semilla ya que la cruce simple que participa como hembra es de buena productividad (Tadeo *et al.*, 2021; Ramírez *et al.*, 2019; Sierra *et al.*, 2018; Gómez *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2014; Virgen *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2012). En el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 1998 al 2009 se evaluaron y validaron varios híbridos trilineales, de los cuales resultó sobresaliente la combinación (LT154xLT155) x LT157), mismo que fue propuesto para su liberación oficial como H-518. En la formación del híbrido H-518 se aprovecha la cruce simple hembra LT154xLT155, la cual se sembró por varios años, en forma comercial como híbrido de cruce simple de alto rendimiento denominado H-513, mismo que presenta ventajas de producir semilla de buena calidad y de mostrar estabilidad en áreas maiceras del trópico mexicano, (Virgen *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 1994). En el híbrido H-518, participa la línea LT157 como progenitor macho, la cual, facilita el proceso de producción de semillas y presenta ventajas de rentabilidad en multiplicar semilla certificada (Tadeo *et al.*, 2021; Sierra *et al.*, 2018; Virgen *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2014; Virgen *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo fue, conocer el rendimiento, las características agronómicas, así como adaptabilidad en la región tropical en el sureste de México, producción de semilla y calidad tortillera del híbrido de maíz H-518, mediante el establecimiento de parcelas experimentales, de validación y caracterización de germoplasma.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización**

El establecimiento y conducción de experimentos se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, Ver., perteneciente al INIFAP; en Isla, San Andrés Tuxtla y Papantla, en el estado de Veracruz; en Huimanguillo, Tabasco; y Apatzingán, Michoacán; Las parcelas de validación se establecieron en Campo Cotaxtla, en terrenos de productores de Tlaxicoyan, en Veracruz y



Balancán y Huimanguillo en el estado de Tabasco, localidades comprendidas en el área tropical húmeda y subhúmeda de México que engloba de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004) al grupo climático A ( $Aw_0$ ,  $Aw_1$ ,  $Aw_2$ ,  $Am$  y  $Af$ ) y corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo en zonas representativas donde el cultivo de maíz es importante (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Localidades de evaluación y validación de genotipos de maíz.**

Localidad	Clima	ASNM (m)	PP (mm)	TM °C	LN	LO
Cotaxtla, Ver.	Aw1	15	1300	25	18° 50'	96° 10'
Tlaxicoyan, Ver.	Aw2	84	1443	25.3	18° 48'	96° 03'
Isla, Ver.	Aw1	30	1100	24	18° 09'	95° 58'
San Andrés Tuxtla, Ver.	Am	360	1996	24.5	18° 27'	95° 11'
Papantla, Ver.	Aw2	298	1170	24	20° 26'	97° 19'
Mata de Agua, Adalberto Tejada, Ver.	Aw0	180	900	25	19° 03'	96° 50'
La Cuesta, Cotaxtla, Ver.	Aw0	40	1100	25	18° 50'	96° 24'
Huimanguillo, Tab.	Am	25	2290	26.2	17° 50'	93° 23'
Balancán, Tab.	Am	18	2019	26.6	17° 46'	91° 32'
Apatzingán, Mich.	Bs1	500	700	20.1	19° 05'	102° 21'

ASNM= Altura sobre el nivel del mar; PP=Precipitación anual; TM=Temperatura media anual; LN= Latitud Norte; LO= Longitud oeste

### Germoplasma utilizado

El germoplasma utilizado en los experimentos es perteneciente a la raza Tuxpeño y fue un grupo de híbridos trilineales experimentales de maíz, en las parcelas de validación fue un grupo de genotipos sobresalientes; En el Campo Experimental Cotaxtla, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y varias localidades en el sureste de México, de 1998 al 2003 se evaluaron varios híbridos trilineales, de los cuales resultó sobresaliente la combinación (LT154xLT155)xLT157, que finalmente se propuso para su liberación como H-518. En cuanto al origen de los progenitores del híbrido H-518, este se encuentra integrado por LT154, línea endogámica con nivel de homocigosis de cuatro autofecundaciones obtenida de la población 21, la línea LT155 con igual nivel de endogamia de la población 43 y LT157 obtenida también de la población 43 con siete autofecundaciones. Dichas líneas fueron derivadas de líneas S2, provenientes del Centro Internacional de



mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT), se avanzaron en endogamia en el Campo Experimental Cotaxtla a través del método de selección por pedigrí (Reyes, 1985).

### **Procedimiento**

Durante los ciclos otoño invierno y primavera-verano de 1998 al 2009 se condujeron experimentos, parcelas de validación, refrescamiento de material genético y lotes de caracterización de híbridos de maíz sobresalientes entre ellos, el híbrido trilineal H-518 y sus progenitores en los estados de Veracruz, Tabasco y Michoacán. Las parcelas de validación se establecieron con los genotipos sobresalientes en terrenos de productores en una superficie estimada de una hectárea en surcos separados a 80 cm, depositando a la siembra dos tres semillas cada 40 cm y una densidad de 62,500 plantas/ha. Las malezas fueron controladas a base de Atrazina y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. La fertilización se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP en cada localidad. Para localidad de Cotaxtla se utilizó la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en la etapa fenológica de amacollamiento previo al atierre. La caracterización del H-518 y sus progenitores se realizó entre 2004 y 2006, de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV).

### **Variables y registro de datos**

Las principales variables registradas en experimentos y lotes de validación fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, enfermedades; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca, humedad de grano. Para la caracterización de germoplasma de maíz, se llevó a cabo durante los ciclos primavera verano entre 2004 y 2006, para lo cual se establecieron ensayos con los genotipos sobresalientes y sus progenitores, así como genotipos testigo, para el registro de los datos se hizo en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo con dos repeticiones y se registraron las características vegetativas en 100 plantas y 40 mazorcas por repetición de cada una de las 66 características de acuerdo con el formato de la UPOV (SNICS, 2010).

### **Métodos estadísticos**

En los experimentos de híbridos, dependiendo del número de genotipos, fueron utilizados diseños alpha látice y bloques al azar con dos repeticiones (Reyes, 1990). Las principales



variables de cada actividad fueron analizadas estadísticamente con la prueba de medias correspondiente. En las parcelas de validación se hicieron muestreos de rendimiento al momento de la cosecha.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento de grano

En el Cuadro 2 se muestra el rendimiento del híbrido trilineal H-518 en comparación con el híbrido de cruza simple H-513 utilizado como testigo. El híbrido H-518 se evaluó en 18 ambientes del trópico húmedo y subhúmedo de México (García, 2004) y registró un rendimiento experimental promedio de 6.41 t/ha, que representa 98.46% y estadísticamente similar en comparación con el H-513, que rindió 6.51 t/ha (Reyes, 1990). De acuerdo con los parámetros de estabilidad, el H-518 fue caracterizado como “estable”, ya que presentó valores de regresión de 1 y desviaciones de regresión de cero, lo que indica que no presenta interacción con el ambiente y es consistente (Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2018; Sierra *et al.*, 2016; Sánchez *et al.*, 2016; Carballo y Márquez, 1970; Eberhart y Russell, 1966).

Disponer de híbridos trilineales como el H-518, con rendimiento similar o superior a la cruza simple, como H-513, justifica su liberación en virtud de las ventajas que ofrece en la producción de semilla y representa alta productividad para quienes producen semilla, con lo cual puede ofrecerse este insumo a los productores a precios accesibles (Tadeo *et al.*, 2021; Sierra *et al.*, 2018; Virgen *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2016; Tadeo *et al.*, 2014; Virgen *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2012; Reyes, 1985). El H-518 rindió 6.41 t/ha estadísticamente similar en comparación con el híbrido H-513, sin embargo, la ventaja principal del H-518 es que utiliza como progenitor hembra a una cruza simple de alto rendimiento por lo que es más rentable la producción comercial de su semilla certificada y se sugiere utilizar el híbrido H-518 como la alternativa más viable.



**Cuadro 2. Rendimiento experimental del híbrido trilineal de maíz H-518 en ambientes del Trópico Húmedo de México 1998 - 2009.**

Localidades (Ambientes)	Año y ciclo	Rendimiento (t/ha)	
		H-518	H-513
Cotaxtla, Veracruz	1998 A	9.47	8.68
Cotaxtla, Veracruz	1998 B	7.00	7.32
Cotaxtla, Veracruz	1999 A	9.47	8.14
Cotaxtla, Veracruz	1999 B	7.18	7.28
Isla, Veracruz	1999 B	5.14	4.72
Huimanguillo, Tabasco	1999 B	4.32	5.22
Apatzingán, Michoacán	1999 B	4.51	4.57
Cotaxtla, Veracruz	2001 B	7.50	8.8
Cotaxtla, Veracruz (CCVP) <sup>1</sup>	2001 B	7.27	6.41
Huimanguillo, Tabasco	2001 B	5.14	6.21
Isla, Veracruz	2001 B	5.68	5.45
Papantla, Veracruz	2001 B	4.76	5.02
Cotaxtla, Veracruz	2002 B	6.34	7.22
San Andrés Tuxtla, Veracruz	2002 B	6.88	6.32
Huimanguillo, Tabasco	2002 B	5.38	5.48
Cotaxtla, Veracruz CCVP <sup>1</sup>	2003 A	7.57	7.67
Cotaxtla, Veracruz CCVP <sup>1</sup>	2003 B	6.56	7.33
Cotaxtla, Veracruz Caracterización	2009 B	5.17	5.31
Promedio		6.41	6.51NS
Porcentaje Relativo		98.46	100.00

T Calculada= 0.0.59; T0.05 (17GL)= 2.11; T0.01 (17GL)= 2.89; NS= No hay significancia en la Comparación; 1/= Evaluación para el Comité Calificador de Variedades de Plantas; A= Ciclo Otoño Invierno; B= Ciclo Primavera Verano.

### Características agronómicas

El híbrido H-518 presenta altura de planta y mazorca intermedia con 271 y 145 cm para cada variable, respectivamente, que permite un manejo adecuado en las áreas tropicales para la práctica de la dobla, su ciclo biológico es intermedio precoz con 52 días a la floración, alcanza su madurez fisiológica a los 90 a 100 días y la cosecha entre los 110 y 120 días durante el ciclo primavera verano en condiciones de temporal, la mazorca contiene de 12 a 14 hileras regulares, presenta buena cobertura de la mazorca y el grano es blanco y textura semidentada (Cuadro 3 y Figuras 1 y 2).



**Cuadro 3. Características agronómicas de los híbridos H-518 y H-513. Primavera-verano 2003. Veracruz y Tabasco, México.**

Características	H-513	H-518
Altura de planta (cm)	235	271
Altura de mazorca (cm)	113	145
Acame	Resistente	Tolerante
Días a floración masculina	55	51
Días a floración femenina	56	52
Altura mazorca/planta (cm)	0.48	0.54
Longitud de mazorca (cm)	17	17
Diámetro de mazorca (cm)	4.9	4.9
Número de hileras	14	14
Cobertura de mazorca	Excelente	Buena



**Figura 1. El híbrido de maíz H-518 presenta buen aspecto y sanidad de planta y buena cobertura de la mazorca**



**Figura 2. H-518 presenta buen aspecto y sanidad de mazorca, es de grano blanco y textura semidentada.**



## Validación de genotipos

En pruebas de validación comercial conducidas en los años 1999, 2002 y 2003, 2006 y 2009 en las localidades de Cotaxtla, La Cuesta Mata de Agua y Tlaxicoyan, Veracruz; y Balancán y Huimanguillo, Tabasco, el H-518, registró rendimiento medio a través de 11 parcelas de 6.88 t/ha equivalente a 8% menor que el rendimiento obtenido por el H-513 que fue de 7.50 t/ha; sin embargo, es conveniente tomar en cuenta que el H-513 por ser un híbrido simple tiene mayor potencial de rendimiento que un híbrido trilineal. En la validación, el híbrido H-518 también se comparó contra la variedad VS-536, ya que este genotipo es el de mayor uso en el sureste mexicano y también el más sembrado en las localidades donde se validó el híbrido H-518. (Cuadro 4)

**Cuadro 4. Rendimiento de grano y características agronómicas de híbridos de maíz. Validación 1999-2009, Veracruz y Tabasco, México.**

Genotipo	Rend t/ha	% Relativo	FM	FF	AP cm	AM cm	% Acame	% Cob	% Pod
H-513 <sup>1/</sup>	7.50	100	51	52	237	121	6.9	5.0	3.4
H-520 <sup>2/</sup>	7.13	95	52	53	257	129	8.2	4.3	3.2
H-518 <sup>2/</sup>	6.88	92	51	52	256	128	3.6	6.7	5.0
VS-536 <sup>2/</sup>	5.65	75	52	53	266	141	15.9	3.8	4.8

<sup>1/</sup>= Promedio en 6 ambientes: Cotaxtla 1999B, 2002B, 2003B, Tlaxicoyan 2002B, Balancán 2003B y Huimanguillo en 2003B; <sup>2/</sup>= Promedio en 11 ambientes: Adicional a los anteriores, Cotaxtla, Tlaxicoyan y Mata de Agua en 2006B, Cotaxtla 2009B y La Cuesta 2009B; Rend = Rendimiento de grano; FM= Días a floración masculina; FF= Días a floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; % Cob = % mazorcas con mala cobertura; % Pod = % de mazorcas podridas.

## Calidad de grano

El H-518 presenta características y propiedades de grano excelentes para fabricar harina nixtamalizada así como para la industria de la masa y la tortilla, los granos son pequeños, blanco cremoso (62% de reflectancia), con peso de 270 g/1000 granos, índice de flotación de 14% (textura dura) y 77 kg /hectolitro; variables todas ellas cuyos valores están dentro de los establecidos por la Norma NMX-034 (Secretaría de Economía, 2001) para maíces destinados a la fabricación de tortillas. Además, las proporciones de pico (1.4%), pericarpio (5.5%), germen (11.4%), endospermo harinoso (46%) y endospermo córneo (35%) del grano, están dentro de las especificaciones de la industria de harina nixtamalizada, como ya se señaló. Los porcentajes promedio de: humedad de nixtamal (42%), pérdida de sólidos (3.5%) y pericarpio





remanente (49%), están dentro de norma. Su rendimiento de tortillas frías es de 1.5 kg, estas son de color crema brillante (88% de reflectancia), color que se mantiene durante su almacenamiento (48 hrs después de elaboradas), son tortillas suaves y resistentes, que requieren una mínima fuerza de tensión (157 k<sub>f</sub>) para romperse.

### **Producción de semilla**

Para garantizar la pureza genética, la semilla de los progenitores y del híbrido H-518, deberá producirse en lotes aislados, separados de otros terrenos sembrados con maíz, al menos 200 m para semilla certificada y 300 m para semilla registrada o bien, establecer el lote con 20 días de diferencia en la fecha de siembra respecto de otro cultivo de maíz contiguo, de manera que no haya coincidencia en la floración del lote de producción de semilla con otros lotes vecinos. Deberán eliminarse las plantas fuera de tipo o enfermas antes de la floración, para lo cual se recomiendan por lo menos dos revisiones detalladas de la población en la etapa vegetativa, así como otra en la etapa de floración. Al momento de la cosecha puede mejorarse aún la calidad del lote de semillas, mediante la eliminación de las mazorcas fuera de tipo, malformadas o con algún grado de pudrición.

La producción de semilla del híbrido trilineal H-518, deberá realizarse en lotes aislados de desespigamiento donde el progenitor hembra será la cruce simple de alto rendimiento LT154xLT155 y como macho la línea LT157 con buen rendimiento per se y con buena producción de polen (Virgen *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 1994). La siembra de los progenitores hembra y macho podrá hacerse de manera simultánea, ya que ambos coinciden en la exposición de estigmas y en la liberación de polen. Se recomienda una relación de surcos hembra: macho de 4:2, para lograr una buena polinización. Para la producción de semilla de la cruce simple hembra del H-518, se usará como hembra la línea LT154 y como macho la LT155, en una relación hembra macho de 4:2 o 2:1, la hembra se sembrará siete días antes que el macho durante el ciclo otoño-invierno y cinco días antes si la siembra es en primavera-verano. Por facilidad de manejo conviene multiplicar semilla del H-518, durante el ciclo otoño – invierno, en condiciones de riego o de humedad residual, en diversas localidades del centro de Veracruz, del centro de Morelos, Iguala y Tierra Caliente en Guerrero; en Uxmal, Yucatán, y en Edzná, Campeche, ya que la semilla producida se utilizará pocos meses después de haberse cosechado y beneficiado.



La producción de semilla del H-518, permite obtener rendimientos de 3.5 t/ha de semilla comercial, lo que representa rentabilidad para las empresas semilleras (Tadeo *et al.*, 2021; Sierra *et al.*, 2018; Tadeo *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2016; Virgen *et al.*, 2014; Tadeo *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2012;). El híbrido H-518 se podrá producir y promover a través de esquemas alternativos de abasto vía empresas pequeñas de semillas, lo que seguramente podrá ayudar a elevar el empleo de semilla certificada de maíces mejorados en el Trópico Húmedo de México, al ofrecer a los productores de maíz, semilla de genotipos competitivos a precios accesibles. A este respecto en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP se tiene información técnica adicional que pudiese requerirse, así como con semilla registrada de los progenitores del híbrido H-518, para atender a empresas interesadas.

### **Registro ante el SNICS**

Con los datos de evaluación, validación y caracterización del híbrido H-518 y de sus progenitores, se tramitó su registro y en noviembre del 2020, el híbrido ha sido inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2010), con el Número de registro definitivo: MAZ-2220-191120.

### **Conclusiones**

El híbrido H-518 registró buen rendimiento, características agronómicas favorables y estabilidad a la región tropical en el sureste de México; Así también, es apto para la industria de la masa y la tortilla y la harinera en virtud de sus características industriales y de calidad de grano.

### **Literatura Citada**

Andrés M. P., C, Vásquez G., M. Sierra M., C. Mejía A., J. D: Molina G., A. Espinosa C., *et al.* 2017. Genotype environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. *Interciencia* 42(9):578-585.



- Carballo, C., A. y S. F. Márquez. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1):129-146.
- Eberhart S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Espinosa C., A., M. Tadeo R., J. Virgen V., I. Rojas M., N. Gómez M., M. Sierra M., *et al.* 2012. H-51AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos Centrales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):347-349.
- García., M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D.F. México 246 p.
- Gómez M., N., M.A. Cantú A., G. Vásquez C., C.A. Hernández G., A. Espinosa C., M. Sierra M., *et al.* 2017. Híbrido de maíz H-568, Nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 8(5):1213-1218
- Ledesma M., A., J.L., Ramírez D., V.A. Vidal M., A. Peña R., J.A. Ruíz C., Y. Salinas M., *et al.* 2015. Respuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. II. Evaluación de mestizos y cruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(2):133-143.
- López L., C., M. Tadeo R., J.J. García Z., A. Espinosa C. y A. Mejía C. 2021. Aptitud combinatoria general y específica de híbridos varietales de maíz amarillo de baja endogamia. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 12(4):699-711.
- Ramírez D., J.L., V. Vidal M., A. Ledesma M., M. Chuela B., A. Peña R., A. Ruíz C., *et al.* 2013. Propuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. I. Método y Formación de poblaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(3):189-199.
- Ramírez D., J.L., V. Vidal M., I. Alemán T., A. Ledesma M., N. Gómez M., Y. Salinas M., *et al.* 2019. Selección de líneas y cruzas de maíz combinando las puebas de mestizos y cruzas dialélicas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42(4):335-346.
- Reyes C., P. 1985. *Fitogenotecnia básica y aplicada*. AGT Editor S.A. México D.F., México. 460 p.
- Reyes. 1990. *Diseño de experimentos aplicados*. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348 p.
- Sánchez R., F.J., M.C. Mendoza C. y C.G. Mendoza M. 2016. Estabilidad fenotípica de cruzas simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3):269-275.



- Secretaría de Economía. 2001. Norma Mexicana NMX-FF-034-2001-SCFI- PARTE 1. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano–cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado – especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas. México D.F., México. 18 p.
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Cierre de la producción Agrícola. Anuario Estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consultado el 20 de agosto de 2021).
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas). 2010. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 65p
- Sierra M.M., F. Rodríguez M., R. Castillo G., J. Ortiz C., S. Barrón F., O. Tosquy V., *et al.* 1994. H-513, híbrido de maíz de cruza simple para el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones de la Región Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz, México. Folleto Técnico Núm. 9. 18 p.
- Sierra, M. M., M. F. A. Rodríguez, C. A. Palafox, N. Gómez M., A. Espinosa C. 2014. Impacto del H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Biológico y Agropecuario Tuxpan* 2(1):277-282.
- Sierra M., M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., P. Andrés M., N. Gómez M. *et al.*, 2016. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520 en el trópico de México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* 13(1):19-32.
- Sierra, M. M., M. F. A. Rodríguez, A. Espinosa, C., P. Andrés M. 2018. Adaptabilidad de híbridos trilineales de maíz en el área tropical de los estados de Veracruz y Tabasco, México. *Revista de Ciencias ambientales y Recursos Naturales* 4(11):15-19.
- Tadeo R., M., A. Espinosa C., J. Zaragoza E., C. López L., E.I. Canales I., B. Zamudio G., *et al.* 2021. Tlaoli Puma, híbrido de maíz para grano y forraje con androesterilidad y restauración de la fertilidad masculina. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44(2):265-267.
- Tadeo R., M., A. Espinosa C., J.J. García Z., R. Lobato O., N. Gómez M., M. Sierra M., *et al.* 2016. Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles altos de México, con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3):331-333
- Tadeo R., M., A. Espinosa C., A. Turrent F., B. Zamudio G., R. Valdivia B., P. Andrés M., 2014. Productividad de grano de cuatro híbridos trilineales de maíz en versión androesteril y fértil. *Agronomía Mesoamericana* 25(1):45-52.



- Velasco G., A.M., J.J. García Z., J. Sahagún C., R. Lobato O., C. Sánchez A., I.M. Marín M. 2019. Rendimiento, componentes del rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42(4):367-374.
- Virgen V., J., R. Zepeda B., M.A. Avila P., A. Espinosa C., J.L. Arellano V., A.J. Gámez V. 2016. Producción y calidad de semilla de maíz en Valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 27(1):191-206.
- Virgen V., J., R. Zepeda B., M.A. Avila P., A. Espinosa C., J.L. Arellano V., A.J. Gámez V. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras maíz: Densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):323-335.



# ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA MEDIANTE ATMÓMETRO PARA LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN FRIJOL

Cándido Mendoza Pérez<sup>1</sup>, Juan Enrique Rubiños Panta<sup>1\*</sup>, Antonio Martínez Ruiz<sup>2</sup>, Carlos Ramírez Ayala<sup>1</sup>, Demetrito S. Fernández Reynoso<sup>1</sup> y Roberto Ascencio Hernández<sup>1</sup>

## Resumen

En zonas áridas y semiáridas la evapotranspiración representa gran pérdida de agua hacia la atmósfera, por eso es necesario entender y cuantificar este proceso. El objetivo de este trabajo de investigación fue calendarizar la frecuencia de riego por goteo en frijol, con base en datos de evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) obtenida a través del atmómetro y una estación meteorológica, con la finalidad de determinar la confiabilidad del atmómetro como una herramienta para la programación de riego en el cultivo de frijol; además, se midió el rendimiento y la productividad del agua. El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte durante el ciclo agrícola otoño–invierno 2012-13. Se utilizó una estación meteorológica para medir las variables climáticas y el atmómetro para medir  $ET_o$ . El cuadrado medio del error (MSE), raíz del cuadrado medio del error (REMC) y la regresión lineal, fueron utilizadas para evaluar estadísticamente el desempeño del atmómetro. La estimación de  $ET_o$  fueron 1495 y 1455 mm para el atmómetro y la estación meteorológica. El coeficiente regresión lineal fue de  $R^2= 87\%$ , el MSE y REMC fueron de 0.71 y 0.84 mm. El rendimiento fue de 2.66 y 2.64 t/ha para el atmómetro e IrriModel, con productividad del agua de 0.71y 0.68 kg/m. El análisis de regresión lineal del atmómetro presenta alto nivel de confianza para estimar  $ET_o$ . Se concluye que el atmómetro es una herramienta viable, ya que, además de su confiabilidad en la medición de la evapotranspiración, es de fácil instalación, movilidad, accesibilidad de costos y gran facilidad de registro de datos.

<sup>1</sup> Postgrado en Hidrociencias del Colegio de Postgraduados. \*Autor para correspondencia: jerpikike@colpos.mx

<sup>2</sup> Campo Experimental San Martinito-CIRGOC.INIFAP. amartinezr@gmail.com



**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L, estación meteorológica automática, riego de precisión, rendimiento

## Introducción

La evapotranspiración es una de las principales pérdidas de agua en regiones semiáridas, su medición o estimación es importante para hacer los balances hídricos en suelos agrícolas y con vegetación natural (Domingo *et al.*, 1999). La disponibilidad de los recursos hídricos para la agricultura es cada vez menos, por el crecimiento de la población, la competencia por diferentes sectores en el uso del agua, la ocurrencia de sequía y degradación de calidad del agua. Es por ello que la medición de la evapotranspiración en la agricultura es una variable importante (García *et al.*, 2004).

Su estimación es difícil a través de métodos indirectos sin requerir de equipos costosos disponibles (Melesse *et al.*, 2007). Experimentalmente, la evapotranspiración se mide con lisímetros de pesada, técnicas de Eddy covariance o relación de Bowen. Estos métodos son limitados, ya que proporcionan valores puntuales de evapotranspiración para un lugar en específico y no la evapotranspiración a una escala regional. En cambio, los atmómetros si proporcionan datos a escala regional (Melesse *et al.*, 2007; Gordillo *et al.*, 2014). Actualmente existen métodos para estimar a escala local las necesidades hídricas de un cultivo, con base en dos principios fundamentales: balance de energía o balance hídrico (Melesse *et al.*, 2007). La metodología más usada para estimarla se basa en el conocimiento de dos factores: i) El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) que depende de la especie y la etapa del cultivo, ii) evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ). Allen *et al.* (1998) ha documentado ampliamente el uso de la ecuación  $ET_c = K_c * ET_o$  para estimar la evapotranspiración de los cultivos.

Por su simplicidad, bajo costo y registro de datos, el uso del tanque evaporímetro tipo A ha sido una alternativa para estimar la  $ET_o$  en varias regiones agrícolas. Como fue reportado por Fernández, *et al.* (2003), el uso de esta metodología requiere de una calibración previa, espacio, mantenimiento y supervisión. Ante estas desventajas, el uso comercial de tanques evaporímetros con fines de calendarización de riego está considerado como limitado (Knox *et al.*, 2011). Existe un interés por el uso de atmómetros para estimar  $ET_o$  en virtud de ser una



alternativa viable (Knox *et al.*, 2011); sin embargo, se requiere de una calibración y validación local. No existe evidencia del uso de atmómetros con fines de calendarización del riego para las condiciones de las zonas agrícolas localizadas en las llanuras costeras secas de México. El conocer la evapotranspiración de referencia y el requerimiento hídrico de los cultivos permite una programación científica, oportuna y eficiente del riego. En consecuencia, es posible incrementar la eficiencia de aplicación del agua y fertilizantes para obtener semillas de mejor calidad. El objetivo de este trabajo fue calendarizar la frecuencia de riego por goteo en frijol, con base en datos de evapotranspiración de referencia (*ET<sub>o</sub>*) obtenida a través del atmómetro y una estación meteorológica, con la finalidad de determinar la confiabilidad del atmómetro como una herramienta usada para la programación de riego en el cultivo de frijol.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en la zona árida del Norte de Sinaloa, México, (25.76° latitud norte y 108.86° longitud oeste a 20 m de altura). El atmómetro se instaló a 1.2 m de altura con respecto al suelo (Vázquez-Méndez *et al.*, 2011), junto a una estación meteorológica automática instalada a 20 m de la parcela de la parcela experimental. El experimento se estableció en un suelo de textura arcillosa, humedad volumétrica aprovechable de 0.155 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, densidad aparente de 1.2 g/cm y contenido de materia orgánica de 0.78%. La parcela es parte del Distrito de Riego 075, Rio Fuerte, Sinaloa (CONAGUA, 2015). La precipitación anual acumulada en la zona de estudio es de 350 mm y se concentra el 70% de julio hasta septiembre y el resto se distribuye en los meses de febrero hasta mayo. Los valores anuales de la evapotranspiración de referencia acumulada varían de 1600 a 1700 mm; esta excede a la precipitación de todo el año, por lo que, se requiere de riego para asegurar rendimientos comerciales de los cultivos de la zona (Mendoza-Pérez *et al.*, 2016). La temperatura media anual de la zona se encuentra entre 24 a 26 °C, junio es el mes más caliente y enero el más frío, la temperatura mínima es alrededor de 10.5°C. En los meses de mayo hasta septiembre se tienen temperaturas máximas cercanas a 45°C, lo que genera estrés térmico en la mayoría de los cultivos agrícolas (Mendoza-Pérez *et al.*, 2016).





### Descripción del atmómetro

El atmómetro utilizado en esta investigación consiste de un plato poroso de cerámica conectado internamente con una manguera a un reservorio cilíndrico de agua destilada. Este arreglo simula la resistencia de difusión del vapor de agua de la superficie porosa evaporante. Usualmente se coloca una membrana de politetrafluoroetileno sobre el plato para prevenir la entrada de agua a través del plato poroso (Chen y Robinson, 2009). Además, tiene dos alambres rígidos de acero inoxidable de dos pulgadas en la parte superior para evitar que las aves se posen sobre el medidor. Este modelo dispone de un depósito de agua de 300 mm, fabricado de PVC blanco para reflejar la radiación solar y evitar la transmisión de calor al agua que está almacenada en su interior Figura 1.

### Toma de datos en el atmómetro



**Figura 1. Atmómetro instalado en la zona de estudio.**

Se utilizó un atmómetro (ET gage, Modelo A comercializado por la ETgage Company (Loveland, Colorado, EE. UU.). Este fue instalado a 1.2 m de altura, donde la cantidad de agua evaporada en las 24 h previas se midió manualmente a las 8:00 am a través de un tubo de



cristal con una escala graduada montado en la parte exterior del equipo Figura 1. La lámina de agua evaporada se estimó por el cambio en dos niveles de agua de dos lecturas consecutivas. El periodo en la toma de datos fue de noviembre 2012 hasta agosto de 2013.

### **Toma de datos en la estación meteorológica**

Las variables meteorológicas se obtuvieron de una estación meteorológica automática, que opera el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que registran diariamente las siguientes variables: temperatura máxima y mínima, humedad relativa, precipitación pluvial, radiación solar, dirección y velocidad del viento, evapotranspiración de referencia que se encuentra instalada a 20 m del experimento.



**Figura 2. Atmómetro instalado junto a una estación meteorológica automática.**

### **Descripción de la estación meteorológica automática**

La estación meteorológica automática utilizada en esta investigación, está integrada por una estructura y dispositivos con sensores electrónicos que responden a estímulos de las variables meteorológicas con capacidad de coleccionarlas y registrarlas en forma automática y en tiempo real. Genera datos de las variables meteorológicas en intervalos de 15 minutos, esta información es enviada vía satélite en intervalos de 1 ó 3 horas por estación.



### Estimación del error

Los datos de  $ET_o$  del atmómetro fueron comparados con los datos de  $ET_o$  obtenidos de la estación meteorológica automática utilizando el coeficiente de regresión lineal. El Error Cuadrático Medio (EMA) y la Raíz del Cuadrado Medio del Error (RMSE) fueron calculados con la Ecuación 1 y 2.

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ET_{o\text{estacion},i} - ET_{o\text{atm},i})^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ET_{o\text{estacion},i} - ET_{o\text{atm},i})^2} \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:  $ET_{o\text{estación}, i}$  y  $ET_{o\text{atmómetro}, i}$  = valores del modelo y datos observados respectivamente, para cada día  $i$ , y  $n$  es el número total de días. EMA y RMSE, están en unidades (mm), son indicadores agregados del desempeño del modelo, mientras que los estadísticos de regresión (pendiente, intercepto,  $R^2$ ) son indicadores de predicción de los modelos de la  $ET_o$  en una escala de tiempo (Douglas *et al.*, 2009; Gavilán y Castillo-Llanque, 2009).

### Calendarización del riego con los valores de $ET_o$ del atmómetro

Para utilizar los datos obtenidos de  $ET_o$  del atmómetro en la calendarización del riego, se establecieron dos parcelas experimentales de cultivo de frijol de la variedad Noroeste de ciclo intermedio de semilla categoría básica con fecha de siembra el 12 de diciembre del 2012. Además, se aplicó una fertilización base previo a la siembra de 100 kg/ha de MAP (fosfato monopotásico) y 200 kg/ha de urea con densidad de siembra de 10,000 semillas por hectárea, bajo sistema de riego por goteo (Rodríguez *et al.*, 2015).

Parcela 1 (Atmómetro): la programación del riego se realizó con los datos de  $ET_o$  del atmómetro y el coeficiente de cultivo con valores de 0.4, 1.10 y 0.5 para  $k_c$  (inicial, media y final). El cálculo la evapotranspiración de cultivo se realizó con la Ecuación 3.

Calculo de la evapotranspiración de cultivo

$$ET_c = ET_o * k_c \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:  $ET_c$  es evapotranspiración de cultivo (mm),  $ET_o$  = evapotranspiración de referencia (mm),  $K_c$ = coeficiente de cultivo

Calculo de lámina de riego

$$r = ET_c / EA \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:  $L_r$  = lamina de riego (mm),  $ET_c$ = evapotranspiración de cultivo (mm),  $EA$ = eficiencia de aplicación (%).



Experimento 2 (IrriModel): la programación del riego se realizó con el software (IrriModel) donde está integrada la ecuación Penman-Monteith para estimar la  $ET_o$  de la estación y el resto de las variables meteorológicas se obtuvieron de la estación meteorológica automatizada para calcular el calendario de los riegos en tiempo real. Este software opera bajo internet y pronostica los riegos en tiempo real, en función de: fecha de siembra, tipo de suelo, tipo de cultivo, etapa fenológica del cultivo, humedad del suelo y las variables climáticas para estimar la programación de riego en los cultivos. El software estima diariamente los parámetros de calendarización en función de los Grados Día Acumulados (GDA) (Ojeda *et al.*, 2006).

### **Error residual**

Este error se obtuvo de la diferencia entre los valores de  $ET_o$  de la estación meteorológica automática con los valores de  $ET_o$  del atmómetro.

### **Productividad del agua**

Se estimó también la productividad del agua (PA) y el Rendimiento (R) de las parcelas experimentales. La primera indica la relación de la producción total obtenida (RC, kg) con respecto del volumen de agua total aplicada (VA, m<sup>3</sup>) (Bessembinder *et al.*, 2005) y la segunda la producción obtenida en kg/ha.

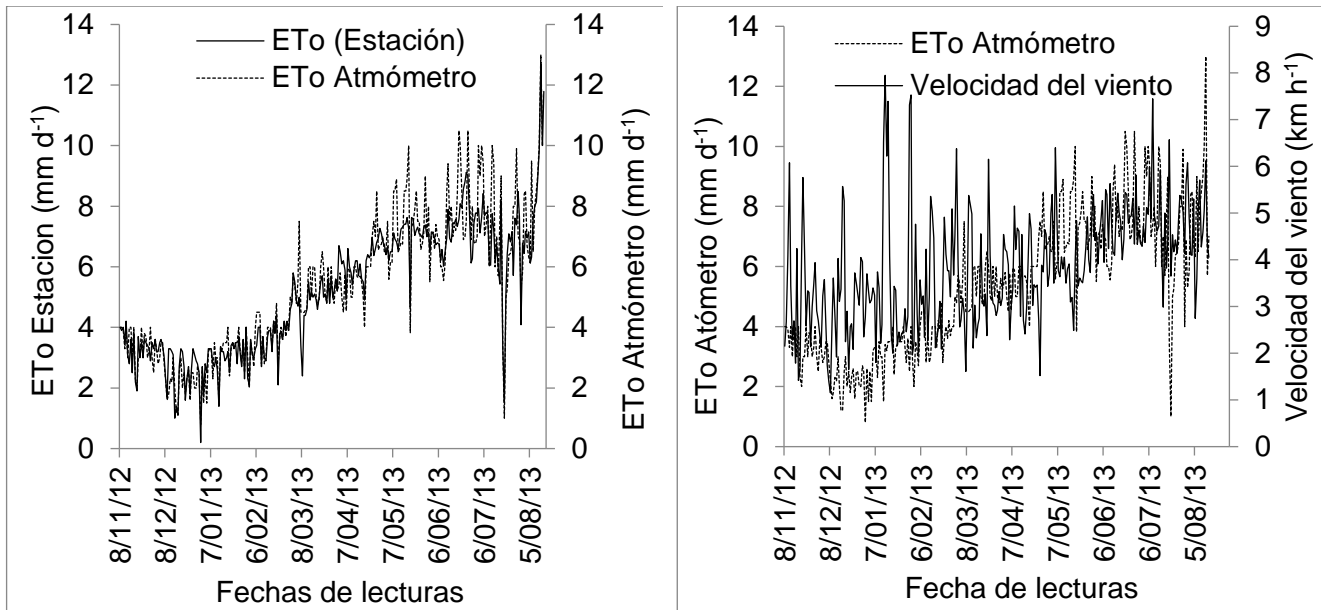
## **Resultados y Discusión**

### **Calibración y comparación de $ET_o$ del atmómetro con la estación meteorológica automática**

Los datos de  $ET_o$  obtenidos con la estación meteorológica automática comparados con los del atmómetro Figura 3 (a), donde presentan gráficamente el comportamiento de la  $ET_o$  a nivel diario desde el momento en que se inició la toma de datos hasta el último día (cosecha), indican, que el atmómetro es una herramienta robusta y confiable para la calendarización de riego en cultivos de la zona de estudio. Los datos fueron colectados a partir de 8 de noviembre de 2012 hasta el 15 de agosto de 2013. Hadi y Farah, (2018) reportaron comportamientos similares al comparar la  $ET_o$  diaria medida del atmómetro con la  $ET_o$  diaria estimada con la ecuación de Penman-Monteith.



El valor más alto de  $ET_o$  del atmómetro fue de 10.5 mm y 9 mm de la estación meteorológica, estos valores fueron registrados a finales de junio de 2013. El valor más bajo de  $ET_o$  del atmómetro fue de 0.8 y 0.5 mm para la estación meteorológica y se registraron el 31 de diciembre de 2012.

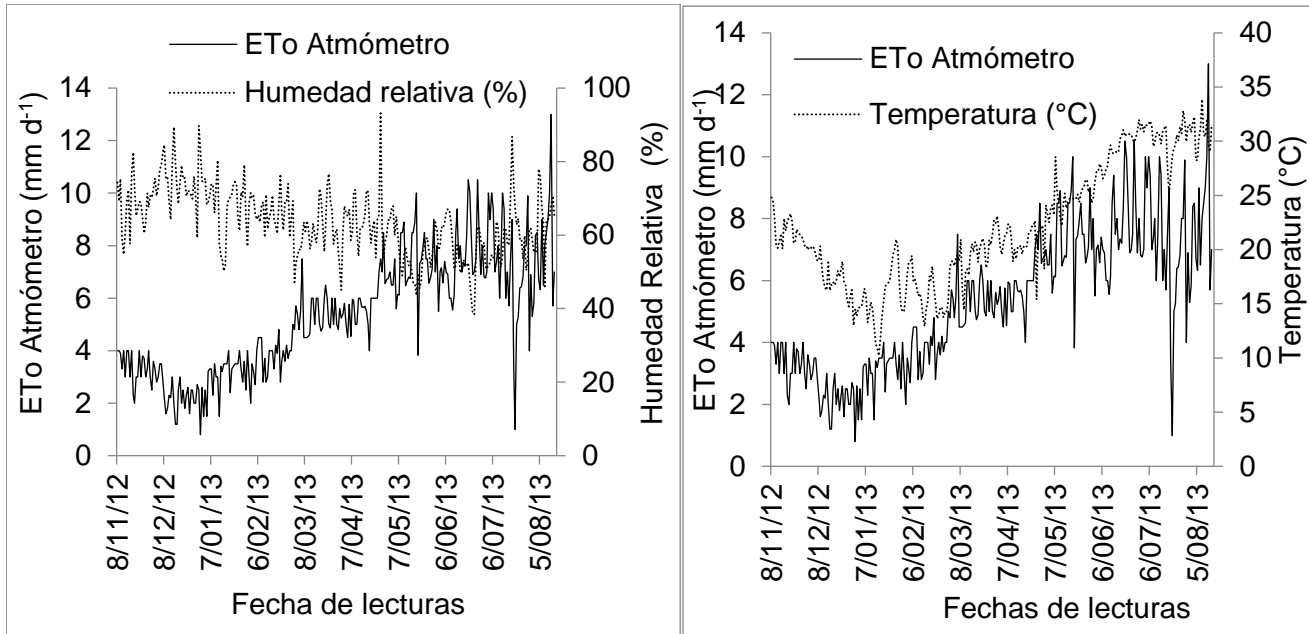


**Figura 3. Relación entre la  $ET_o$  medida con el atmómetro y la estación meteorológica automática, lado izquierdo (a) y relación entre la  $ET_o$  del atmómetro y la velocidad del viento, lado derecho (b).**

La variación de la velocidad del viento con la  $ET_o$  del atmómetro, donde se aprecia que a medida que aumenta la velocidad del viento, incrementa la  $ET_o$  por la mayor pérdida de vapor de agua ocasionado por la componente aerodinámica. También se observa que en los meses de marzo hasta julio la velocidad del viento y la  $ET_o$  son elevados, esto coincide con los meses más calientes de la zona donde se realizó la investigación Figura 3 (b).

#### **Humedad relativa con la $ET_o$ del atmómetro**

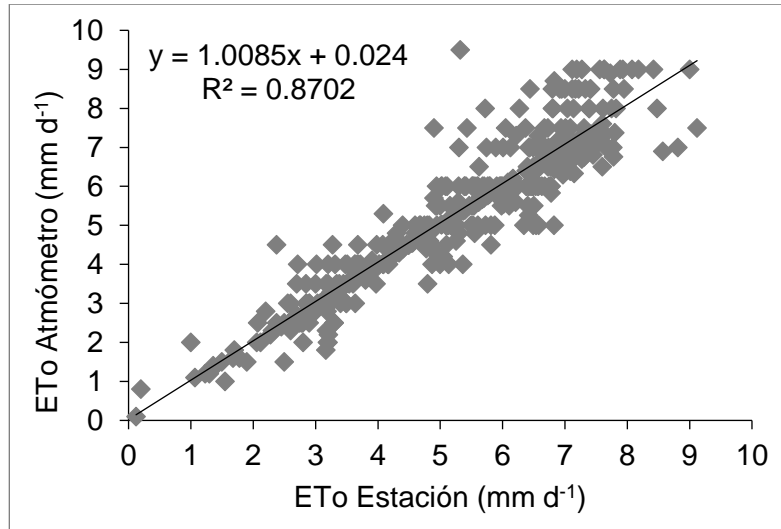
Al comparar la humedad relativa (HR) con la  $ET_o$  del atmómetro, se observa que a medida que se incrementa la HR en el ambiente disminuye el valor de la  $ET_o$ . Se observó que en la temporada de frío (diciembre y enero) la humedad relativa alcanzó valores del 80% y la  $ET_o$  disminuyó Figura 4 (a). A partir de marzo empezó a ser notorio el aumento de la temperatura y la  $ET_o$  en la zona donde se llevó a cabo la investigación Figura 4 (b).



**Figura 4. Relación temporal de la *ETo* del atmómetro y la humedad relativa lado izquierdo (a) y *ETo* del atmómetro y la temperatura lado derecho (b).**

### **Coefficiente de regresión lineal**

Se encontró una regresión lineal entre ambos métodos de estimación de la evapotranspiración de referencia, la dispersión de los puntos tiene un patrón definido. El análisis de regresión lineal es positivo lo cual indica que las variables son dependientes y se pueden explicar mutuamente con una confianza al 87% Figura 5. Hadi y Farah (2018) obtuvieron una regresión lineal 84% al correlacionar *ETo* diario medido (atmómetro) y *ETo* estimado (Penman-Monteith) bajo condiciones de invernadero. Además, Gavilán y Castillo-Llanque (2009) reportaron que los atmómetros en condiciones exteriores sobreestiman la *ETo* PM (Penman-Monteith) en períodos secos y también en días con altas temperaturas (> 35°C) y alta velocidad del viento.



**Figura 5. Coeficiente de regresión lineal de *ETo* entre la *ETo* del Atmómetro y la *ETo* de la estación meteorológica.**

### Desempeño de los modelos

La evapotranspiración de referencia acumulada fue de 1455 mm con datos estimados de la estación meteorológica automática y 1495 mm con el atmómetro, con una diferencia de 40 mm. El Cuadrado Medio del Error (MSE) y la Raíz del Cuadrado Medio del Error (RMSE) fueron de 0.71 y 0.84. El margen de error entre ambos métodos fue menor de 1 mm (Cuadro 1). Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los datos reportados por Vázquez-Méndez, *et al.* (2011) con valores de 0.98 de (EMA) y 1.27 (REMC) a nivel diario.

**Cuadro 1. Comparación de los valores de la evapotranspiración entre el atmómetro y la estación meteorológica y sus valores estadísticos de verificación.**

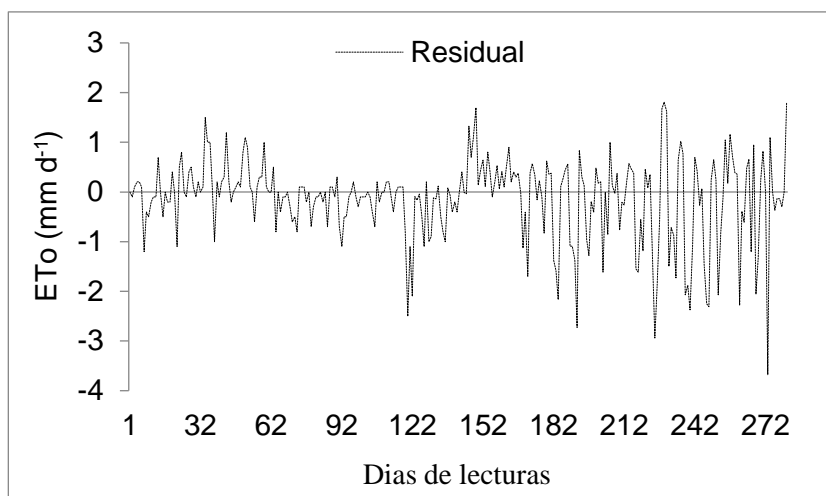
Método	Nº datos	<i>ETo</i> (Acumulado) mm	Cuadrado Medio del Error MSE (mm)	Raíz del Cuadrado Medio del Error RMSE (mm)
<i>ETo</i> (Estación)	281	1455		
<i>ETo</i> (Atmómetro)	281	1495	0.71	0.84

### Error residual del atmómetro

El error residual se refiere al error que se comete al momento de tomar las lecturas del atmómetro. El error más común es no establecer un horario predeterminado para realizar la toma de las lecturas, otro problema son las condiciones de acceso al lugar, esto es muy común



en temporadas de lluvias en la zona. A partir de 173 días (23 de abril 2013) hasta 271 días (04 de agosto) se observa de manera notoria la variación del error que, además, coincide con meses lluviosos en la zona de estudio Figura 6.



**Figura 6. Error realizado en la toma de datos en el periodo de (08/11/12-05/08/13).**

### Calendarización de riego en cultivo de frijol

En el Cuadro 2 se presenta el resumen de los riegos aplicados en el cultivo de frijol, con datos de *ETo* del atmómetro. Se aplicaron un total de 16 riegos incluyendo el riego de germinación con una lámina bruta de 37.55 cm para la parcela del atmómetro y 38.87 cm para la parcela de IrriModel con una diferencia de 1.23 cm con intervalos de riego de 5 días.

**Cuadro 2. Resumen de riegos aplicados en el cultivo de frijol.**

Métodos de riego	Nº de Riego	Superficie (ha)	Vol. Aplicado (m <sup>3</sup> )	Ln (cm)	Lb (cm)	EA (%)
Atmómetro	16	0.86	3229	33.58	37.55	89
IrriModel	17	0.86	3342	35.13	38.87	90

Ln: Lamina neta, Lb: Lamina bruta, EA: Eficiencia de Aplicación.

### Rendimiento de las parcelas experimentales

El rendimiento obtenido fue de 2.66 t/ha en la parcela de atmómetro y 2.64 t/ha en la parcela experimental de IrriModel respectivamente. Martínez-Gamiño *et al.* (2006) obtuvieron un





rendimiento similar en el cultivo de frijol cultivado bajo un sistema de riego por goteo desde 2.25 hasta 5.67 t/ha con diferentes dosis de fertilización.

### **Productividad del agua**

Se obtuvo la productividad del agua para cada una de las parcelas en función de la cantidad de agua aplicada en  $m^3$ , donde en la programación de los riegos con el atmómetro fue de 0.71 kg/m y 0.68 kg/m con el IrriModel. Ugalde-Acosta *et al.* (2011) obtuvieron una eficiencia en el uso del agua de 0.68 kg/m en frijol cultivado bajo riego por goteo.

### **Conclusiones**

La programación de riego, rendimiento y productividad de agua en el cultivo de frijol, obtenido por datos del atmómetro y la estación meteorológica, demuestran que, el atmómetro es una herramienta viable, ya que, además de su confiabilidad en la medición de la evapotranspiración, es de fácil instalación, movilidad, accesibilidad de costo y facilidad del registro de datos.

### **Literatura Citada**

- Allen, R. G., L. Pereira S., D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 15 p.
- Bessembinder, J. J. E., P. A. Leffelaar., A. S. Dhindwal and T. C. Ponsioen. 2005. Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. *Agricultural Water Management* 73(2):113-130.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2015. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2013/14. CONAGUA, México 290 p.
- Chen, F. and P.J. Robinson. 2009. Estimating reference crop evapotranspiration with ETgages. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 135(3):335-342.



- Douglas, E. M., J.M. Jacobs., D.M. Sumner., R.L. Ray. 2009. A comparison of models for estimating potential evapotranspiration for Florida land cover types. *J. Hydrol.* 9(11):366-376.
- Domingo, F., L. Villagarcía., A. J. Brenner., J. Puidefábregas. 1999. Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* 95(2):67-84.
- Fernández, C., J.E. Corá., J.A. and Campos de Araujo. 2003. Reference evapotranspiration estimation inside greenhouses. *Scientia Agricola* 60(3):591-594.
- Gavilán, P. Z., y F. Castillo-Llanque. 2009. Estimating reference evapotranspiration with atmometer in a semiarid environment. *Agricultural Water Management* 96(3):465-472.
- García, C. M., D. Raes., R. Allen and C. Herbas. 2004. Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian highlands (Altiplano). *Agric. For. Meteorol.* 125 (1):67-82.
- Gordillo, S. V. M., H. Flores M., L. Tijerina C y R. Arteaga R. 2014. Estimación de la evapotranspiración utilizando un balance de energía e imágenes satelitales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(1):143-155.
- Hadi, H. J., A. Farah. 2018. Evaluating atmometer performance for estimating reference evapotranspiration in ventilated and unventilated greenhouses. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 144(7):(0418014-1)-(04018014-10).
- Knox, J., J. Rodríguez-Díaz and T. Hess. 2011. Estimating Evapotranspiration by Using Atmometers for Irrigation Scheduling in a Humid Environment. *J. Irrig. Drain Eng.*, 137(11):685-691.
- Martínez-Gamiño, M. A., C. Jasso-Chaverría y J. Huerta-Díaz. 2006. Fertirriego y labranza de conservación en la producción de frijol. *Terra Latinoamericana* 24(3):367-374.
- Mendoza-Pérez, C., E. Sifuentes-Ibarra., W. Ojeda-Bustamante and J. Macías-Cervantes. 2016. Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 8(1):29-40.
- Melesse, A. M., Q. Weng., P. S Thenkabail and G. B Senay. 2007. Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modelling. *Sensors*. 7 (12):3209-3241.
- Ojeda-Bustamante, W., E. Sifuentes-Ibarra y H. Unland-Weiss. 2006. Programación integral del riego en maíz en el Norte de Sinaloa. *Agrociencia* 40(1):13-25.



- Rodríguez, C.F.G., R.H. Saucedo A., T. Moreno G., E. Cortez M. 2015. Frijol. Agenda técnica agrícola Sinaloa. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sinaloa, México. 242 p.
- Ugalde-Acosta, F. J., O. H Tosquy-Valle., E. López-Salinas and N. Francisco-Nicolas. 2011. Productividad y rentabilidad del cultivo de frijol con fertirriego en Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 22(1):29-36.
- Vásquez-Méndez, R., E. Ventura-Ramos., J. A. Acosta-Gallegos. 2011. Habilidad de estimación de los métodos de evapotranspiración para una zona semiárida del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(3):399-415.



## TECNOLOGÍA AGRONÓMICA PARA UNA PRODUCCIÓN RENTABLE DE SOYA DE TEMPORAL EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Arturo Durán Prado<sup>1</sup>, Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>1</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>1</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>1</sup> y Marco Antonio Reynolds Chávez<sup>1</sup>

---

### Resumen

Los productores del centro de Veracruz requieren cultivos alternativos que se adapten a las condiciones edafoclimáticas y sean demandados por la agroindustria de la región. La soya es una alternativa viable, pero se requiere desarrollar tecnología agronómica rentable para su producción. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de sistemas de labranza y fertilización química, orgánica y biológica en el crecimiento de las plantas, rendimiento de grano y rentabilidad de la soya de temporal en el centro de Veracruz. Durante el temporal de 2004, se estableció un experimento de soya en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla, en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. En la parcela grande se evaluaron tres sistemas de labranza: tradicional, cero y reducida; en la parcela media, dos tipos de fertilización: química con la dosis 20-13-00 y biológica a base de 1 kg/ha de *Rhizophagus intraradices* y en la parcela chica, dos niveles de aplicación de ácidos húmicos: con 2 L/ha de Carbovit y sin Carbovit. Se cuantificó la altura de las plantas final (cm), la cantidad de vainas producidas por planta y el rendimiento de grano (kg/ha). Se realizó análisis de varianza y en los casos en que se detectó significancia para la separación de promedio se aplicó la prueba de Tukey al 0.05. También se realizó un análisis de relación beneficio/costo, para identificar los tratamientos con los mayores beneficios económicos. Con la labranza tradicional se obtuvieron plantas de soya significativamente más altas, mayor número de vainas y mayor rendimiento que con la labranza reducida. Con la fertilización química se tuvo mayor crecimiento y producción de grano que con la inoculación a la semilla con *R. intraradices*. La adición de ácidos húmicos incrementó el número de vainas,

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \* Autor por correspondencia: duran.arturo@inifap.gob.mx



pero esto no se reflejó en el rendimiento de grano. Con la branza tradicional y fertilización 20-13-00 se obtuvo el mejor crecimiento y el mayor rendimiento de soya, así como la mayor relación beneficio/costo. Con 2 L/ha de Carbovit se incrementó la cantidad de vainas por planta, pero este componente no se reflejó en un mayor rendimiento de grano.

**Palabras clave:** *Glycine max*, sistemas de laboreo, fertilización, rendimiento de grano

## Introducción

En México la producción de soya no alcanza a cubrir las necesidades internas del país, por lo cual se importan anualmente grandes cantidades de este producto. De acuerdo con estudios del INIFAP, en el estado de Veracruz se tienen 865,242 ha con condiciones edafoclimáticas adecuadas para la explotación de este cultivo, las cuales cultivadas con tecnología INIFAP pueden ofrecer rendimientos de hasta 3 t/ha (Tosquy *et al.*, 2006), lo que contribuiría a subsanar el déficit nacional de grano de esta oleaginosa. Debido a que el cultivo de la soya no es común en Veracruz, para lograr su adopción por los agricultores, es necesario proporcionar un paquete tecnológico adaptado a las condiciones de la entidad, principalmente en cuanto a la preparación del terreno para la siembra y la fertilización.

Aunque tradicionalmente la siembra de la soya se realiza en suelos preparados mecánicamente con barbecho y rastreo, en el área central del estado de Veracruz, Santos *et al.* (1994) determinaron que los rendimientos de grano obtenidos en condiciones de temporal con el sistema de labranza cero fueron 22.5% mayores que los obtenidos con la labranza tradicional, y que la tasa marginal también fue 22% más alta con el primer sistema de labranza. En lo referente a la fertilización del cultivo, en la misma región y condiciones de cultivo, Durán *et al.* (2004) compararon la aplicación de fertilizantes químicos y biológicos [60N - 00P - 00K + Micorriza-arbuscular (*Rhizophagus intraradices*)] con la fertilización química [60N - 40P - 00K] en las variedades Huasteca 100 y Huasteca 200, encontrando que, en promedio, con el tratamiento que combina la fertilización química con la biológica, el rendimiento de grano fue 5.45% superior al obtenido con sólo fertilización química, lo que es indicativo que la fertilización biológica es una alternativa eficiente para sustituir parcialmente a los fertilizantes químicos.



Existen otras evidencias en el norte de Tamaulipas, de la bondad de *R. intraradices* como fertilizante biológico en el cultivo de soya de temporal, ya que con sólo este tratamiento se obtuvo un rendimiento de 2,053 kg/ha, 3.3% superior al del biofertilizante *Bradyrhizobium japonicum* (Pérez *et al.*, 2004). En Turquía, investigaciones realizadas en condiciones de invernadero, indicaron que la aplicación de ácidos húmicos en la semilla de soya produjo un incremento significativo de calcio, sodio, potasio, fósforo y fierro en el follaje, tallo y raíces de las plantas en comparación con el testigo absoluto (Tuncturk *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de sistemas de labranza y fertilización química, orgánica y biológica en la altura de planta, rendimiento de grano y rentabilidad de la soya variedad Huasteca-200, en condiciones de temporal en el centro de Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

Durante el ciclo primavera-verano de 2004, se estableció un experimento de soya en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT), el cual su ubicación geográfica es 18° 55'56" latitud norte, 96°11'31" longitud oeste y 10 msnm, el cual se condujo bajo condiciones de temporal. El experimento se sembró el 28 de julio de 2004, en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas, donde la parcela grande correspondió a tres sistemas de labranza: El primero fue labranza Tradicional o convencional, que consistió en un barbecho y dos pasos cruzados de rastra previo a la siembra con una sembradora-fertilizadora MP-25. El segundo fue Labranza reducida, que consistió en un chapeo más un paso de rastra previo a la utilización de una sembradora mecánica de la UIMA (Unidad de Ingeniería y Mecanización Agrícola) del CECOT. El tercero fue Labranza cero, que consistió en la no remoción de la capa arable del suelo, e implicó sólo el chapeo de maleza, para después emplear la misma sembradora de labranza reducida de la UIMA. En los tres sistemas de labranza, la soya variedad Huasteca 200, se sembró en surcos separados a 0.80 m a una densidad de población de 250,000 plantas/ha. La parcela media correspondió a dos tipos de fertilización: Fertilización química al suelo, con la dosis 20-13-00 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Fertilización biológica, a base de 1 kg/ha de micorriza *Rhizophagus intraradices*, inoculando la semilla con este biofertilizante previo a la



siembra. La parcela chica correspondió a dos niveles de ácidos húmicos: El primero, consistió en la aplicación de 2 L/ha de Carbovit inmediatamente después de la siembra, Carbovit es un ácido húmico que tiene la propiedad de incorporar aminoácidos en sus radicales libres, además de carbohidratos, polifenoles, ácidos fenilcarboxílicos y polihidroquinonas, que consiguen incrementar las actividades celulares y ayuda a incorporar materia orgánica en los suelos. El segundo fue el Testigo sin aplicación. La unidad experimental fue de seis surcos de 6 m de longitud (28.8 m<sup>2</sup>), teniendo como parcela útil los cuatro surcos centrales de 5 m de longitud (eliminándose 0.5 m de cada cabecera).

El manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del CECOT para el cultivo de soya (López *et al.*, 1994). Para el sistema de laboreo tradicional, se realizó control químico y cultural de malezas, mientras que, para los sistemas de labranza reducida y labranza cero, para el control de las malezas gramíneas y de hoja ancha anuales, se realizó una aplicación del herbicida glifosato en dosis de 2 L/ha, a los dos días después de la siembra. Para controlar coquillo (*Cyperus rotundus* L.), en los tres sistemas de labranza se realizó una aplicación de bentazón a 720 g/ha a los 15 días después de la emergencia del cultivo (DDE); a su vez, 17 días después, se aplicó la mezcla de bentazón + fluazifop-butilo a 720 + 125 g/ha para controlar coquillo y zacate Johnson [*Sorghum halepense* (L.) Pers]. En el sistema de labranza tradicional, también se efectuaron dos pasos de cultivadora, a los 30 y 45 días después de la siembra (DDS). La dosis de fertilización química 20-13-00 se aplicó en banda, al momento de la siembra, utilizando las fuentes nutrimentales urea (46% N) y superfosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Así mismo, durante la etapa vegetativa del cultivo, se realizaron cuatro aplicaciones de cipermetrina en dosis de 50 g/ha, para el control de doradillas (*Diabrotica balteata* Le Conte y *Ceratomona ruficornis* Olivier) y una aplicación de paratión metílico + carbaril en dosis 540 g + 800 g/ha para controlar gusano peludo [*Estigmenea acrea* (Drury)]. Se tomaron datos de temperatura del ambiente y de precipitación pluvial ocurrida durante el ciclo del cultivo con la estación climatológica del CECOT.

Las variables medidas fueron: 1) Altura de planta final: cuantificada a los 105 DDS, en 20 plantas tomadas al azar en cada parcela útil, de las cuales se obtuvo su promedio. 2) Número de vainas por planta: también contabilizadas en 20 plantas tomadas al azar de cada parcela. 3) Rendimiento de grano: después de la cosecha (entre los 126 y 128 DDS), el grano cosechado en cada parcela útil se transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.



Con el paquete estadístico versión 2.5 de la Universidad Autónoma de Nuevo León, se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas y en los casos en que se detectó significancia para la separación de promedios se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad de error (Olivares, 1994). También se realizó un análisis económico de relación beneficio/costo para identificar los tratamientos con los mayores beneficios netos (CIMMYT, 1988).

## Resultados y Discusión

En los análisis de varianza, se detectó significancia estadística ( $P \leq 0.01$ ) en el factor principal sistemas de labranza, en las tres variables cuantificadas, lo que indica, que el laboreo de suelo afectó significativamente, el desarrollo del cultivo, la producción de vainas por planta y en consecuencia el rendimiento de grano. Con el sistema de labranza convencional, la soya tuvo un crecimiento y un rendimiento de grano significativamente mayor al de los otros dos tratamientos y produjo una cantidad de vainas por planta estadísticamente superior al de la labranza reducida (Cuadro 1). Este comportamiento puede deberse a que, con el sistema de laboreo tradicional, el cultivo aprovechó mejor la humedad por la cama de siembra, respecto a los sistemas de labranza reducida y labranza cero, y a que el suelo en estos dos últimos sistemas de laboreo se mantuvo más compacto, lo cual afectó el desarrollo de las plantas y la producción de vainas por una menor disponibilidad de humedad para el cultivo.

En el efecto factorial fertilización, se encontró significancia ( $P \leq 0.01$ ) en altura de planta y rendimiento de grano. La fertilización química indujo un crecimiento y una producción de grano de soya significativamente mayor, que la inoculación a la semilla con *R. intraradices* (Cuadro 1), lo que sugiere, que la fertilización biológica debe utilizarse como complemento a la fertilización química, ya sea completa o reducida y no como fertilización única (Cely *et al.*, 2016). En el efecto principal ácidos húmicos, aunque la aplicación de 2 L/ha de Carbovit, en general favoreció una mayor producción de vainas por planta, su adición no incrementó significativamente la altura de las plantas de soya, ni el rendimiento de grano (Cuadro 1). La acción conjunta o interacción triple de estos tres factores sólo fue significativa para la variable





altura de planta, lo que indica, que el crecimiento de la soya, varió con la combinación de los niveles de sistemas de labranza, fertilización y aplicación de ácidos húmicos.

**Cuadro 1. Efecto de los factores: sistemas de labranza, fertilización y aplicación de ácidos húmicos en la altura de planta, cantidad de vainas por planta y rendimiento de grano de soya.**

Sistemas de labranza	Fertilización	Ácidos húmicos	Altura de planta (cm)	Vainas por planta	Rendimiento de grano (kg/ha)
Tradicional			84.57a	180.66a	2,713a
Cero			71.24b	179.04a	2,269b
Reducida			65.88b	147.46b	2,023b
ANVA			**	**	**
CV (%)			3.78	7.01	15.73
	20-13-00		79.48a	169.32a	2,609a
	1 kg/ha de micorriza		68.32b	168.82a	2,061b
	ANVA		**	ns	**
	CV (%)		6.33	10.87	13.72
		1 kg/ha de Carbovit	74.59a	174.59a	2,375a
		Sin Carbovit	73.20a	163.55b	2,297a
		ANVA	ns	*	ns
		CV (%)	8.37	8.29	24.80

\* = Significativo al 0.05. \*\* = Significativo al 0.01. ns. = No Significativo. Valores con letras similares en cada factor y variable cuantificada, son estadísticamente iguales, de acuerdo a la prueba de Tukey al 0.05.

De los 12 tratamientos resultantes de la combinación de los tres factores en estudio, el que incluyó el sistema de laboreo tradicional, fertilización química 20-13-00 y aplicación de 2 L/ha de Carbovit proporcionó la mayor altura de las plantas de soya, la cual fue estadísticamente similar a la de otros seis tratamientos y superior al resto (Cuadro 2). Con este mismo tratamiento, también se obtuvo el más alto rendimiento de grano (3,000 kg/ha), el cual fue estadísticamente similar al de otros nueve tratamientos y superior al de los tratamientos 6 y 5, que incluyeron la labranza reducida, fertilización biológica con *R. intraradices*, con y sin Carbovit, respectivamente, con los cuales se obtuvieron las plantas de menor altura y los más



bajos rendimientos de grano, debido en gran parte, a una menor producción de vainas por planta (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Efecto conjunto de sistemas de labranza, fertilización química y biológica y aplicación de Carbovit en el número de vainas por planta y el rendimiento de grano de soya.**

No.	Sistema de Labranza	Fertilización	Ácidos Húmicos (Carbovit)	Altura de planta (cm)	Vainas por planta	Rendimiento de grano (kg/ha)
4	Tradicional	20-13-00	2 L/ha	87.20a	184.33ab	3000a
3	Tradicional	20-13-00	Sin Carbovit	82.07ab	161.50abc	2900ab
8	Reducida	20-13-00	2 L/ha	82.42ab	161.05abc	2795ab
1	Tradicional	1 kg micorriza	Sin Carbovit	81.90ab	180.48ab	2507abc
11	Cero	20-13-00	Sin Carbovit	80.77ab	185.18ab	2503abc
2	Tradicional	1 kg micorriza	2 L/ha	87.12a	196.38a	2445abc
9	Cero	1 kg micorriza	Sin Carbovit	65.90c	174.05ab	2286abc
12	Cero	20-13-00	2 L/ha	66.92c	175.38ab	2229abc
7	Reducida	20-13-00	Sin Carbovit	77.50abc	148.55bc	2228abc
10	Cero	1 kg micorriza	2 L/ha	71.37bc	181.78ab	2060abc
6	Reducida	1 kg micorriza	2 L/ha	52.52d	148.68bc	1710bc
5	Reducida	1 kg micorriza	Sin Carbovit	51.10d	131.58c	1359c
Media				73.90	169.07	2335
ANVA				**	**	**
CV (%)				7.22	8.87	20.78

\* = Significativo al 0.05. \*\*= Significativo al 0.01. ns = No Significativo.

En el análisis económico se determinó que con los tratamientos 4 y 3, que incluyen a la labranza tradicional y fertilización química, con y sin aplicación de ácidos húmicos se obtuvieron las mayores utilidades netas y las mejores relaciones beneficio/costo (1.72 y 1.71, respectivamente) (Cuadro 3), las cuales fueron muy similares entre sí, debido principalmente a que la aplicación de 2 L/ha de Carbovit no favoreció un incremento significativo del rendimiento de grano (Cuadro 1). A su vez, con el tratamiento 5, que incluye a la labranza reducida, la biofertilización con *R. intraradices* y sin la aplicación Carbovit, se tuvo una pérdida económica de \$683.50 por hectárea y la menor relación beneficio/costo, ya que por cada peso que se invirtió en la aplicación de este tratamiento se perdieron \$0.13, ya que sólo se recuperaron \$0.87 (Cuadro 3), lo cual se debió, en gran parte al bajo rendimiento de grano que



se obtuvo con este tratamiento. A sí mismo, con el tratamiento 6, que incluye a la labranza reducida, la biofertilización y la aplicación de 2 L/ha de Carbovit, se obtuvieron muy bajas utilidades netas y una relación beneficio/costo de sólo 1.06 (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Análisis económico de relación beneficio/costo de los 12 tratamientos resultantes de la combinación de los factores: sistemas de labranza, fertilización química y biológica y aplicación de Carbovit en soya de temporal.**

No.	Tratamiento	Rendimiento de grano (kg/ha)	Beneficio bruto (\$/ha)	Costo de producción (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	Relación B/C
4	LT + FQ + CC	3000	10,500.00	6,100.48	4,399.50	1.72
3	LT + FQ - SC	2900	10,150.00	5,920.48	4,229.52	1.71
8	LR + FQ + CC	2795	9,782.50	6,000.48	3,782.02	1.63
1	LT + FB - SC	2507	8,774.50	5,540.00	3,234.50	1.58
11	LC + FQ - SC	2503	8,760.50	6,065.48	2,715.02	1.44
2	LT + FB + CC	2445	8,557.50	5,720.00	2,837.50	1.49
9	LC + FB - SC	2286	8,001.00	5,685.00	2,316.00	1.40
12	LC + FQ + CC	2229	7,801.50	6,245.48	1,556.02	1.24
7	LR + FQ - SC	2228	7,798.00	5,820.48	1,977.52	1.33
10	LC + FB + CC	2060	7,210.00	5,865.00	1,345.00	1.22
6	LR + FB + CC	1710	5,985.00	5,620.00	365.00	1.06
5	LR + FB - SC	1359	4,756.50	5,440.00	-683.50	0.87

Se consideró un precio de venta del kilogramo de grano de soya de \$3.50. LT= Labranza tradicional con un costo de labor de \$1,700.00. LR= Labranza reducida con un costo de labor de \$1,200.00. LC= Labranza cero con un costo de labor de \$800.00. FQ = Fertilización química 20-13-00 de N-P-K con un costo de fertilizantes y su aplicación de \$430.48. FB = Fertilización biológica mediante inoculación de 1 kg/ha de micorriza *Rhizophagus intraradices* con un costo de \$50.00. CC = Con 2 L/ha de Carbovit con un costo de \$180.00. SC = Sin Carbovit.

## Conclusiones

1. Con el sistema de labranza tradicional y la fertilización mineral al suelo 20-13-00, se obtiene el mejor crecimiento de la soya y el mayor rendimiento de grano. 2. El aumento de vainas por planta que se logra con 2 L/ha de Carbovit, no se refleja en el rendimiento de grano. 3. Independiente del uso de Carbovit, con labranza tradicional y fertilización química 20-13-00 de N-P-K se obtiene la mayor relación beneficio/costo.



## Literatura Citada

- Cely, M. V. T., A. G. de Oliveira, V. F. de Freitas, M. B. de Luca, A. R. Barazetti, I. M. O. dos Santos, B. Gionco, G. V. Garcia, C. E. C. Prete and G. Andrade. 2016. Inoculant of arbuscular mycorrhizal fungi (*Rhizophagus clarus*) Increase yield of soybean and cotton under field conditions. *Frontiers in Microbiology* 7. Article 720.
- CIMMYT (Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Programa de Economía. México, D. F. 30 p.
- Durán, P. A., O. H. Tosquy V. y V. López G. 2004. Respuesta de variedades de soya a la inoculación con micorriza *Glomus intraradix* en Veracruz. p. 106. *In: Memoria del Simposio de Biofertilización*. Río Bravo, Tam., México.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E., J. Espinosa M., O. Cano R. y J. Cumpián G. 1994. Manual para cultivar soya de temporal en el centro de Veracruz. Folleto para Productores No. 8. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Ver., México. 24 p.
- 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.
- Pérez, G. P., A. Díaz F. y N. Maldonado M. 2004. Evaluación de la inoculación de simbioses en soya (*Glycine max*) bajo condiciones de campo. p. 66-70. *In: Memoria del Simposio de Biofertilización*. Río Bravo, Tam., México.
- Santos, G. C. M., M. Cadena Z., S. Jácome M. y E. López S. 1994. Evaluación de sistemas de mecanización en el cultivo de soya de temporal en el centro de Veracruz Informe técnico del proyecto "Investigación y validación de soya en el centro de Veracruz y algunas otras regiones de la zona sur de México". SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 135 p.
- Tosquy, V. O. H., V. A. Esqueda, E. y A. Durán, P. 2006. Sistemas de siembra para soya de invierno en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 17(1):63-69.
- Tunçturk, R., H. Kulaz and M. Tunçturk. 2016. Effect of humic acid applications on some nutrient contents of soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Oxidation Communications* 39(1-II):503-510.



## CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES SOBRE EL CONTROL QUÍMICO DE *Diaphorina citri* EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ

Luis Alfredo Pérez Zarate<sup>1\*</sup>, Juan Antonio Villanueva Jiménez<sup>1</sup>, Francisco Osorio Acosta<sup>1</sup>,  
Laura Delia Ortega Arenas<sup>2</sup> y Lissette C. Bustillo García<sup>3</sup>

### Resumen

La industria de los cítricos se ve mermada en cada ciclo productivo por la incidencia de plagas y enfermedades como el Huanglongbing (HLB), que es la más destructiva de los cítricos en el mundo. En México, la estrategia de manejo del HLB se basa en la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos, la cual establece Áreas de Manejo Epidemiológico Fitosanitario (AMEFI), para combatir múltiples plagas de importancia económica, mediante la implementación de estrategias de manejo en áreas citrícolas amplias. En las AMEFI, la participación social es fundamental para realizar acciones de manejo coordinadas y potenciar las posibilidades de éxito, para retrasar el progreso de la enfermedad. El objetivo de este trabajo fue determinar el conocimiento de productores sobre aspectos operacionales e identificar aspectos socioculturales relacionados con la eficiencia de las aplicaciones de insecticidas en Martínez de la Torre, Veracruz. Se utilizó un cuestionario estructurado para entrevistar a 62 productores de 15 ejidos, quienes atiende la Junta Local de Sanidad Vegetal del Totonacapan. Las respuestas del cuestionario se estandarizaron y se conjuntaron en índices operacionales y socioculturales. Se identificaron los siguientes factores operacionales que pueden influir en la efectividad de las aplicaciones de insecticidas: desconocimiento sobre el uso de adherentes, velocidad de avance en las aplicaciones, calibración deficiente de equipos de aplicación y calidad de agua utilizada. Además, el desconocimiento general de la plaga, y el buen uso y manejo de insecticidas se identificaron como los factores socioculturales, que pueden afectar la efectividad de las aplicaciones. La información de este estudio permite

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa de Posgrado en Agroecosistemas Tropicales. [alfredo.perez@colpos.mx](mailto:alfredo.perez@colpos.mx)

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa en Fitosanidad-Entomología y Acarología.

<sup>3</sup> Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento Socioeconómico. Núcleo Agropecuario. Maracaibo, Venezuela.



ajustar las estrategias y la planificación de acciones de extensionismo en la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos.

**Palabras clave:** Huanglongbing, insecticidas, psílido asiático de los cítricos

## Introducción

El Huanglongbing (HLB) es una enfermedad que ha mermado la producción de cítricos a nivel mundial y ha ocasionado la muerte de miles de árboles, por lo que, se le considera la más destructiva de los cítricos en el mundo (Bové, 2006). Esta enfermedad se asocia a variantes del género de bacterias gram negativas, *Candidatus Liberibacter* spp. En México, la variante asiática (*C. L. asiaticus* o CLas) se encuentra ampliamente distribuida en las zonas citrícolas, diseminada por su vector, *Diaphorina citri*, el psílido asiático de los cítricos (PAC) (Ajene *et al.*, 2020). El HLB afecta las plantaciones comerciales de cítricos al aumentar la tasa de mortalidad de los árboles, reducir el rendimiento y la calidad de la fruta, e incrementar considerablemente los costos de producción (Farnsworth *et al.*, 2014). En México, el HLB redujo de 20 a 48% el rendimiento de limón mexicano en los primeros tres años; además, ante un impacto alto del HLB pueden perderse más de 19 millones de empleos (Salcedo *et al.*, 2010).

En México, para el manejo del HLB, la estrategia implementada incluyó la erradicación de plantas enfermas, el control del vector y el uso de planta certificada, para sustituir a las plantas enfermas; todo esto en grandes extensiones de manejo denominadas preliminarmente Áreas Regionales de Control (ARCO) (Mora-Aguilera *et al.*, 2014). La estrategia de manejo actual del HLB se basa en la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos, con el establecimiento de las actuales Áreas de Manejo Epidemiológico Fitosanitario (AMEFI), las cuales están dirigidas no solo al manejo del HLB, sino también, a múltiples plagas y enfermedades de importancia económica. En las AMEFI se concentran las actividades de monitoreo, control biológico y control químico en áreas estratégicamente definidas, para reducir la posibilidad de crecimiento de los focos de infestación (SENASICA, 2019).

La participación social dentro de las AMEFI es fundamental; permite el control del vector mediante actividades coordinadas, que potencian la eficiencia en el control químico del vector



u otras actividades; en ese sentido, la organización de productores es fundamental para el manejo regional, ya que debe realizarse la coordinación de fechas de aplicación, basadas en épocas biológicamente justificadas (brotaciones); se debe decidir que ingredientes activos se van a aplicar y su rotación, para impactar mejor sobre las poblaciones del PAC, sin generar resistencia (NAPPO, 2015).

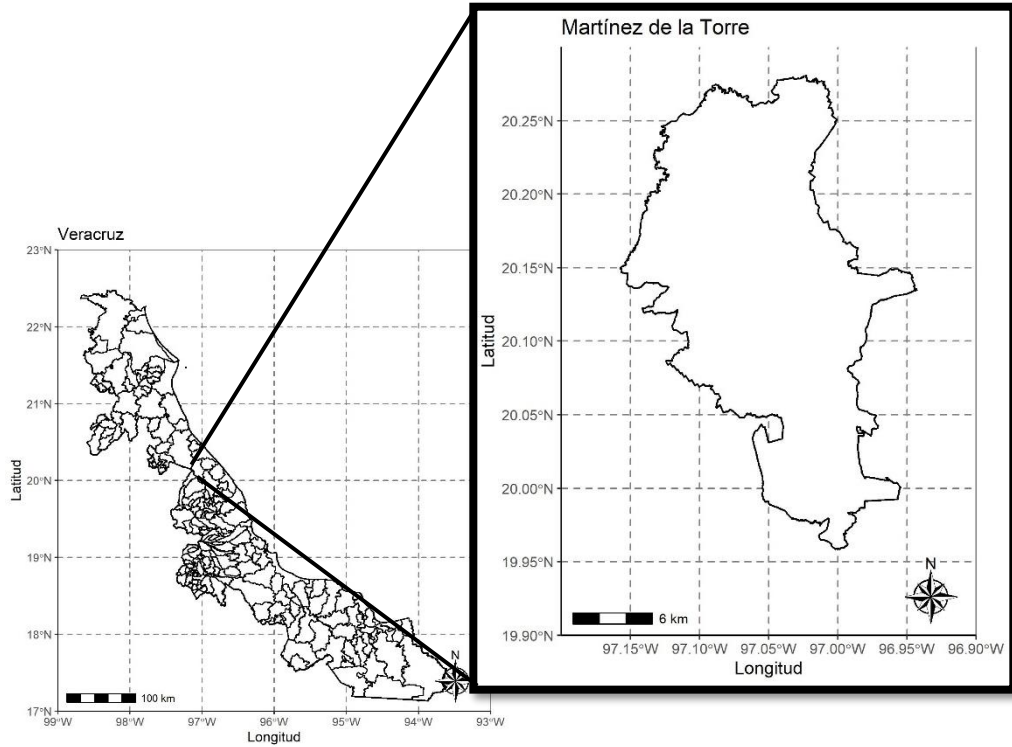
El desarrollo cognitivo de los individuos en un territorio, conlleva a que los integrantes de una comunidad compartan características intelectuales y materiales que les dan identidad y los diferencie de otras comunidades (lo cual es parte de su cultura) (Salazar, 2019). El contexto sociocultural determina la manera en la que los citricultores toman decisiones en los agroecosistemas; además, influye y está influenciado por los elementos que integran dicho contexto (Sarandón y Flores, 2014). Los modelos culturales específicos de cada comunidad guían las interacciones entre los productores y su entorno, particularmente la aplicación de nuevas tecnologías e innovaciones en la agricultura; el éxito de la adopción de nuevas estrategias de manejo dependería del conocimiento empírico, la percepción, las relaciones sociales y la complejidad de esta actividad (Ajzen, 1991; Timsuksai y Rambo, 2016). Nuestros hallazgos previos (Pérez-Zarate *et al.*, 2016; 2020) sugieren la necesidad de discutir más a fondo la relación existente entre los aspectos socioculturales y el conocimiento sobre aspectos operacionales asociados al control químico de *D. citri* en la zona citrícola de Martínez de la Torre, lo cual contribuirá en la planificación de acciones estratégicas de extensionismo en la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre los aspectos operacionales y socioculturales entorno a productores de cítricos y la eficiencia del control químico de *D. citri* en Martínez de la Torre, Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó con productores de los ejidos: Pueblo Viejo, Cartago, San Antonio Coronado, Flores Magón, Paso de Barriles, Santa Rosa, Valsequillo, El Insurgente Socialista, Miguel Hidalgo, Mesa Chica Nueva “El Corcho”, Augusto Gómez Villanueva, Cañizo, Flamencos y Piedrilla; estos ejidos son atendidos por técnicos del Comité Estatal de Sanidad



Vegetal de Veracruz (CESAVE Veracruz), pertenecientes a la Junta Local del Totonacapan, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz (Figura 1).



**Figura 1. Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, donde se encuentra la Junta Local del Totonacapan, que atiende los ejidos donde se realizó la investigación.**

Se realizó un cuestionario estructurado para identificar los factores socioculturales que pueden incidir en la eficiencia de las aplicaciones regionales de insecticidas para el control de *Diaphorina citri*.

Se consideró una población de 630 productores atendidos por la Junta Local del Totonacapan en los ejidos mencionados y el tamaño óptimo de muestra se determinó con la siguiente fórmula (Morales, 2012):

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

Donde N = Tamaño de la población, Pq = Varianza de la población, z = z de tablas ( $\alpha = 0.10$ ) y e = Error muestral (10%).

Se determinó una muestra representativa de 62 productores. Se realizó un cuestionario estructurado, en el que se consideraron datos personales del productor y preguntas de





indicadores socioculturales como: asistencia a reuniones, capacitación, organización, interés sobre el control del PAC, conocimiento sobre manejo y rotación de insecticidas, interés sobre protección de enemigos naturales, cursos de capacitación sobre el manejo de insecticidas y percepción sobre la efectividad de los insecticidas que brinda la campaña contra el HLB; además, indicadores del conocimiento sobre aspectos operacionales como: percepción sobre la efectividad de los insecticidas utilizados, incremento en dosis, uso de adherentes, velocidad de avance, uso de boquillas, calidad del agua utilizada en las aplicaciones y calibración de los equipos de aplicación. La mayoría de los cuestionarios se aplicaron durante las reuniones ejidales donde se trataron temas relacionados al manejo regional del PAC; esto con ayuda de los técnicos del CESAVE Veracruz.

Las respuestas se estandarizaron y posteriormente se integraron dos índices; el operacional y el sociocultural. Para ello, se asignó el valor más bajo a las respuestas menos idóneas de cada pregunta y el valor más alto a la mejor respuesta de cada pregunta (Maravelakis *et al.*, 2003). Con los valores obtenidos se realizó una matriz de correlación de Pearson para cada factor y su relación con la percepción de la efectividad de insecticidas, mediante la librería corrplot del programa RStudio.

## **Resultados y Discusión**

### **Descripción de los productores entrevistados**

El 93% de los entrevistados fueron hombres y el resto, mujeres; la media de edad fue de 56.3 años y un promedio de escolaridad de 7.4 años, las cuales se correlacionaron negativamente ( $r = -0.6537$ ). Se resalta que el 7% no fue a la escuela y el 22% estudió más de 10 años. El promedio de hectáreas cultivadas fue de 11.8 y solo el 9.6% de los productores contaron con extensiones de cultivo mayores a 30 ha. Los principales cultivos de importancia económica fueron: lima persa (59%), naranja (37%) y toronja (4%). Las características asociadas a la cantidad de tierra con la que cuentan los productores en los ejidos estudiados, coinciden con lo indicado por Oliveira *et al.* (2021), respecto a que la mayoría de los productores entrevistados son minifundistas, con superficies de cultivo menores a 30 ha.



### Conocimiento sobre aspectos operacionales

La mayoría de los productores coincide en haber aplicado los insecticidas en tiempo y forma (96%), niegan haber aumentado las dosis en cada aplicación (100%), así como haber aplicado mezclas de insecticidas. Sin embargo, la mayoría señala que, si el insecticida que les proporciona el CESAVE Veracruz funciona adecuadamente, lo seguirán utilizando en “aplicaciones locales no supervisadas” (ALNS). En la mayoría de los casos, los insecticidas organofosforados fueron los más utilizados. La frecuente aplicación de este grupo toxicológico trajo consigo la aparición de poblaciones resistentes de *D. citri* y la disminución de la vida útil de los insecticidas pertenecientes a este grupo (García-Méndez *et al.*, 2016).

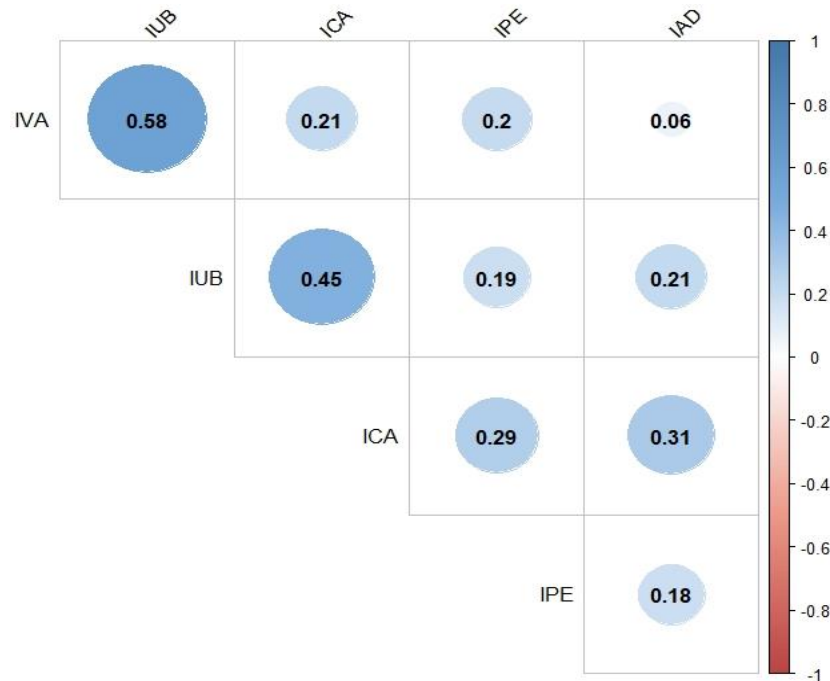
El conocimiento de los productores sobre aspectos operacionales en aplicaciones de insecticidas, está basado en la experiencia, recomendaciones de técnicos del CESAVE Veracruz y casas de agroquímicos. En ese sentido, los resultados indicaron que, los productores con mayor percepción respecto a la efectividad de las “aplicaciones regionales supervisadas” (ARS), fueron quienes mostraron mayores cuidados en la calidad del agua que utilizaron en las aplicaciones de insecticidas ( $r = 0.29$ ) y los que tomaron en cuenta la velocidad de avance durante las aplicaciones ( $r = 0.2$ ). Además, el índice de velocidad de avance se relacionó con el índice de uso de boquilla ( $r = 0.58$ ) y con el índice de calidad de agua ( $r = 0.21$ ), el cual a su vez, se relacionó con el índice de uso de boquilla ( $r = 0.45$ ) y el índice de uso de adherentes ( $r = 0.31$ ) (Figura 2).

Las correlaciones anteriores muestran que, algunos productores están conscientes de la importancia de los factores operacionales en la efectividad de las aplicaciones; sin embargo, reportes previos indican que, en la práctica, la mayoría de los productores no consideran estos factores en las aplicaciones que realizan de manera rutinaria (Pérez-Zarate *et al.*, 2016).

En general, el concepto de calibración no es muy conocido por los productores; quienes lo saben, únicamente lo realizan en ciertas ocasiones. Al calibrar adecuadamente una aspersora de motor, Inostroza (2009) indica que es básico considerar la velocidad de avance, el gasto de agua y el ancho de la franja de aplicación; además, es importante seleccionar la boquilla adecuada según el agroquímico a utilizar y el tipo de aspersora. La falta de calibración de equipos de aspersión es un problema generalizado; en ese sentido, Ruiz *et al.* (2011) reportan que el 80% de los productores entrevistados en Chiapas, no calibró su equipo de aplicación de insecticidas para el control de plagas en el cultivo de tomate. Vega-Gutiérrez *et al.* (2008)



señalan que, en la mayoría de los casos, la falta de control de plagas se debe a la calibración deficiente de equipos. Por lo tanto, una calibración adecuada del equipo en cada aplicación, adicionando adherentes a la mezcla, puede potenciar de manera importante la efectividad de los insecticidas utilizados.



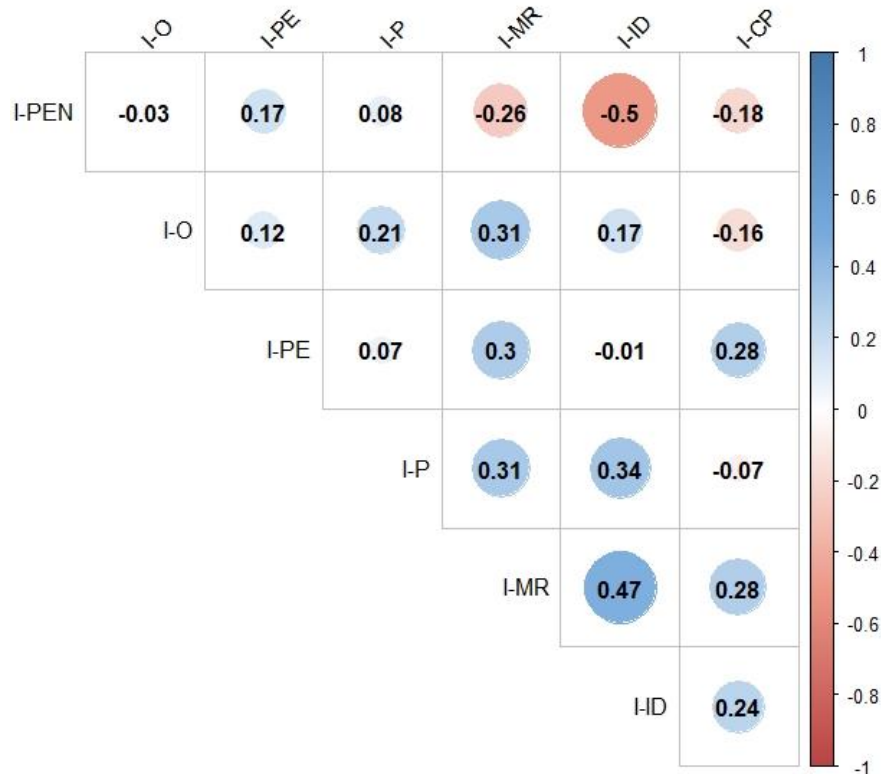
**Figura 2. Matriz de correlación de Pearson de índices operacionales y la percepción de la efectividad de las aplicaciones. IPE = Índice percepción de la efectividad, IAD = Índice uso de adherentes, IVA = Índice velocidad de avance, IUB = Índice uso de boquilla, ICA = Índice calidad de agua.**

### Aspectos socioculturales

La ideología, la percepción y el conocimiento con que cuentan los productores varía entre los ejidos estudiados. Se encontró una correlación positiva entre el índice de percepción de la efectividad de las ARS y los índices: conocimiento de plagas ( $r = 0.28$ ) y manejo y rotación de insecticidas ( $r = 0.3$ ); así como entre el Índice de pertenencia y los índices de manejo y rotación de insecticidas ( $r = 0.31$ ) y aumento en dosis ( $r = 0.34$ ); el índice de manejo y rotación con los índices de organización ( $r = 0.31$ ), de conocimiento de la plaga ( $r = 0.28$ ) y el índice de incremento en dosis ( $r = 0.47$ ). Así mismo, se observó una correlación negativa entre el índice de manejo y rotación y el índice de protección a enemigos naturales ( $r = -0.26$ ), así como entre



el índice de incremento en dosis y el índice de protección a enemigos naturales ( $r = -0.5$ ) (Figura 3).



**Figura 3. Matriz de correlación de Pearson de índices socioculturales. I-O = Índice de organización, I-PE = Índice de percepción de la efectividad, I-P = Índice de pertenencia a la campaña, I-MR = Índice de mantenimiento y rotación, I-ID = Índice de incremento en dosis, I-CP = Índice de conocimiento de la plaga, I-PEN = Índice de protección de enemigos naturales.**

Los productores que consideran una mayor efectividad en las ARS, también tienen un mayor conocimiento de la plaga, así como sobre el manejo y rotación de insecticidas, lo cual puede deberse a una mayor capacitación, inversión en insumos como insecticidas y aplicaciones más eficientes. Al respecto, Van Mele *et al.* (2005) mencionan que, los medios de comunicación, las casas de agroquímicos y el extensionismo rural tienen diferente influencia en la percepción sobre el manejo de plagas, en función de la importancia económica del cultivo, por lo que, los productores empresariales suelen ser más activos en cuanto a inversión en capacitación personal, es decir, buscan mayor conocimiento sobre la plaga y su manejo.



Además, la toma de decisiones por parte de los productores sobre inversión en insumos es compleja, ya que influyen factores como: la edad, la escolaridad, el tamaño de la parcela, la edad de la plantación y la utilidad económica en años anteriores (Onstad y Guse, 2008; Danso-Abbeam *et al.*, 2014).

Los productores que muestran el mayor interés para organizarse en las ARS, exhiben más conocimientos sobre el manejo y la rotación de insecticidas, y sobre la plaga; aunque también incrementan las dosis de insecticidas en las ALNS. La mayoría de estos productores invierten más en el manejo de plagas, ya que señalan que mejoran los volúmenes de producción. Es necesario que exista un vínculo entre los productores empresariales y los técnicos, para que las prácticas de manejo de plagas sirvan de ejemplo para los demás, que faciliten la supervisión sobre la regulación de dosis en las ALNS y permitan un manejo adecuado de la resistencia a insecticidas (Landini y Murtagh, 2011).

Algunos productores consideran, que al incrementar las dosis de insecticidas se obtienen mejores resultados, ya que dichas aplicaciones deben matar todo tipo de insectos, aunque no sean la plaga objetivo. Ruiz *et al.* (2011) también mencionan, que en Chiapas los aumentos en la dosis de insecticidas son comunes para el control de plagas en tomate. El aumentar la información disponible y mejorar los servicios de extensión y capacitación puede contribuir a adoptar métodos de manejo de plagas más ecológicos, con un buen uso y manejo de insecticidas, y con la protección de enemigos naturales (Timprasert *et al.*, 2014).

El índice de percepción sobre la efectividad de ARS y el índice general sociocultural mostraron una correlación positiva ( $r = 0.34$ ); el contexto sociocultural incidiría en la percepción de los productores sobre la efectividad de las aplicaciones, en la toma de decisiones en el manejo de *D. citri*, y al apropiarse de las recomendaciones del CESAVE Veracruz en las ARS. Timsuksai y Rambo (2016) señalan que los modelos culturales que distinguen a cada comunidad guían sus interacciones con el ambiente y los agroecosistemas, y ayudan a guiar sus decisiones de manejo e interacciones con los componentes de sus agroecosistemas. Finalmente, para evitar la dispersión del CLas es vital la aceptación social de las estrategias para controlar el PAC; ya que, sin el compromiso de los productores, técnicos, investigadores y autoridades, todo esfuerzo sería infructuoso (Lagunes y Villanueva, 1994).



## Conclusiones

1. Las prácticas operacionales que no realizan algunos productores, como: el uso de adherente, la velocidad de aplicación, el tipo de boquilla del equipo de aplicación y la calidad de agua utilizada pueden influir en la percepción de la efectividad de las “aplicaciones regionales supervisadas”. 2. Factores socioculturales como: el desconocimiento sobre aspectos generales de la plaga y buen uso de insecticidas también se relacionan en mayor grado con la percepción sobre la efectividad de las aplicaciones regionales supervisadas.

## Literatura Citada

- Ajene, I. J., F. M. Khamis, B. van Asch, G. Pietersen, N. Seid, I. Rwomushana *et al.* 2020. Distribution of *Candidatus Liberibacter* species in Eastern Africa, and the First Report of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Kenya. *Scientific Reports* 10(1):3919.
- Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior Human Decision Processes* 50(2):179-211.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88(1):7-37.
- Danso-Abbeam, G., E. D. Setsoafia and I. G. K. Ansah. 2014. Modelling farmer's investment in agrochemicals: the experience of smallholder cocoa farmers in Ghana. *Research in Applied Economics* 6(4):1-16.
- Farnsworth, D., K. A. Grogan, A. H. C. Van-Bruggen and C. B. Moss. 2014. The potential economic cost and response to greening in Florida citrus. *Choices: The Magazine of Food Farm and Resource Issues. Agricultural and Applied Economics Association* 29(3):1-6.
- García-Méndez, V. H., L. D. Ortega-Arenas, J. A. Villanueva-Jiménez and H. Sánchez-Arroyo. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50(3):355-365.
- Inostroza, F. J. 2009. Manual de papa para La Araucanía: manejo y plantación. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias* No. 193. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7275>



- Landini, F. and S. Murtagh. 2011. Prácticas de extensión rural y vínculos entre saberes locales y conocimientos técnicos. Contribuciones desde un estudio de caso realizado en la provincia de Formosa (Argentina). *Ra Ximhai*. 7(2):263-279.
- Lagunes, T. A. y J. A. Villanueva J. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 264 p.
- Mora-Aguilera, G., P. Robles-García, J. I. López-Arroyo, J. Flores-Sánchez, G. Acevedo-Sánchez, S. Domínguez-Monge *et al.* 2014. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 32(2):108-119.
- Maravelakis, P. E., M. Perakis, S. Psarakis and J. Panaretos. 2003. The use of indices in Surveys. *Quality and Quantity* 37(1):1-19.
- Morales, V. P. 2012. Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? Estadística aplicada a las ciencias sociales. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. <http://data.evalua.cdmx.gob.mx/docs/gral/taller2015/S0202EAC.pdf> [consultado en agosto de 2021].
- NAPPO (North American Plant Protection Organization). 2015. Management of Huanglongbing and its vector, The Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri*. [https://nappo.org/application/files/3015/8341/5785/DD\\_05\\_HLB\\_Vector\\_AWM\\_15-10-2015-e .pdf](https://nappo.org/application/files/3015/8341/5785/DD_05_HLB_Vector_AWM_15-10-2015-e.pdf) [consultado en julio de 2021].
- Onstad, D.W. and C. A. Guse, C.A. 2008. Concepts and complexities of population genetics. P. 69-88. *In*: Onstad, D. W (ed.). *Insect Resistance Management: Biology, Economics and Predictions*. Elsevier, USA.
- Oliveira, G. S., M. Fancelli, S. X. de B. Silva and S. R. L. de Carvalho. 2021. Participatory survey of citrus in the “Recôncavo Baiano region” with emphasis on the threat of huanglongbing. *Revista Brasileira de Fruticultura* 43(4):e-168.
- Pérez-Zarate, L. A., F. Osorio-Acosta, J. A. Villanueva-Jiménez, L. Ortega-Arenas and R. G. Chiquito-Contreras. 2016. Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en áreas regionales de control. *Southwestern Entomologist* 41(4): 1037-1050.
- Pérez-Zarate, L. A., J. A. Villanueva-Jiménez, F. Osorio-Acosta, L. D. Ortega-Arenas, and L. C. Bustillo-García. 2020. Small farmers’ perception of factors influencing regional chemical control of *Diaphorina citri*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 52(1):106-120.
- Ruiz, N. R. E., J. A. Ruiz N., S. Guzmán G. and E. de J. Pérez L. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación ambiental* 27(2):129-137.



- Salazar, C. Y. 2019. El desarrollo cultural, complicidad necesaria. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina* 7(1):88-99.
- Salcedo, D., R. Hinojosa, G. Mora, I. Covarrubias, F. de Paolis, C. Cintora *et al.* 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA. DGSV-SENASICA-SAGARPA. México. 144 p.
- Sarandón, S. J. and C. C. Flores. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. 1ª ed. Universidad Nacional La Plata. La Plata, Argentina.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2019. Manual operativo contra plagas reglamentadas de los cítricos. [http://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Manual\\_Operativo\\_Plagas\\_de\\_los\\_Citricos\\_2019.pdf](http://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Manual_Operativo_Plagas_de_los_Citricos_2019.pdf) [consultado en julio de 2021].
- Timprasert, S., A. A. Datta and S. L. Ranamukhaarachchi. 2014. Factors determining adoption of integrated pest management by vegetable growers in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Crop Protection* 62:32-39.
- Timsuksai, P. and A. T. Rambo. 2016. The influence of culture on agroecosystem structure: A comparison of the spatial patterns of home gardens of different ethnic groups in Thailand and Vietnam. *PLoS ONE* 11(1):e0146118.
- Van Mele, P., A. Salahuddin and N. P. Magor. 2005. *Innovations in rural extension: case studies from Bangladesh*. 1<sup>st</sup> ed. CABI Publishing. Wallingford. 311 p.
- Vega-Gutiérrez, M. T., J. C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, R. Bujanos-Muñiz, D. Mota-Sánchez, J. L. Martínez-Carrillo *et al.* 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42(4):463-471.





# DIVERSIDAD DE PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS EN LOS LOCALES COMERCIALES DEL MERCADO MUNICIPAL, COMALCALCO, TABASCO

Edward Manuel Arévalo de la Cruz<sup>1</sup>, Hortensia Brito Vega<sup>1\*</sup>, Edmundo Gómez Méndez<sup>1</sup>,  
Rosa Ma. Salinas Hernández<sup>1</sup> y Armando Gómez Vazquez<sup>1</sup>

---

## Resumen

Los medicamentos de patentes y remedios derivados de las plantas medicinales y aromáticas ocupan un importante lugar en la sociedad, estas plantas en fresco y en seco son comercializadas para su venta en los locales de los mercados municipales, en los cuales son denominados farmacias verdes. El objetivo de este trabajo fue identificar plantas medicinales y aromáticas que se concentran en el mercado municipal de Comalcalco, Tabasco, con la finalidad de identificar las especias más ofertadas, de mayor consumo y el principal uso de dichas especias. El estudio, fue un análisis cuantitativo que incluyó el diseño de un cuestionario y la aplicación de este a cada farmacia verde. Se identificó la oferta de 24 familias taxa, que en su conjunto abarcaron un total de 112 especies. Las especies más demandas fueron: *Dysphania ambrosioides* (Epazote), *Cymbopogon* (zacate limón), *Cnidocolus aconitifolius* (Chaya), *Origanum vulgare* (Oreganón) de la familia Lamiaceae, *Chamaemelum nobile* (manzanilla), *Opuntia ficusindica* (nopal) y *Tradescantia zebrina* (matali). Las plantas medicinales y aromáticas se utilizan aproximadamente para 18 malestares. El conocimiento del uso de las plantas proviene principalmente de los abuelos, padres y vecinos, y la mayoría de las plantas crecen en los huertos familiares de la comunidad en el estado de Tabasco.

**Palabras clave:** comercialización, farmacia verde, familia taxa, remedios, mercado

---

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Juárez de Tabasco km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Municipio Central, Tabasco. México. 86000. \*Autor por correspondencia: [hortensia.brito@ujat.mx](mailto:hortensia.brito@ujat.mx)



## Introducción

Las plantas medicinales se utilizan en la medicina alternativa porque tienen varios efectos terapéuticos. El uso de tales preparaciones naturales aumenta constantemente, porque es más barato que una droga sintética comercial. Por lo general, estas preparaciones se toman como bebida sin receta. Además, la medicina alternativa tiene algunos efectos secundarios más limitados que el tratamiento convencional (So *et al.*, 2018). Las plantas y algunos otros organismos, como los hongos, ahora se consideran fuentes importantes de medicamentos potenciales para varias enfermedades, como el cáncer, las enfermedades cardíacas, la demencia y la malaria (Awuchi, 2019). La planta contiene enormes compuestos bioquímicos que se denominan fitoquímicos. Se clasifican como sustratos bioactivos en los que ofrecen muchos beneficios para la salud humana (Hasler y Blumberg, 1991; Quideau *et al.*, 2011). Estos fitoquímicos o sustratos abarcan varios compuestos biológicos como terpenos, polifenoles y alcaloides. La mayor parte de las actividades farmacológicas se localizan en los alcaloides; con efectos que pueden ser antiasma y anticáncer (Kittakoop *et al.*, 2014). Además, muchos compuestos tóxicos también podrían convertirse en alcaloides como la tubocurarina y la atropina (Awuchi, 2019; Baker *et al.*, 2007). Actualmente en las comunidades mexicanas de bajo recursos económicos y social, se acostumbra el uso de plantas medicinales para dolencias que se asocia con el desequilibrio corporal manifestado con síntomas de una o varias enfermedades (Álvarez-Quiroz *et al.*, 2017). El cuerpo sano representa un estado de equilibrio, mientras que el cuerpo enfermo se vuelve demasiado frío o caliente perdiendo su estabilidad (Álvarez-Quiroz *et al.*, 2017). La demanda de estos productos en la actualidad va en aumento tanto en los países de la región y del mundo, que tienden hacia el consumo de medicinas alternativas (Rao *et al.*, 2002). El término “farmacia verde” se utiliza para referirse a locales donde se concentra, acumula y/o se distribuye plantas medicinales y aromáticas. La farmacia verde se ha desarrollado desde tiempos antiguos, mediante la venta de plantas o hierbas medicinales y aromáticas en fresco o seco en los locales comerciales de los mercados municipales o tianguis de ruedas (Rodríguez *et al.*, 2016; Mackliff-Jaramillo *et al.*, 2020). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar plantas medicinales y aromáticas que se concentran en el mercado municipal de Comalcalco, Tabasco, con la finalidad de identificar las especias más ofertadas, de mayor consumo y el principal uso de dichas especies.



## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El mercado “27 de noviembre” municipal se encuentra en el centro de Comalcalco ubicado en Escobedo Oriente, Centro, 86300 Comalcalco, Tabasco. El municipio de Comalcalco cuenta con una extensión territorial de 723.19 km<sup>2</sup>. Está ubicado geográficamente entre 18°09' y 18°26' de latitud norte; los meridianos 93°05' y 93°32' de longitud oeste; altitud entre 0 y 100 m. El municipio Comalcalco, Tabasco es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, tiene una temperatura media anual de 26.4°C, siendo la máxima media mensual en mayo con 30.5°C y la mínima media en diciembre y enero con 22°C. Pequeñas porciones de selva media perennifolia, con altura aproximada de 15 a 30 m, esta asociación vegetal que en el pasado fue el principal ecosistema fue eliminada para dar paso a la ganadería y cultivos extensivos como el cacao y pastizales (INEGI, 2021).

### **Recopilación de datos**

Se entrevistaron a 40 farmacias verde. Las entrevistas se basaron en un cuestionario en el que fue registrado los siguientes datos: Información general sobre tipos de plantas medicinales y aromáticas; nombre común o comercial de las especies de plantas, número de plantas por especie por local; partes de las plantas que se usan para elaborar el remedio de la farmacia verde, y para qué enfermedades se recomiendan.

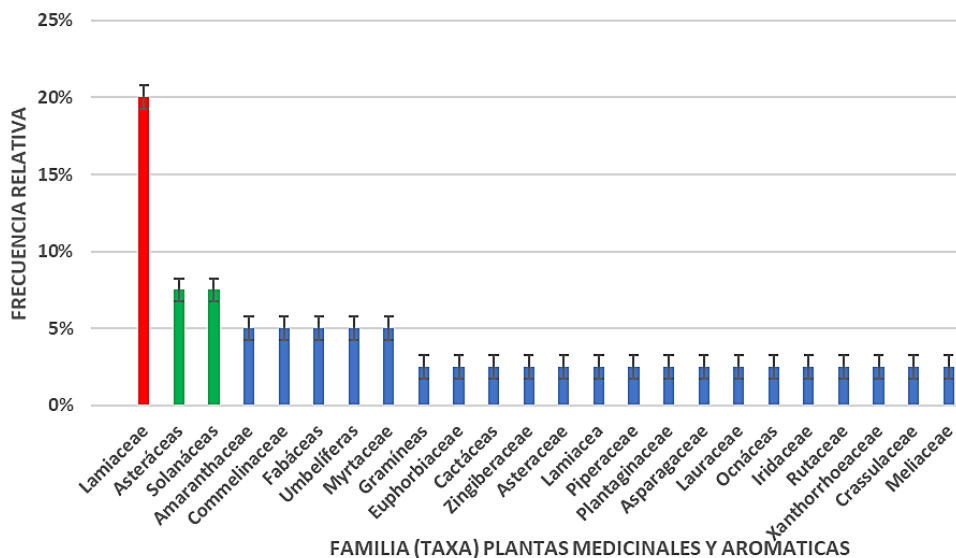
### **Análisis estadístico**

Análisis de los datos fue por frecuencia absoluta: ( $n_i$ ) es el número de veces que se repite un dato ( $x_i$ ) y se puede hallar para cualquier tipo de variable. También se trabajó la frecuencia relativa simple ( $f_i$ ), que es una proporción del número de datos que se repiten entre el total de datos de la muestra, es decir, es el cociente de la frecuencia absoluta entre el total de datos de la muestra, se puede hallar para cualquier tipo de variable y a la vez se calculó para Porcentaje (%), una forma de expresar una proporción o fracción como un cociente de denominador cien, es decir, el producto de la frecuencia relativa simple por cien, se puede hallar para cualquier tipo de variable (Chipia-Lobo *et al.*, 2012).



## Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presentan la clasificación taxonómica de familia por cada planta medicinal y aromática, registradas a través de las 40 entrevistas. Se encontraron 24 familias tax: Lamiaceae (20%), Asteráceas (8%), Solanáceas (8%), Amaranthaceae (5%), Commelinaceae (5%), Fabáceas (5%), Umbelíferas (5%), Myrtaceae (5%), Gramíneas (3%), Euphorbiaceae (3%) y Cactáceas (3%), los cuales variaron entre una y diez especies por familia. En el trabajo realizados por Gómez-Álvarez (2012) indica que, 112 plantas medicinales que se emplean para curar diversos malestares se agrupan en 57 familias botánicas, en las que prevalecen las herbáceas y arbóreas. En su mayoría, se usan las hojas en cocimientos para elaborar los medicamentos. El conocimiento del uso de las plantas proviene principalmente de los abuelos, padres y vecinos, y la mayoría de las plantas crecen en los huertos familiares de la comunidad en el estado de Tabasco.



**Figura 1. La frecuencia relativa de la clasificación taxa por familia de planta medicinal y aromática en las farmacias verdes en el mercado municipal “27 de noviembre” Comalcalco, Tabasco.**

En la Figura 2, se presenta el nombre científico de las plantas medicinales de mayor consumo. Se encontraron 41 especies agrupadas en 24 familias en la clasificación taxa botánicamente, de las cuales variaron entre una y diez especies por familia (Cuadro 1).

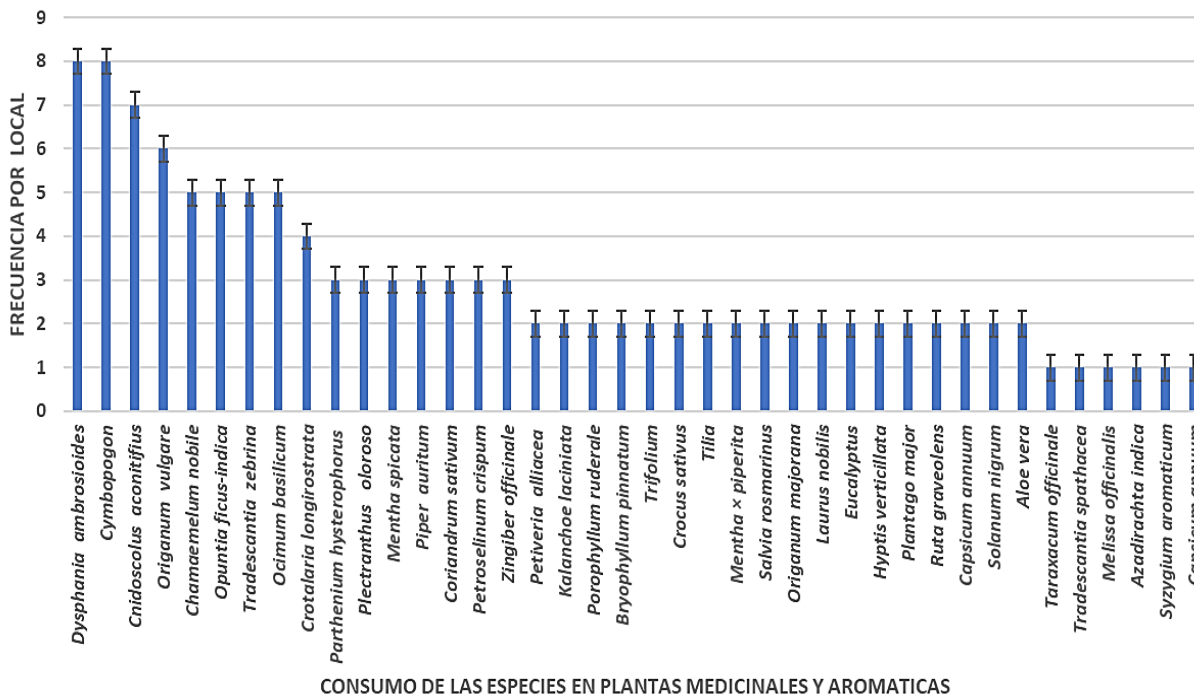


Figura 2. La frecuencia de consumo de las plantas medicinales y aromáticas por farmacia verde en el mercado municipal “27 de noviembre” Comalcalco, Tabasco.

Cuadro 1. La clasificación taxa y remedio de las plantas medicinales y aromáticas de las farmacias verdes, en el mercado municipal 27 de noviembre en Comalcalco, Tabasco.

Familia (taxa)	Nombre científico	Nombre común	Parte vegetal utilizada en remedio	Remedio
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Epazote	Hoja	Cólicos, estomacales e intestinales, elimina los parásitos, calma el nerviosismo, descongestiona las vías respiratorias y aumenta la producción de leche materna
Amaranthaceae	<i>Petiveria alliacea</i>	Zorrillo	Hoja/ramas	Analgésico-antipirético, antiinflamatorio, anestésico, antiespasmódico, antidiarréico, hipoglucemiante, inmunoestimulante, antitumoral y antimicrobiano
Asparagaceae	<i>Kalanchoe laciniata</i>	Mala Madre	Hoja	Tranquilizante, antiinflamatorio, anemia y prevención de cálculos renales
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Amargozo	Hoja	Antiparasitaria
Asteráceas	<i>Chamaemelum nobile</i>	Manzanilla	Hoja/flores	Trastornos digestivos, dispepsia, cólicos, diarreas, afecciones renales y de la vejiga



**Continúa Cuadro 1...**

Familia (taxa)	Nombre científico	Nombre común	Parte vegetal utilizada en remedio	Remedio
Asteráceas	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de Leon	Hoja	Diurética y estimuladora del apetito
Cactáceas	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal	Hoja	Diabetes, el colesterol alto, la obesidad y la resaca, antivirales y antiinflamatorias
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i>	Matali	Hoja/ramas	Desintoxicar, eliminar la acumulación de sales en el cuerpo, diurético, disentería, mal de orín, dolor de estómago, antiséptica e anti- inflamatoria
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i>	Maguey morado	Hoja	Disminuir el dolor de estómago, antiséptica y des inflamatoria
Crassulaceae	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	Hoja De Viento	Hoja	
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus aconitifius</i>	Chaya	Hoja	Hipercolesterolemia, diabetes mellitus tipo II, cálculos renales y anemia
Fabáceas	<i>Crotalaria longirostrata</i>	Chipilín	Hoja	Niveles altos hierro, calcio y magnesio, vitaminas del grupo B, incluyendo tiamina, niacina, riboflavina, vitamina C y betacaroteno
Fabáceas	<i>Trifolium</i>	Trébol	Hoja	La tos, los problemas de piel, menopausia, Sudorífico. estimula la transpiración aliviando la fiebre; resfriados, dolores estomacales, dolor de cabeza, calma los nervios, desintoxicantes, antioxidantes, relajantes y diuréticas
Gramíneas	<i>Cymbopogon</i>	Zacate de Limón	Hoja	Es sudorífico, fiebre, resfriados, tos, dolores estomacales, dolor de cabeza, calma los nervios, desintoxicantes, antioxidantes, relajantes y diuréticas
Iridaceae	<i>Crocus sativus</i>	Azafrán	Hoja	Antioxidante, mejora el ánimo y tratar los síntomas depresivos, cáncer, síntomas del síndrome premenstrual, reduce el apetito y ayudar a perder peso
Lamiacea	<i>Plectranthus oloroso</i>	Vaporub	Hoja	Antiinflamatorio, antidiabética, descongestionar, anti-ansiedad, gastrointestinal, dolor menstrual, dolor de oído, dolores musculares, dolor de muelas, bronquitis, alergias y fatiga
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i>	Oreganón	Hoja	Gastrointestinales, dolores menstruales, dolor de oído, bronquitis, dolores musculares, dolor de muelas, alergias, fatiga, dolor de cabeza y trastornos de las vías urinarias
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Albahaca	Hoja	El insomnio, la fatiga, la ansiedad, y antibacteriano



**Continúa Cuadro 1...**

Familia (taxa)	Nombre científico	Nombre común	Parte vegetal utilizada en remedio	Remedio
Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i>	Hierbabuena	Hoja	Trastornos del sistema digestivo incluyendo gases, distensión abdominal, náuseas, indigestión y cólicos
Lamiaceae	<i>Tilia</i>	Tiscoque	Hoja	Diurético, hipotensor suave, vasodilatador, colerético, colagogo, enjuagues de boca, gargarismos, indigestiones y cuidado de la piel
Lamiaceae	<i>Mentha x piperita</i>	Menta	Hoja	Respiratorias, digestivo, respiratorias y estimular el apetito
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i>	Romero	Hoja	Es estimulante sexual, estomacal, antiespasmódico, carminativo, diurético colagogo, emenagogo, tos convulsiva y para lavados intestinales
Lamiaceae	<i>Origanum majorana</i>	Mejorana	Hoja	Antiespasmódicas, diarreas, cólicos y estomacales
Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i>	Toronjil	Hoja	Antiespasmódicas, aliviar el sueño, dolor de estómago, facilita la digestión, calma las náuseas en embarazadas y actúa favorablemente en caso de estrés
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>	Laurel	Hoja	Es un tónico estomacal (estimulante del apetito, digestivo, colagogo y carminativo). Inflamación, osteoarticulares y pediculosis
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Hoja de Nim	Hoja	Antisépticas, antivirales, antipiréticas, antimicrobianas y antiinflamatorias
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	Eucalipto	Hoja	Descongestionantes, expectorantes, desinflamación de las vías respiratorias, resfrío, gripe, bronquitis, entre otras afecciones respiratorias
Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clavo	Hoja	Gripe, resfriado, dolor de cabeza, escalofríos y fiebre
Ocnáceas	<i>Hyptis verticillata</i>	Hierba Martin	Hoja	Diarreas, trastornos del tubo digestivo y las vías urinarias
Piperaceae	<i>Piper auritum</i>	Momo	Hoja	La fiebre e inflamación de los riñones, dolor de estómago, evita la indigestión, estreñimiento, diarreas, y problemas respiratorios
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Anteno Llantén	Hoja	Antiparasitaria
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i>	Ruda	Hoja	Dolor en golpes o heridas
Solanáceas	<i>Capsicum annum</i>	Chile	Hoja	Decocción o infusión, para las afecciones relacionadas al ciclo menstrual
Solanáceas	<i>Solanum nigrum</i>	Hierba Mora	Hoja	Antiinflamatorio



### Continúa Cuadro 1...

Familia (taxa)	Nombre científico	Nombre común	Parte vegetal utilizada en remedio	Remedio
Umbelíferas	<i>Coriandrum sativum</i>	Cilantro	Hoja	Facilitando la digestión y aliviando el estreñimiento, también es eficaz contra cólicos y flatulencias
Umbelíferas	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil	Hoja	Limpiar los riñones
Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe vera</i>	Sábila	Hoja	Anemia, artritis, dolor de cabeza, dolor muscular, heridas, gripe, insomnio, pie de atleta, en procesos inflamatorios, estreñimiento y los problemas digestivos.
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i>	Jengibre	Hoja	La digestión, reducir las náuseas, la gripe, y el resfriado común

La especie de mayor frecuencia en la comercialización por local fue *Dysphania ambrosioides* (Epazote) de la familia Amaranthaceae (8), *Cymbopogon* (zacate limón) de la familia Gramíneas (8), *Cnidioscolus aconitifolius* (Chaya) de la familia Euphorbiaceae, *Origanum vulgare* (Oreganón) de la familia Lamiaceae (6), *Chamaemelum nobile* (manzanilla) de la familia Asteráceas (5), *Opuntia ficusindica* (nopal) de la familia Cactáceas (5), *Tradescantia zebrina* (matali) de la familia Commelinaceae (5) y así sucesivamente de mayor a menor comercialización. Álvarez-Quiroz *et al.*- (2017) identifico 140 plantas medicinales, de las cuales 24 se utilizan en remedios calientes. 96 plantas para remedios frías y 20 presentan una dualidad de uso, teniendo características calientes y frías.

De acuerdo con las entrevistas, a estas especies se les atribuyen propiedades curativas para un gran número de malestares, como infecciones de la piel, del estómago, riñones; inflamación del vientre, oídos y encías, dolores musculares, cólicos, dolores de muelas, quemaduras, tos, nerviosismo, fiebres, cicatrización de heridas, reuma, nerviosismo, bronquitis, alergias, fatiga, dolor de cabeza y trastornos de las vías urinarias, entre otros.

### Conclusiones

Se concluye que, en el mercado municipal 27 de noviembre en Comalcalco, se oferta una diversidad de plantas medicinales y aromáticas que, incluye 24 familias taxa y 41 especies de





plantas medicinales. Las más comercializadas son: *Dysphania ambrosioides*, *Cymbopogon*, *Cnidocolus aconitifolius*, *Origanum vulgare*, *Chamaemelum nobile*, *Opuntia ficusindica* y *Tradescantia zebrina*. Las especies ofertadas se utilizan para tratar una amplia gama de dolencias tales como: infecciones de la piel, del estómago y riñones, inflamación del vientre, oídos y encías, dolores musculares, cólicos, dolores de muelas, tos, nerviosismo, fiebres, bronquitis, alergias, fatiga, dolor de cabeza y trastornos de las vías urinarias.

### **Agradecimiento**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de Ciencias Agropecuarias (UJAT-DACA) por el financiamiento de proyecto PRODEP “Centro de innovación, reproducción y preservación de plantas medicinales y aromáticas tropicales como farmacia verde sustentable” clave: UJAT-CA-273. CCYTED por la beca como asistente-investigación en Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos 2021. A los comerciantes de plantas medicinales en el Mercado 27 de noviembre, Comalcalco, Tabasco.

### **Literatura Citada**

- Álvarez-Quiroz, V., L. Caso-Barrera, M. Aliphath-Fernández y A. Galmiche-Tejeda. 2017. Plantas medicinales con propiedades frías y calientes en la cultura Zoque de Ayapa, Tabasco, México. Bol. Latinoam. Caribe Plantas Med. Aromát. 16(4):428-454.
- Awuchi, C. G. 2019. Medicinal Plants: The Medical, Food, and Nutritional Biochemistry and Uses. Int. J. Adv. Acad. Res. 5:220-241.
- Baker, D. D., M. Chu, U. Oza and V. Rajgarhia. 2007. The value of natural products to future pharmaceutical Discovery. Nat. Prod. Rep. 24 (6):1225-1244.
- Chipia-Lobo, J. F., R. A. Cadenas, A. Lara y Z. Carmen. 2012. Propuesta para la enseñanza de organización de datos para variables cualitativas. Educere. 16(54):185-196.
- Gómez-Álvarez, R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. Rev. Fitotec. Mex. 35(1):43 – 49.



- Hasler, C. M. and J. B. Blumberg. 1991. Symposium on Phytochemicals: Biochemistry and Physiology J. Nutri. 129:756S-757S.
- INEGI. 2021. Tabasco-Comacalco. <https://www.inegi.org.mx/inegi/contacto.html> [consultado el 23 de septiembre de 2021].
- Kittakoop, P., C. Mahidol and S. Ruchirawat. 2014. Alkaloids as important scaffolds in therapeutic drugs for the treatments of cancer, tuberculosis, and smoking cessation Curr. Top. Med. Chem., 14 (2):239-252.
- Mackliff-Jaramillo, C., N. Gutiérrez-Peralta R., Espinoza-Correa y M. Segura-Osorio. 2020. Farmacia verde: alternativa de vida con mirada al mundo de tecnologías limpias para nuestro ecosistema. CIENCIA UNEMI. 13(34):72-83.
- Quideau, S. P., D. C. Deffieux L. Douat-Casassus and L. Pouységú. 2011. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. Angew. Chem. Int. Ed. 50(3):586-621.
- Rao, S. R. and G. A. Ravishankar. 2002. Plant cell cultures: Chemical factories of secondary metabolites. Biotechnol. Adv. 20(2):101-153.
- Rodríguez, Y. V., A. Obaya, S. Vargas, A. Hernández, R. Miranda y G. Varga. 2016. El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio. Educ. Quim. 27(1):30-36.
- So, O. S. O. and K. A. Oyewole. 2018. Medicinal plants and sustainable human health: a review. Horticult. Int. J. 2(4):8-10.



## REACCIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL A LA INOCULACIÓN CON LOS PATÓGENOS DE ANTRACNOSIS Y ROYA

Eduardo Raymundo Garrido Ramírez<sup>1</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>2</sup>, Francisco Javier Ibarra Pérez<sup>2</sup>, Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>2</sup> y José Raúl Rodríguez Rodríguez<sup>3</sup>

### Resumen

En Veracruz y Chiapas, México, la productividad de frijol es baja (promedio de 818 y 569 kg/ha, respectivamente), debido a que el cultivo, es afectado por diversos factores entre los que destacan: la incidencia de enfermedades como la roya y la antracnosis y el uso en la mayoría de las siembras de materiales criollos, de origen desconocido y especies mejoradas de bajo rendimiento y susceptibles a estas enfermedades. De julio a diciembre de 2018 se colectaron 49 muestras de material vegetal de frijol infectado con antracnosis y 46 con roya en siembras comerciales de Veracruz y Chiapas, con las cuáles se desarrollaron cultivos monospóricos de *Colletotrichum lindemuthianum* y se realizaron aislamientos monopustulares de *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*, con el objetivo de determinar la reacción de 53 líneas y tres variedades de frijol negro a la inoculación con ambos patógenos, para identificar genotipos resistentes o tolerantes a dichas enfermedades. En mayo de 2019, en condiciones de invernadero se inocularon 10 plántulas de cada genotipo con una suspensión de conidios, elaborada a partir de los cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum* y otras 10 con una suspensión de urediosporas de *U. appendiculatus*. A los 14 días de la inoculación se evaluó la reacción de los genotipos a la antracnosis con una escala de severidad de 0 a 4 y a la roya con una escala de 1 a 6. Los datos se analizaron en diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento, considerando cada plántula como una repetición y para la separación de promedios se aplicó la DMS al 0.05. Se identificaron 45 genotipos resistentes a la antracnosis, de los cuales 18 sobresalieron por presentar los menores daños por esta enfermedad con un valor de 1.0, estadísticamente similar al de la variedad Negro Jamapa e

<sup>1</sup> Campo Experimental Centro de Chiapas – INIFAP.

<sup>2</sup> Campo Experimental Cotaxtla – INIFAP. \*Autor por correspondencia: [tosquy.oscar@inifap.gob.mx](mailto:tosquy.oscar@inifap.gob.mx)

<sup>3</sup> Campo Experimental Ixtacuaco – INIFAP.



inferior al del resto de los genotipos. En el caso de roya, 41 genotipos mostraron una reacción de hipersensitividad a la enfermedad, de los cuales 25 tuvieron un valor de reacción de 2.0, estadísticamente inferior al de las variedades Verdín, Negro Jamapa y Negro Medellín.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces appendiculatus*, resistencia genética

## Introducción

En los estados de Veracruz y Chiapas, el frijol de grano negro es de alta demanda comercial, por lo que la mayoría de los agricultores siembran variedades de este tipo de frijol (Rodríguez *et al.*, 2010). En ambas entidades, el rendimiento promedio es bajo (818 y 569 kg/ha, en Veracruz y Chiapas) (SIAP, 2020), debido a que el cultivo de frijol es afectado por la incidencia de enfermedades como la roya [*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (Pers.) Unger] y la antracnosis [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Lams. Scrib.] (López *et al.*, 2012a; Ugalde *et al.*, 2014), las cuales pueden ocasionar pérdidas de 20 a 100% del rendimiento de grano (Becerra *et al.*, 1996; López *et al.*, 2006). Esta situación se hace más crítica, debido a que la mayoría de los materiales criollos y algunas variedades mejoradas como Negro Jamapa que se cultivan en Veracruz y Chiapas son susceptibles a estas enfermedades (Becerra *et al.*, 1996; Rosales *et al.*, 2004; Ugalde *et al.*, 2014).

Para contribuir a solucionar esta problemática, se han realizados estudios sobre el control químico de la roya y la antracnosis (Becerra *et al.*, 1994; 1996; Tosquy *et al.*, 2013); sin embargo, se ha determinado que la aplicación de fungicidas incrementa considerablemente los costos de producción de frijol, por lo que la alternativa más viable y económica es la siembra de variedades resistentes a estas enfermedades y con buena adaptación a los ambientes en que se siembra frijol en Veracruz y Chiapas. En el sureste de México, la evaluación de la reacción de genotipos de frijol negro a las enfermedades, generalmente se realiza mediante ensayos de campo, en condiciones de incidencia natural de patógenos. Este proceso es lento, debido a que no hay certeza de que se presenten las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de enfermedades, o bien, pueden presentarse de manera tardía y con baja



severidad de infección. Además de que no es posible garantizar que las variedades que se generen, sean resistentes a las diferentes razas de antracnosis y roya que prevalecen en las siembras comerciales de los estados de Veracruz y Chiapas (Esqueda *et al.*, 2019).

Para evaluar con mayor precisión la reacción de genotipos de frijol a la antracnosis y la roya, y así tener mayor control en la identificación de líneas mejoradas, así mismo, para generar variedades resistentes a un mayor número de razas de estos patógenos, se requiere que éstos sean inoculados con cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum* y esporas o aislamientos monopustulares de las principales razas de *U. appendiculatus* var. *appendiculatus* que se presentan en las siembras comerciales de frijol de ambas entidades. De julio a diciembre de 2018, en el Programa de Frijol del INIFAP, para el sureste de México, se realizaron muestreos en las diferentes zonas productoras de frijol de los estados de Veracruz y Chiapas, en los que se colectaron en total 49 muestras de hojas y vainas infectadas con antracnosis y 46 muestras de hojas de frijol infectadas con roya (Esqueda *et al.*, 2019). Las muestras se enviaron al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP, para desarrollar cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum* y realizar aislamientos monopustulares de *U. appendiculatus* var. *appendiculatus*, y así disponer de inóculo de diferentes razas de ambos patógenos. El objetivo de este trabajo fue determinar la reacción de 53 líneas recombinantes y tres variedades de frijol negro tropical a la inoculación artificial con estos dos patógenos, para identificar genotipos resistentes a la antracnosis y la roya.

## **Materiales y Métodos**

### **Desarrollo de cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum***

El estudio se realizó en el Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), ubicado en Ocozocoautla, Chiapas a 16° 46´ de latitud norte y 93° 24´ de longitud oeste, a una altitud de 796 m. Para aislar el hongo *C. lindemuthianum*, las vainas infectadas de las 49 muestras recibidas en el CECECH, se desinfectaron superficialmente con hipoclorito de sodio al 1.5%; el exceso de hipoclorito se lavó con agua destilada esterilizada y se colocaron en una cámara húmeda por 48 h, para inducir la



esporulación del hongo. Posteriormente, las esporas se transfirieron a tres medios de cultivo: agua-agar (AA), papa-dextrosa-agar (PDA) y Mathur (dextrosa, sulfato de magnesio heptahidratado, fosfato monopotásico, neopeptona, extracto de levadura y agar), los cuales permiten el crecimiento de la mayoría de los hongos (Pastor-Corrales *et al.*, 1995; Balardin *et al.*, 1997; Castellanos *et al.*, 2011). A su vez, en las hojas infectadas con antracnosis, los aislamientos se realizaron de las lesiones presentes en las nervaduras, las cuales se desinfectaron superficialmente con hipoclorito de sodio al 1.5%; el exceso de hipoclorito se lavó con agua destilada esterilizada y los aislamientos se colocaron en cajas Petri con los medios de cultivo antes mencionados, hasta observar el crecimiento de las colonias. Se verificó el aislamiento de *C. lindemuthianum* mediante la observación en el microscopio del tipo de esporas y de colonia desarrolladas.

Una vez identificado el aislamiento, se realizaron los cultivos monospóricos mediante la técnica de diluciones para obtener cepas puras (Garrido y Romero, 1989). Para esto se preparó una suspensión inicial de esporas en 10 mL de agua destilada, de la cual se tomó 1 mL y se diluyó en 9 mL de agua destilada (dilución  $10^{-1}$ ), a partir de la cual se prepararon diluciones decimales seriadas, tomando 1 mL de la dilución  $10^{-1}$  y transfiriéndola en 9 mL de agua destilada esterilizada, y así sucesivamente para obtener diluciones  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , hasta  $10^{-9}$ .

De cada dilución se tomó 1 mL y se vertió en una caja Petri con PDA. Con ayuda de un microscopio se localizaron esporas aisladas, y cuando comenzaron a germinar, se transfirieron a cajas con PDA, las cuales se incubaron a 18°C de 48 a 72 h y posteriormente se realizaron transferencias a tubos con PDA. Una vez que se observó un crecimiento adecuado del hongo, se agregó aceite mineral esterilizado, para su conservación a baja temperatura. En total se desarrollaron 40 cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum*, los cuales se mantuvieron en el laboratorio del CECECH, en tubos con medio PDA en plano inclinado, cubiertos con aceite mineral esterilizado, en refrigeración a 4°C.

#### **Aislamientos monopustulares de *U. appendiculatus* var. *appendiculatus***

Para conservar e incrementar las esporas de *U. appendiculatus* se seleccionaron pústulas de las 46 muestras de hojas recibidas, las cuales se etiquetaron, se secaron en una prensa botánica y se mantuvieron en conservación en sobres de papel coin. En total se lograron obtener 20 muestras, cada una con suficientes pústulas con esporas de *U. appendiculatus*.



## **Evaluación de la reacción de genotipos a la inoculación con *C. lindemuthianum* y *U. appendiculatus***

El 28 de mayo de 2019 se sembraron individualmente 20 semillas de cada una de las 53 líneas mejoradas y tres variedades de frijol negro (utilizadas como testigos) en vasos de unicel con peat-moss:agrolita (1:1); una vez emergidas las plántulas, se mantuvieron en un invernadero. El 7 de junio se inocularon 10 plántulas de cada genotipo con *U. appendiculatus* y las otras 10 con *C. lindemuthianum*.

Para *C. lindemuthianum*, la inoculación se realizó en la etapa V2 (hojas primarias completamente abiertas), utilizando un atomizador manual, con el cual se asperjó una suspensión de esporas o conidios (desarrollados a partir de los cultivos monospóricos de *C. lindemuthianum*) a una concentración de  $1.2 \times 10^6$  conidios/mL (Castellanos *et al.*, 2011). Las plantas inoculadas se mantuvieron en una cámara húmeda durante 48 h y posteriormente se colocaron en mesas de invernadero. La reacción de los genotipos a la antracnosis se evaluó a los 14 días después de la inoculación, mediante la escala de 0 a 4 propuesta por Garrido y Romero (1989), donde 0 = Sin síntomas visibles de la enfermedad, 1 = Lesiones necróticas pequeñas en las nervaduras en el envés de las hojas, 2 = Lesiones necróticas medianas en las nervaduras en el envés de las hojas, 3 = Lesiones grandes con esporulación y 4 = Lesiones grandes con esporulación, dispersas y muerte de plantas. Las plantas de los genotipos con valores de 0, 1 y 2 se consideran resistentes, mientras que aquellas con 3 y 4, se clasifican como susceptibles.

Para *U. appendiculatus*, la inoculación se realizó con una mezcla de urediosporas, conformada con pústulas individuales seleccionadas de las muestras colectadas, a partir de la cual se preparó una suspensión a una concentración de  $2 \times 10^4$  urediosporas/mL, a la que se le agregaron 40  $\mu$ L/L de Tween 20 (detergente), para una distribución uniforme de urediosporas. La suspensión se asperjó en la etapa V2 del frijol sobre las hojas primarias, mediante la técnica de Stavely (1983), para lo cual se colocó un tubo de plástico de 5 cm de largo y 12 mm de diámetro en la salida del aspersor manual, para dirigir la suspensión a un punto de la hoja. Las plantas inoculadas se incubaron en una cámara húmeda con temperatura de entre 20 y 22°C por 16 h y posteriormente se transfirieron al invernadero. La reacción de los genotipos a la roya se evaluó a los 14 días después de la inoculación, con la escala de 1 a 6 descrita por Stavely *et al.* (1983), que se basa en el tipo de pústula, donde 1 = Sin síntomas visibles de la



enfermedad (inmune), 2 = Manchas cloróticas (por la pérdida de clorofila) que después se necrosan, sin esporulación (reacción de hipersensitividad), 3 = Pústulas con esporulaciones menores de 300  $\mu\text{m}$  de diámetro (resistente), 4 = Pústulas con esporulaciones de 300 a 500  $\mu\text{m}$  de diámetro, a veces rodeadas por halos cloróticos (moderadamente resistente), 5 = Pústulas con esporulaciones de 500 a 800  $\mu\text{m}$  de diámetro, frecuentemente rodeadas por halos cloróticos (moderadamente susceptible), y 6 = Pústulas con esporulaciones mayores de 800  $\mu\text{m}$ , rodeadas por halos cloróticos (susceptible).

Los valores de reacción de los genotipos a las enfermedades de antracnosis y roya, se sometieron a análisis de varianza en diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento; para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error (DMS,  $\alpha = 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

Tanto en la reacción a *C. lindemuthianum* como a *U. appendiculatus* se detectaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 1), lo que indica que los genotipos de frijol mostraron diferente reacción a la inoculación con cada uno de los patógenos.

**Cuadro 1. Cuadros medios y significancia detectada en las variables reacción de genotipos de frijol a la antracnosis y la roya.**

FV	GL	Reacción a antracnosis	Reacción a roya
Tratamientos	55	4.450617 **	2.767139 **
Error	504	0.134325	0.130556
Total	559		
CV (%)		22.14	15.35

\*\* Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ).

Con respecto a la antracnosis, 45 genotipos mostraron resistencia (Garrido y Romero, 1989), de los cuales 18 líneas recombinantes (nueve provenientes de la cruce Papaloapan/SEN 46, cinco de la cruce de Negro Citlali/XRAV-187-3, tres de la cruce Jamapa Plus/XRAV-187-3 y la línea élite ELS-15-55), sobresalieron por presentar síntomas mínimos o lesiones necróticas muy pequeñas en las nervaduras de las hojas, con un valor de reacción de 1.0, el cual fue





estadísticamente similar al de las líneas Papaloapan/SEN 46-4-8, Papaloapan/SEN 46-4-9 y Papaloapan/SEN 46-7-8 y al de la variedad Negro Jamapa (que tuvieron un valor promedio de 1.3) e inferior al del resto de los genotipos (Cuadro 2), es decir, mostraron menores síntomas o daños por esta enfermedad.

**Cuadro 2. Valores de reacción de genotipos de frijol negro a la inoculación con *Colletotrichum lindemuthianum* y *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*, causantes de la antracnosis y la roya, respectivamente.**

Genotipo	Antracnosis (escala 0 a 4) <sup>†</sup>	Clasificación	Roya (escala 1 a 6) <sup>‡</sup>	Clasificación
Papaloapan/SEN 46-1-7	1.0 g	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-1-8	2.6 b	S	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-1-10	1.7 cd	R	2.5 ef	R
Papaloapan/SEN 46-2-1	2.8 b	S	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-2-2	2.6 b	S	2.7 de	R
Papaloapan/SEN 46-2-3	1.4 def	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-2-4	2.0 c	R	3.0 cd	R
Papaloapan/SEN 46-2-5	1.0 g	R	2.4 efg	RH
Papaloapan/SEN 46-2-6	1.0 g	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-2-7	1.7 cd	R	2.4 efg	RH
Papaloapan/SEN 46-2-11	1.6 de	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-3-2	1.0 g	R	2.5 ef	R
Papaloapan/SEN 46-3-5	1.0 g	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-3-7	1.4 def	R	2.7 de	R
Papaloapan/SEN 46-4-5	1.5 def	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-4-8	1.3 efg	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-4-9	1.3 efg	R	2.1 gh	RH
Papaloapan/SEN 46-4-10	2.6 b	S	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-6-1	1.4 def	R	2.4 efg	RH
Papaloapan/SEN 46-6-2	2.0 c	R	2.5 ef	R
Papaloapan/SEN 46-6-3	2.7 b	S	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-6-4	2.0 c	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-6-5	1.0 g	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-6-6	1.7 cd	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-7-1	2.8 b	S	2.4 efg	RH
Papaloapan/SEN 46-7-6	1.4 def	R	2.0 h	RH



**Continúa Cuadro 1...**

Genotipo	Antracnosis (escala 0 a 4) <sup>†</sup>	Clasificación	Roya (escala 1 a 6) <sup>‡</sup>	Clasificación
Papaloapan/SEN 46-7-7	1.0 g	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-7-8	1.3 efg	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-7-9	1.4 def	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-7-10	1.0 g	R	2.3 fgh	RH
Papaloapan/SEN 46-7-11	1.7 cd	R	2.4 efg	RH
Papaloapan/SEN 46 -7-12	1.0 g	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-7-13	1.4 def	R	3.0 cd	R
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-2	1.0 g	R	2.5 ef	R
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5	1.0 g	R	2.0 h	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6	1.0 g	R	2.0 h	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8	2.0 c	R	2.0 h	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-9	1.7 cd	R	2.0 h	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-2-2	1.0 g	R	2.3 fgh	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-2-4	1.7 cd	R	2.5 ef	R
Negro Citlali/XRAV-187-3-2-5	2.7 b	S	2.0 h	HR
Negro Citlali/XRAV-187-3-7-2	1.0 g	R	3.1 c	R
Negro Citlali/XRAV-187-3-14-6	2.0 c	R	2.0 h	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7	1.6 de	R	2.3 fgh	RH
Negro Citlali/XRAV-187-3-16-7	2.7 b	S	2.0 h	RH
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	1.0 g	R	2.0 h	RH
J. Plus/XRAV-187-3-1-8 (Rubi)	2.0 c	R	2.0 h	RH
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1	1.0 g	R	2.0 h	RH
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	1.0 g	R	2.0 h	RH
Papaloapan/SEN 46-5-5	2.6 b	S	2.0 h	RH
NGO 17-99	3.2 a	S	2.7 de	R
SCN-2	2.0 c	R	3.8 b	MR
ELS-15-55	1.0 g	R	2.0 h	RH
Negro Medellín (TR)	3.4 a	S	2.5 ef	R
Negro Jamapa (TR)	1.2 fg	R	4.2 a	MS
Verdín (TR)	1.6 de	R	4.5 a	MS
Comparador DMS (0.05)	0.3213		0.3167	

TR = Testigo regional. <sup>†</sup> Valores registrados de acuerdo a la escala de severidad de antracnosis propuesta por Garrido y Romero (1989). <sup>‡</sup>Valores registrados de acuerdo a la escala de severidad de roya descrita por Stavely *et al.* (1983). Genotipos con letras similares en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la DMS,  $\alpha = 0.05$ . R = Resistente. S = Susceptible. RH = Reacción de hipersensitividad. MR = Moderadamente resistente. MS = Moderadamente susceptible.



Por su parte, la variedad Negro Medellín y la línea NGO-17-99 mostraron susceptibilidad a la antracnosis, con valores de reacción mayores a 3.0, los cuales fueron estadísticamente similares a los de otras nueve líneas recombinantes (Cuadro 2). En la zona central montañosa del centro del estado de Veracruz, estos genotipos tuvieron una reacción intermedia a la antracnosis (López *et al.*, 2012b; Tosquy *et al.*, 2012), mientras que la variedad Verdín, liberada por el INIFAP en 2015, para los estados de Veracruz y Chiapas, ha mostrado resistencia a esta enfermedad (Tosquy *et al.*, 2016).

En el caso de roya, 41 genotipos presentaron solamente pequeñas manchas necróticas sin esporulación (calificaciones <2.4), es decir, mostraron una reacción de hipersensitividad (Stavely *et al.*, 1983); de éstos, 25 líneas (13 derivadas de la cruce de Papaloapan/SEN 46, siete de la cruce Negro Citlali/XRAV-187-3, tres de la cruce Jamapa Plus/XRAV-187-3 y la línea ELS-15-55) sobresalieron por presentar los menores daños, con un valor de reacción de 2.0, estadísticamente similar al de otras 11 líneas e inferior al del resto de los genotipos, incluidas las variedades Negro Medellín, Negro Jamapa y Verdín (Cuadro 2). Las dos últimas variedades fueron moderadamente susceptibles a la roya, ya que obtuvieron valores de reacción mayores a 4.0. La susceptibilidad a la roya de las tres variedades testigo, ya ha sido documentada en otros estudios de evaluación (Becerra *et al.*, 1996; Tosquy *et al.*, 2012; 2016). Con base en estos resultados, se seleccionaron 11 líneas recombinantes por su resistencia a la antracnosis y la roya (cinco provenientes de la cruce de Papaloapan/SEN-46, tres de la cruce de Negro Citlali/XRAV-187-3 y tres de la cruce de Jamapa Plus/XRAV-187-3), así como por su alto rendimiento de grano y menor interacción con el ambiente, determinados en estudios previos de evaluación de genotipos (Tosquy *et al.*, 2019). Este grupo de líneas actualmente se están evaluando en un ensayo uniforme de rendimiento, en condiciones de campo en Veracruz y Chiapas, en ambientes que favorecen la incidencia de estas enfermedades, para identificar las más sobresalientes por su alto rendimiento, amplia adaptación y resistencia a enfermedades, que en el corto plazo puedan liberarse como variedades mejoradas para su uso comercial.



## Conclusiones

1. Se identificaron 45 genotipos de frijol negro resistentes a la antracnosis y 41 con reacción de hipersensitividad a la roya, de los cuales 18 líneas recombinantes sobresalieron en el primer grupo y 25 en el segundo, por presentar los menores daños por estas enfermedades.
2. Con base en los resultados de este ensayo y de otros realizados con anterioridad, se seleccionaron 11 líneas avanzadas que se evaluarán y seleccionarán en condiciones de campo, para identificar al menos alguna de ellas y en el corto plazo liberarla para su uso comercial como nueva variedad de alto rendimiento, buena adaptación al ambiente y resistente a la antracnosis y la roya.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo económico otorgado por el INIFAP, para el desarrollo de esta investigación, a través del proyecto intitulado “Desarrollo de genotipos de frijol negro de alto rendimiento, amplia adaptación y con resistencia a roya y antracnosis, para el trópico húmedo de Veracruz y Chiapas”, registrado en el SIGI con el número 11183934486.

## Literatura Citada

- Balardin, R. S., A. M. Jarosz and J. D. Kelly. 1997. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central and North America. *Phytopathology* 87(12):1184-1191.
- 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, L. E. N., E. López S., S. Jácome M. y J. R. Rodríguez R. 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.



- Castellanos, G., C. Jara y G. Mosquera. 2011. Guía práctica 3. *Colletotrichum lindemuthianum*. Enfermedad: antracnosis. Manejo del hongo en el laboratorio. p. 1-39. *In: Guías Prácticas de Laboratorio para el Manejo de Patógenos del Frijol*. Publicación No. 375. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- Esqueda, E. V. A., O. H. Tosquy V., E. R. Garrido R., J. R. Rodríguez R. y F. J. Ibarra P. 2019. Colecta de material vegetal de frijol infectado con roya y antracnosis en Veracruz y Chiapas. p. 335-342. *In: Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H. et al. (comps.). Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático*. Libro Científico Núm. 1. Año 3. INIFAP. CP. UACH. INAPESCA. UV. TecNM. Medellín, Ver., México.
- Garrido, R. E. R. y S. Romero C. 1989. Identificación de razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. y Magn.) Scrib. en México y búsqueda de resistencia genética a este hongo. *Agrociencia* 77:139-156.
- 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., J. Jiménez H., R. A. Salinas P., B. Villar S. y J. A. Acosta G. 2012a. Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol Negro Comapa en dos regiones de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):309-315.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., R. Rodríguez R. y B. Villar S. 2012b. Actividades de mejoramiento genético de frijol negro opaco mesoamericano en Veracruz y Chiapas. Informe Técnico del proyecto SAGARPA-CONACYT 2009-109621. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 12 p.
- Pastor-Corrales, M. A., M. M. Otoyá and A. Molina and S. P. Singh. 1995. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. *Plant Dis.* 79(1):63-67.
- Rodríguez, L. G., J. A. García S., S. Rebollar R. y A. C. Cruz C. 2010. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. *Paradigma Económico* 2(1):121-145.
- Rosales, S. R., J. A. Acosta G., J. S. Muruaga M., G. E. Hernández C. y P. Pérez H. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 6. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. de Méx., México. 148 p.



- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Avance de siembras y cosechas. Resumen por estado. SIAP. Gobierno de México. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) [consultado el 5 de agosto de 2020].
- Stavely, J. R. 1983. A rapid technique for inoculation of *Phaseolus vulgaris* with multiple pathotypes of *Uromyces phaseoli*. *Phytopathology* 73(5):676-679.
- Stavely, J. R., G. F. Freytag, J. R. Steadman and H. F. Schwartz. 1983. The 1983 bean rust workshop. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 26:iv-vi.
- Tosquy, V. O. H., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., F. J. Ibarra P., R. Zetina L., P. A. Meza *et al.* 2019. Adaptación de genotipos de frijol negro a diferentes ambientes de Veracruz y Chiapas. *REMEXCA* 10(6):1301-1312.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., B. Villar S., F. J. Ibarra P., J. R. Rodríguez R., J. A. Acosta G. *et al.* 2016. Verdín, variedad de frijol negro, precoz y tolerante a la sequía, para Veracruz y Chiapas. Folleto Técnico No. 86. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 32 p.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y J. R. Rodríguez R. 2013. Reacción a mancha angular y productividad de genotipos de frijol con y sin aplicación de fungicida. *REMEXCA* 4(1):167-174.
- 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.
- Ugalde, A. F. J., E. López S., R. Lépiz I., A. Viana R. y S. Leyva V. 2014. Producción artesanal de semilla de frijol con participación municipal en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 25(1):35-44.



## SINCRONIZACIÓN DE LA FLORACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-567

*Flavio Rodríguez Montalvo<sup>1</sup>, Mauro Sierra Macias<sup>1</sup> y Marcos V. Vázquez Hernández<sup>1\*</sup>*

### Resumen

El maíz es el cultivo más importante en México desde el punto de vista económico, social, cultural y alimenticio; sin embargo, dentro de los principales problemas que se presentan se encuentra el bajo rendimiento que es afectado por la calidad y tipo de semilla utilizada, entre otros factores. Aunque el uso de semilla mejorada ha aumentado en los últimos 15 años, su producción y uso se concentra principalmente en zonas localizadas en el centro y norte del país y no se tiene suficiente disponibilidad en el sur-sureste. La producción de semilla híbrida de maíz presenta como principal problema la asincronía o desfase de la floración entre los progenitores hembra y macho. Una alternativa para evitar este problema, sin realizar la siembra diferenciada, es usar fitohormonas. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) (Biogib 10PS) y auxinas (Radix 10000) sobre la sincronía floral en la formación del híbrido de maíz H-567. Las semillas del progenitor macho se trataron por inmersión en soluciones de diferentes concentraciones de Biogib 10PS y Radix 10000 durante una hora. Las semillas tratadas se sembraron en la misma fecha en que se sembraron las semillas del progenitor hembra. Los resultados mostraron que ambos productos fueron efectivos para lograr la sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567, independientemente de las dosis evaluadas; sin embargo, las diferencias significativas se encontraron en el rendimiento, donde el testigo, seguido del tratamiento con 10 mg/L de Biogib lograron los rendimientos más altos. Se concluye que el tratamiento con 10 mg/L de Biogib es efectivo para la sincronización de la floración en la formación y para obtener altos rendimientos del híbrido de maíz H-567, con menores riesgos que la siembra diferenciada.

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. vazquez.marcos@inifap.gob.mx



**Palabras clave:** hormonas, tratamiento, semilla

## Introducción

El maíz es el cultivo más importante en México desde el punto de vista económico, social, cultural y alimenticio. De acuerdo con el SIACON (2021) y FAOSTAT (2021), en 2019 la superficie sembrada de maíz para grano en el país, fue de 7.16 millones de ha, que representa el 34.8% del total de la superficie agrícola y el 16.36% del total del valor de la producción agrícola en México. El 66% de su producción anual se destina al consumo humano (SAGARPA, 2017). El 52.5% de la superficie sembrada de maíz se concentra en los estados de Chiapas, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Oaxaca y Estado de México. Por su parte, el 50% de la producción se concentra en Sinaloa, Jalisco, Michoacán y Estado de México. Para garantizar la seguridad alimentaria del país, se necesita ofrecer al productor opciones orientadas a reducir los costos de producción (Vallejo *et al.*, 2008), dentro de las que se incluye el uso de semillas mejoradas (variedades, híbridos o criollos mejorados).

El rendimiento promedio nacional de maíz es de 4.2 t/ha, con promedios de 6.4 t/ha en la modalidad de riego y 2 t/ha en condiciones de temporal (SIACON, 2021). Para incrementar el rendimiento se ha recurrido al uso de semilla mejorada, que presenta características agronómicas, productivas y de calidad sobresaliente bajo las condiciones ambientales que prevalecen en las zonas productoras (Virgen *et al.*, 2013), lo que permite alcanzar niveles competitivos en la producción (Espinosa *et al.*, 2003a). Aunque el uso de semilla mejorada ha aumentado en los últimos 15 años, el padrón de adopción ha sido irregular y su uso se ha concentrado en zonas de producción comercial (Aquino-Mercado *et al.*, 2008), por lo que la producción y el consumo de semillas mejoradas se concentra principalmente en estados del noroeste y de El Bajío (Luna-Mena *et al.*, 2012), como Sinaloa, Sonora, Jalisco y Guanajuato, en los cuales la superficie sembrada con semilla mejorada es mayor de 70% (Ortega-Paczka, 2003); sin embargo, la producción y uso de semilla mejorada en México es insuficiente (García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014), principalmente en los estados del sur-sureste de México. Dentro de los grupos comerciales de semilla mejorada se encuentran las variedades e híbridos. 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, etc.), que son esenciales para lograr una buena producción de semilla (MacRobert *et al.*, 2015); además, se debe conocer información adicional que permita obtener rendimientos mayores (Espinosa *et al.*, 2003b). En este sentido, la asincronía o desfase 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, que, a su vez, afecta la calidad y el rendimiento de semilla. 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 y distribución de la precipitación, temperatura, radiación y características físico-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). Además, es importante conocer algunas características específicas de los progenitores como los días a floración femenina (aparición de estigmas) y periodo en que los estigmas permanecen receptivos (en el caso del genotipo que cumplirá la función de hembra), y los días a floración masculina y el periodo de liberación de polen en los genotipos que fungirán como macho. 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 nutrición deficiente, déficit hídrico o temperaturas altas, que afectan directamente al rendimiento (Papucci *et al.*, 2006).

Cuando los progenitores presentan diferentes fechas de floración, es común que la siembra se realice de manera diferenciada, lo que consiste en sembrar primero el progenitor más tardío y días después el progenitor más precoz, para promover la floración simultánea en ambos



progenitores. Sin embargo, esta práctica afecta a los costos de producción, ya que no sólo implica sembrar en dos fechas, sino que podría ser necesario realizar más labores, como la aplicación de riego, fertilizantes y plaguicidas. Además, existe el riesgo de que algunas condiciones ambientales no previstas afecten 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 (Ruíz y Hernández, 2017; Vallejo *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2004; Beck, 2002), como son: el remojo de la semilla de 12 a 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 suficientes 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 prácticas no son fáciles de realizar a gran escala e implican riesgos para el cultivo 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 o fitohormonas que actúan como estimulantes de las actividades fisiológicas 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 de diferentes dosis de ácido giberélico ( $GA_3$ ) (Biogib 10PS) y auxinas (Radix 10000), como tratamiento a la semilla, sobre la sincronía floral y rendimiento 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 34.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín, Ver. (18°50' LN y 96°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 presenta 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.

**Cuadro 1. 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	1 mg/L
5	Biogib	10 mg/L
6	Biogib	100 mg/L
7	Testigo	-

\* Radix 10000 contiene ácido indol-3-butírico al 1.0%. Biogib contiene ácido giberélico al 10.0%.

Los tratamientos a las semillas de la línea LT166 (macho) se aplicaron por inmersión por 1 h en la solución con los respectivos tratamientos, e inmediatamente se sembraron manualmente. 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 de 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/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).

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 desde la base del tallo, hasta la inserción de la hoja bandera. 2. Altura de mazorca. Se midió 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). Se determinaron como los días transcurridos a partir de la siembra, hasta que el 50% de las plantas se encontraron en estado de antesis. 5. Días a floración femenina (DFF). Se determinaron a partir de la siembra, hasta que el 50% de las plantas se encontraron con los estigmas receptivos (estigmas de 3 a 5 cm). 6. Asincronía floral. Se consideraron 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 mazorcar más polinizadas y 10. Rendimiento de grano.

El análisis estadístico se realizó con el software Infostat 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), bajo un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y prueba 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). Los días a floración masculina fue similar en todos los tratamientos, con valores de 57.75 a 59 días, mientras que la floración femenina se presentó entre los 58.75 y 59.75 días, sin diferencias significativas en ambos casos; como resultado de lo anterior, se presentó una asincronía promedio de un día en todos los tratamientos, excepto con el tratamiento de 0.9 g/L de Radix, donde fue de 0.3 días, por lo 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 (considerando como base la siembra diferenciada).



**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 1 mg/L	57.75	58.75	1	168.50	84.25	0.50	0.35	4.87	37.76
Biogib 10 mg/L	58.25	59.25	1	177.44	92.33	0.52	0.56	3.98	33.08
Biogib 100 mg/L	58.50	59.50	1	177.75	89.50	0.51	0.00	6.10	36.02
Radix 0.45 g/L	58.75	59.75	1	172.75	86.00	0.50	0.71	4.06	35.12
Radix 0.9 g/L	59.00	59.33	0.33	176.00	83.67	0.47	0.00	5.94	13.80
Radix 1.35 g/L	57.75	58.75	1	172.00	86.00	0.50	0.00	4.75	44.01
Testigo (agua)	57.75	58.75	1	188.50	95.00	0.50	0.45	3.37	16.41
CV	1.83	1.91	39.44	11.18	15.61	5.95	1.8	81.45	114.63
DMS (0.05)	2.52	2.66	0.86	49.224	34.3	0.07	1.38	9.31	85.42
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

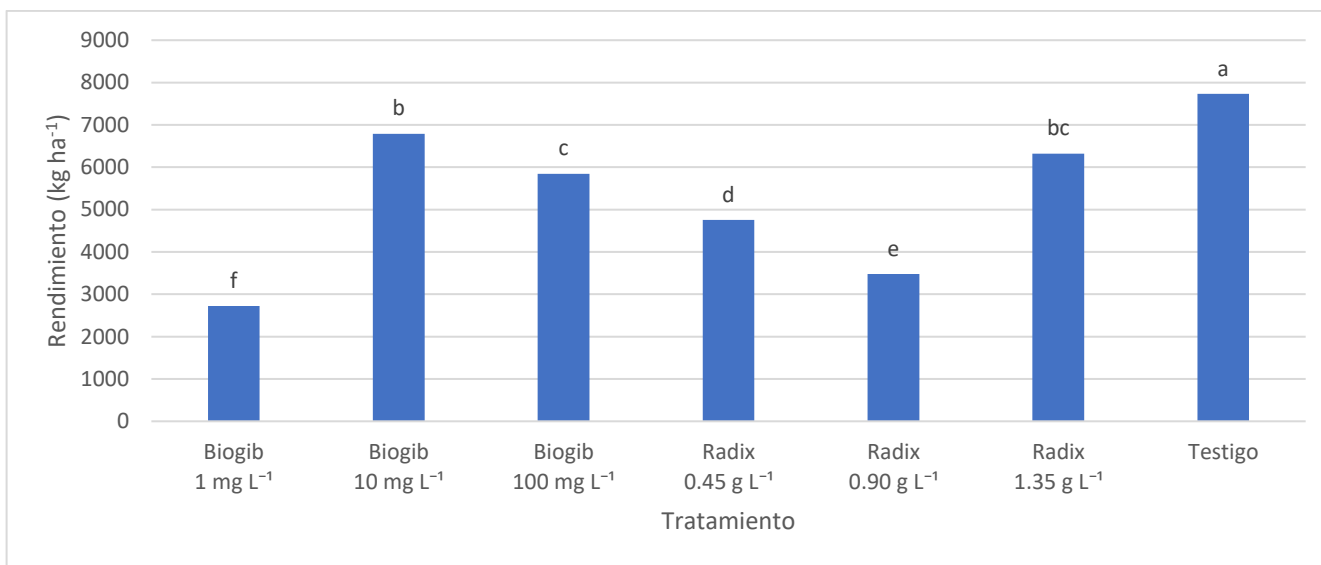
DFM: Días a floración masculina, DFF: Días a floración femenina, AF: Asincronía floral (días), AP: Altura de planta (cm), AM: Altura de mazorca (cm), RAM/AP: Relación altura de mazorca/altura de planta, MMC: Mazorcas con mala cobertura (%); MP: Mazorcas podridas (%), MMP: Mazorcas mal polinizadas (%).

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, riego 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 produzcan polen todo el tiempo que los estigmas de las hembras estén emergiendo, como los resultados encontrados en este trabajo donde la floración femenina ocurrió un día después de la floración masculina. Las diferencias en la floración ocurren porque los genotipos presentan diferentes tasas de crecimiento, además de la interacción genotipo-ambiente. 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 (MacRobert *et al.*, 2015). Con respecto a la altura de planta y altura de la mazorca, aunque no se encontraron diferencias significativas, se puede observar una reducción de 10.75 a 20 cm en la altura de planta y de 2.67 a 11.33 cm en la altura de mazorca, con respecto al testigo.



Las mayores diferencias se presentaron en los tratamientos con Radix, con valores promedio de 14.92 y 9.78 cm en altura de planta y mazorca, respectivamente. Aunque no se encontraron diferencias en la altura de planta, ésta es determinante en la calidad y rendimiento de la semilla y grano de maíz, debido a 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. Adicionalmente, Lafitte (1993) señala que el rendimiento y calidad se ven afectados por el tiempo en que las mazorcas mantienen el contacto con el suelo.

El rendimiento de maíz fue mayor en el testigo, seguido de Biogib 10 mg/L, Radix 1.35 g/L, Biogib 100 mg/L y el testigo, con rendimientos de 7,730.96, 6,790.87, 6,316.63 y 5,844.46 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1). Estos cuatro tratamientos superaron significativamente al resto de los tratamientos Biogib 1 mg/L (2,723.5 kg/ha), Radix 0.9 g/L (3,480 kg/ha) y Radix 0.45 g/L (4,753.5 kg/ha).



**Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de semilla del híbrido de maíz H-567.**



## Conclusiones

La sincronización de la floración en la formación del híbrido de maíz H-567 y la obtención de rendimientos cercanos al testigo, se puede lograr sin siembra diferenciada, mediante el tratamiento inmersión de la semilla del progenitor masculino por una hora en una solución de Biogib a 10 mg/L.

## Literatura Citada

- Aquino-Mercado P. R., R. J. Peña B. e I. Ortiz-Monasterio. 2008. México y el CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. 40 p.
- Beck, D. 2002. Manejo de la producción de semilla de maíces híbridos. Notas del curso de semillas del CIMMYT. México, D. F. 59 p.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. 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, J. R. Gutiérrez J. y M. Luna. 2001. Alternativas para favorecer la polinización y producción de semilla del híbrido H-311 de maíz. Agron. Mesoam. 12(2):229-235.
- Espinosa, A., M. Sierra y N. Gómez. 2003a. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Agron. Mesoam. 14(1):117-121.
- Espinosa, A., N. Gómez, M. Sierra, E. Betanzos, F. Caballero, B. Coutiño *et al.* 2003b. Tecnología y producción de semillas de híbridos y variedades sobresalientes de maíz de calidad proteínica (QPM) en México. Agron. Mesoam. 14(2):223-228.
- FAOSTAT (Base de datos de Las Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Comercio: cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [consultado el 4 de agosto de 2021].



- 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.
- García-Salazar, J. A. y R. Ramírez-Jaspeado. 2014. El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México. Rev. Fitotec. Mex. 37(1):69-77.
- Lafitte, H. R. 1993. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. 112 p.
- Luna-Mena, B. M., M. A. Hinojosa-Rodríguez, O. J. Ayala-Garay, F. Castillo-González y J. A. Mejía-Contreras. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. Rev. Fitotec. Mex. 35(1):1-7.
- MacRobert, J. F., P. Setimela, J. Gethi y M. W. Regasa. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. 26 p.
- Ortega-Paczka, R. 2003. El maíz como cultivo II: p. 123-154. *In*: Esteva, G y C. Marielle (coords.). Sin maíz no hay país. CONACULTA. México, D. F.
- Otahola-Gómez, V. y Z. Rodríguez. 2001. Comportamiento agronómico de maíz (*Zea mays* L.) tipo dulce bajo diferentes densidades de siembra en condiciones de sabana. Rev. UDO Agríc. 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. Pirlés. 2006. Efecto del sistema de labranza y la fertilización nitrogenada sobre la biología floral en maíz. Rev. Agromensajes 20:48-56.
- Ruiz, R. S. y R. Hernández V. 2017. Producción de semilla de maíz Caso CIR Pacífico Centro. Folleto Técnico Núm. 4. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal. México. 61 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Maíz grano blanco y amarillo mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. SAGARPA. México, D. F. 22 p.
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Agroalimentaria de Consulta). 2021. Módulo Agrícola. Resumen nacional por cultivo. <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon> [consultado el 20 de julio de 2021].





- 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. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22(2):268-276.
- Torres, F. J. L., D. L. Beck, A. Carballo C. y J. A. Estrada G. 2004. Técnicas para sincronizar floración en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 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. Uruapan, Mich., México. 84 p.
- Virgen, V. J., R. Zepeda B., J. L. Arellano V., M. A. Ávila P. e I. Rojas M. 2013. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de valles altos en dos fechas de siembra. *Cienc. Tecnol. Agrop. Méx.* 1(1):26-32.
- Virgen-Vargas, J., R. Zepeda-Bautista, M. A. Ávila-Perches, A. Espinosa-Calderón, J. L. Arellano-Vázquez y A. Gámez-Vázquez. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agron. Mesoam.* 25(2):323-335.



# EVALUACIÓN DE CRUZAS VARIETALES DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO PARA EL SURESTE DE MÉXICO

*Flavio Rodríguez Montalvo<sup>1</sup>, Mauro Sierra Macias<sup>1</sup> y Marcos V. Vázquez Hernández<sup>1\*</sup>*

## Resumen

La producción actual de maíz amarillo en México es insuficiente para cubrir la demanda nacional en el sector pecuario e industrial, por lo que, anualmente se importan grandes volúmenes de grano. El uso semillas mejoradas es una opción para aumentar el rendimiento de los cultivos. Por lo anterior el objetivo del estudio fue evaluar nuevas cruzas varietales de maíz de grano amarillo para su uso potencial en las zonas agropecuarias del sureste de México. En el Campo Experimental Cotaxta, durante el ciclo P-V/0218 se evaluaron 33 cruzas y 16 progenitores potenciales para la producción de maíz de grano amarillo. De acuerdo con los resultados, ocho cruzas tuvieron rendimientos superiores a 7.5 t/ha, de las cuales solo dos cruzas tuvieron rendimientos superiores a 8t/ha. En todos los casos, el rendimiento fue similar al obtenido en el híbrido comercial H-520 y el híbrido experimental HE-7B, que fueron desarrollados para las áreas tropicales de México. Se concluye que los rendimientos de las cruzas varietales fueron mayores al de los progenitores.

**Palabras clave:** *Zea mays*, producción de grano, rendimiento

## Introducción

México ha permanecido como el 9º productor de maíz en el mundo durante los últimos 10 años. En el 2019, 27.2 millones de toneladas fueron producidas en 6.7 millones de hectáreas cosechadas (FAOSTAT, 2021; SIACON, 2021). El maíz, es el cultivo más importante en

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxta, Km. 34.5 carretera Veracruz-Córdoba, Medellín, Veracruz; México. CIRGOC. INIFAP. \*Autor por correspondencia: [vazquez.marcos@inifap.gob.mx](mailto:vazquez.marcos@inifap.gob.mx)



México desde el punto de vista económico, social, cultural y alimenticio. El valor de la producción en el 2020 fue de 114.9 billones de pesos. La producción nacional de maíz se divide principalmente en grano blanco y grano amarillo. El 91.2% de la superficie plantada es de maíz blanco y el 8.3% corresponde al maíz amarillo. En cuanto a la producción nacional de maíz de grano, el 86.73% corresponde al maíz blanco y el 12.88% al maíz amarillo, el resto se distribuye en maíz de color, pozolero y azul (SIACON, 2021).

Los primeros 10 estados que sobresalen como productores de maíz en México son: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Guanajuato, Chihuahua, Guerrero, Veracruz, Chiapas y Puebla, que concentran el 78.8% de la producción. Con respecto al rendimiento, sobresale Sinaloa y Jalisco con 11.11 y 6.62 t/ha de maíz blanco, respectivamente, mientras que, Chihuahua y Jalisco reportan 9.49 y 6.72 t/ha de maíz amarillo, respectivamente. Estos valores están por arriba de la media nacional que corresponden a valores de 3.55 y 4.96 t/ha de maíz blanco y amarillo, respectivamente. Por el contrario, el rendimiento en los estados del sureste de México se encuentra con valores por debajo de la media nacional, con valores promedio de 1.82 y 2.52 t/ha de maíz blanco y amarillo, respectivamente. Para garantizar la seguridad alimentaria del país, se necesita ofrecer al productor opciones orientadas a reducir los costos de producción (Vallejo *et al.*, 2008) e incrementar el rendimiento, ya sea adoptando diferentes componentes de las tecnologías de producción o simplemente incluyendo el uso de semillas mejoradas, con la ventaja de que presentan características agronómicas, productivas y de calidad sobresaliente bajo las condiciones ambientales que prevalecen en las zonas productoras (Virgen *et al.*, 2013), y permite alcanzar niveles competitivos en la producción (Espinoza *et al.*, 2003). Aunque el uso de semilla mejorada ha aumentado en los últimos 15 años, el padrón de adopción ha sido irregular y su uso se ha concentrado en zonas de producción comercial (Aquino-Mercado *et al.*, 2008), por lo que, la producción y el consumo de semillas mejoradas se concentra principalmente en estados del Noroeste y de El Bajío (Luna-Mena *et al.*, 2012), como Sinaloa, Sonora, Jalisco y Guanajuato, en los cuales la superficie sembrada con semilla mejorada es mayor de 70% (Ortega-Paczka, 2003).

El maíz blanco se destina principalmente al consumo humano, mientras que la producción de maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (ASERCA, 2018). La producción de maíz amarillo es deficitaria, pues sólo satisface sólo 24% de los requerimientos nacionales (SAGARPA, 2017). De acuerdo con



FAOSTAT (2021) y SAGARPA (2017), en el 2017 se importaron 15.3 millones de toneladas de las cuales el 92.4% fue de maíz amarillo y la diferencia correspondió a maíz blanco, en ambos casos el principal proveedor de maíz fue Estados Unidos.

La producción de maíz de grano amarillo es de gran importancia en México, debido a la demanda del sector pecuario e industrial, por lo que el déficit en la producción hace necesaria su importación anual en grandes volúmenes, por lo que necesario impulsar la producción de maíz amarillo, pudiendo en algunos casos desplazar la producción de maíz blanco en algunas regiones debido a un mejor precio y que puede generar mejores ingresos al productor (Agroequipos del Valle, 2019). Con base en lo anterior, es necesario generar estrategias para fomentar la producción y rentabilidad del cultivo del maíz amarillo de acuerdo con los requerimientos de la industria y engordadores pecuarios e impulsados por dichas demandas crear un programa de producción de alto rendimiento y comercialización, de manera que se puedan reducir las importaciones de maíz amarillo, fortaleciendo la producción y comercialización nacional. Por lo que es necesario proveer a los productores de maíz genotipos de maíz amarillo como insumos de buena calidad y productividad. En este sentido, en México existen semillas híbridas para producir maíz amarillo con un enfoque pecuario e industrial. Con base en lo anterior, es necesario generar, caracterizar y validar nuevos genotipos de maíz amarillo, por lo que, el objetivo del presente trabajo fue evaluar y caracterizar agronómica y productivamente nuevas cruza varietales de maíz de grano amarillo para su potencial uso en las zonas agropecuarias del sureste de México.

## **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 34.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz (18° 50' LN y 96° 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, con 1,336.8 mm de precipitación anual (Díaz



*et al.*, 2006). El suelo presenta las siguientes características: textura migajón-arcillosa, con pH ligeramente ácido (6.4).

La siembra de semillas se realizó el 10 de julio del 2018, en parcelas de 8 m<sup>2</sup> por unidad experimental (clave genealógica), en surcos de 8 m, con una distancia entre plantas de 20 cm y de 80 cm entre hileras, con una densidad de 62,500 plantas/ha. La fertilización (161-46-0 de N-P-K), 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).

Se evaluaron en total 49 tratamientos (genotipos), de los cuales 33 fueron cruzas y 16 progenitores potenciales para la producción de maíz de grano amarillo, entre cruzas varietales de maíz de grano amarillo, progenitores, híbridos y variedades comerciales y experimentales (Cuadro 1). Se utilizaron como testigo a la variedad sintética VS-536 y el híbrido H-520, ambos de grano blanco con ampliamente adaptados en el Sureste de México.

Las variables evaluadas fueron: 1) Rendimiento, expresado en t/ha; 2) 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; 3) 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); 4) Altura de planta (AP), 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); 5) Altura de mazorca (AM), medido desde la base del tallo, hasta la inserción de la mazorca; 6) Relación AM/AP; 7) Porcentaje de acame de raíz y planta.

El análisis estadístico se realizó con el software Infostat 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), bajo un diseño en bloques al azar, con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



**Cuadro 1. Diseño de tratamientos con base en la clave genealógica de la evaluación de cruzas varietales de maíz de grano amarillo, P-V 2018.**

No. Tratamiento	Clave genealógica	No. Tratamiento	Clave genealógica
1	S10B01 X S03B05	26	S11B03 X S03B05
2	S07B01 X S10B02	27	S11B03 X S03B03
3	S07B01 X S10B01	28	S11B03 X S11B05
4	S03B05 X S01-1A	29	S07B01
5	S03B03 X S01-1A	30	S10B02
6	S05B02 X S01-1A	31	S11B03
7	S11B05 X S01-1A	32	S10B01
8	S07B01 X S03B05	33	S03B05
9	S10B02 X S11B03	34	S05B02
10	S10B02 X S03B03	35	S03B03
11	S10B01 X S03B03	36	S11B05
12	S10B01 X S11B05	37	S01-1A
13	S03B05 X S03B03	38	SINT-1BQ X VS-536
14	S03B05 X S11B05	39	SINT-2B X VS-536
15	S05B02 X S11B05	40	SINT-3B X VS-536
16	S03B03 X S11B05	41	SINT-4B X VS-536
17	S10B02 X S10B01	42	SINT-5B X VS-536
18	S10B02 X S03B05	43	V-537 C
19	S11B03 X S10B01	44	VS-536
20	S11B03 X S05B02	45	HE-10B
21	S10B01 X S05B02	46	H-520
22	S03B05 X S05B02	47	H-567
23	S05B02 X S03B03	48	HE-3B
24	S07B01 X S11B03	49	HE-7B
25	S07B01 X S03B03		

## Resultados y Discusión

De acuerdo con el análisis de varianza, solo se encontraron diferencias significativas en las variables de rendimiento, altura de mazorca y relación AM/AP. En general, las cruzas de los genotipos presentaron rendimientos superiores a la de los progenitores (Cuadro 2). Los



rendimientos de las cruzas de los tratamientos 7, 40, 25 y 27 presentaron rendimientos similares al del híbrido H-520, sin diferencia significativa entre ellos. Estas cruzas resultaron con rendimientos superiores a los progenitores. La craza del tratamiento 4 (S11B05 X S01-1A) resultó con un rendimiento superior en 29% y 19% respecto a sus progenitores S11B05 y S01-1A, respectivamente. La craza del tratamiento 40 resulto en un incremento del 22.64% del rendimiento respecto al genotipo del tratamiento 44 (VS-536). La craza del tratamiento 25 incrementó el rendimiento en 22.32% y 34.88% respecto a los progenitores S07B01 y S03B03, que tuvieron rendimientos de 6208.50 y 5204.31 Kg/ha. El rendimiento de la craza del tratamiento 27 fue mayor en 30.00% y 33.28% respecto a sus progenitores S11B03 (5456.14 Kg/ha) y S03B03 (5204.31 Kg/ha). No se encontraron diferencias significativas en los días a floración masculina y femenina, que variaron de 55.67 a 60.33 y de 56.67 a 61 días, respectivamente. En todos los tratamientos la floración masculina se presentó un día antes que la femenina.

**Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento y días a floración masculina y femenina en cruzas de variedades de maíz de grano amarillo.**

Tratamiento	Clave genealógica	Rendimiento		Días a floración	
		(kg/ha)		masculina	femenina
1	S10B01 X S03B05	6297.70	abc	58.00	59.00
2	S07B01 X S10B02	7595.18	ab	57.33	58.33
3	S07B01 X S10B01	7213.94	abc	56.33	57.33
4	S03B05 X S01-1A	6280.58	abc	56.67	57.67
5	S03B03 X S01-1A	7537.24	ab	57.33	58.33
6	S05B02 X S01-1A	7498.09	ab	57.67	59.33
7	S11B05 X S01-1A	8340.07	a	56.33	57.33
8	S07B01 X S03B05	7238.54	abc	56.67	57.67
9	S10B02 X S11B03	7155.88	abc	57.67	58.67
10	S10B02 X S03B03	6567.26	abc	56.33	57.33
11	S10B01 X S03B03	7441.71	abc	56.67	61.00
12	S10B01 X S11B05	6766.44	abc	56.67	57.67
13	S03B05 X S03B03	6208.34	abc	57.00	58.00
14	S03B05 X S11B05	7066.21	abc	56.67	57.67
15	S05B02 X S11B05	7485.22	ab	57.33	58.33
16	S03B03 X S11B05	7143.36	abc	57.33	58.33



**Continúa Cuadro 2...**

Tratamiento	Clave genealógica	Rendimiento		Días a floración			
		(kg/ha)		masculina	femenina		
17	S10B02 X S10B01	7349.58	abc	57.00	a	58.00	a
18	S10B02 X S03B05	7477.07	ab	56.33	a	57.33	a
19	S11B03 X S10B01	6363.50	abc	57.00	a	58.00	a
20	S11B03 X S05B02	7611.67	ab	57.67	a	58.67	a
21	S10B01 X S05B02	6898.60	abc	55.67	a	56.67	a
22	S03B05 X S05B02	5225.21	abc	59.00	a	60.00	a
23	S05B02 X S03B03	5901.95	abc	56.67	a	57.67	a
24	S07B01 X S11B03	6092.81	abc	56.00	a	57.00	a
25	S07B01 X S03B03	7992.46	a	56.33	a	57.33	a
26	S11B03 X S03B05	6692.45	abc	56.67	a	57.67	a
27	S11B03 X S03B03	7800.57	a	56.67	a	57.67	a
28	S11B03 X S11B05	7565.61	ab	57.67	a	58.67	a
29	S07B01	6208.50	abc	60.33	a	58.00	a
30	S10B02	6414.15	abc	57.33	a	58.33	a
31	S11B03	5456.14	abc	56.67	a	57.67	a
32	S10B01	6774.78	abc	57.33	a	58.33	a
33	S03B05	3891.19	cd	57.67	a	58.67	a
34	S05B02	4070.15	bcd	58.67	a	59.67	a
35	S03B03	5204.31	abc	56.00	a	57.00	a
36	S11B05	5933.82	abc	56.67	a	57.67	a
37	S01-1A	6763.31	abc	57.00	a	58.00	a
38	SINT-1BQ X VS-536	6524.65	abc	56.00	a	57.00	a
39	SINT-2B X VS-536	6708.56	abc	56.33	a	57.33	a
40	SINT-3B X VS-536	8055.35	a	57.00	a	58.00	a
41	SINT-4B X VS-536	6156.43	abc	56.33	a	57.33	a
42	SINT-5B X VS-536	6292.58	abc	56.33	a	57.33	a
43	V-537 C	1565.05	d	55.83	a	56.83	a
44	VS-536	6231.96	abc	58.67	a	59.67	a
45	HE-10B	7265.40	abc	55.67	a	56.67	a
46	H-520	7830.04	a	57.00	a	58.00	a
47	H-567	6516.47	abc	57.67	a	58.67	a
48	HE-3B	6708.61	abc	57.00	a	58.00	a
49	HE-7B	7673.17	a	56.33	a	57.33	a





Con respecto a la altura de planta y mazorca, solo se encontraron diferencias significativas en la altura de la mazorca, con valores de 115.0 a 176.67 cm, siendo los genotipos de los tratamientos 31 y 43 los más bajos y la cruz del tratamiento 24 la más alta en altura de la mazorca (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Comparación de medias de las variables altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), relación AM/AP y acame de raíz y tallo en cruces de variedades de maíz de grano amarillo.**

Tratamiento	Clave genealógica	Altura (cm) de		Relación AM/AP	Acame (%) de	
		Planta	mazorca		raíz	tallo
1	S10B01 X S03B05	236.67 a	133.33 ab	0.56 ab	10.01 a	3.95 a
2	S07B01 X S10B02	230.00 a	135.00 ab	0.59 ab	12.63 a	1.28 a
3	S07B01 X S10B01	225.00 a	126.67 ab	0.57 ab	7.26 a	6.22 a
4	S03B05 X S01-1A	236.67 a	138.33 ab	0.59 ab	24.11 a	5.80 a
5	S03B03 X S01-1A	253.33 a	153.33 ab	0.61 ab	23.27 a	3.67 a
6	S05B02 X S01-1A	226.67 a	126.67 ab	0.55 ab	22.27 a	1.23 a
7	S11B05 X S01-1A	235.00 a	146.67 ab	0.63 ab	11.49 a	2.52 a
8	S07B01 X S03B05	235.00 a	135.00 ab	0.58 ab	4.90 a	2.52 a
9	S10B02 X S11B03	240.00 a	141.67 ab	0.59 ab	12.45 a	4.24 a
10	S10B02 X S03B03	231.67 a	121.67 ab	0.52 ab	9.52 a	4.76 a
11	S10B01 X S03B03	226.67 a	121.67 ab	0.54 ab	19.50 a	2.78 a
12	S10B01 X S11B05	210.00 a	120.00 ab	0.57 ab	2.34 a	3.37 a
13	S03B05 X S03B03	226.67 a	130.00 ab	0.57 ab	16.63 a	10.46 a
14	S03B05 X S11B05	240.00 a	136.67 ab	0.57 ab	2.42 a	7.11 a
15	S05B02 X S11B05	246.67 a	130.00 ab	0.53 ab	7.20 a	4.60 a
16	S03B03 X S11B05	230.00 a	128.33 ab	0.56 ab	22.57 a	5.05 a
17	S10B02 X S10B01	241.67 a	166.67 ab	0.71 ab	15.95 a	8.97 a
18	S10B02 X S03B05	245.00 a	138.33 ab	0.56 ab	11.09 a	0.00 a
19	S11B03 X S10B01	238.33 a	135.00 ab	0.57 ab	9.82 a	4.41 a
20	S11B03 X S05B02	233.33 a	136.67 ab	0.58 ab	9.04 a	6.37 a
21	S10B01 X S05B02	231.67 a	140.00 ab	0.60 ab	3.70 a	2.42 a
22	S03B05 X S05B02	241.67 a	136.67 ab	0.56 ab	0.00 a	2.47 a
23	S05B02 X S03B03	225.83 a	128.33 ab	0.57 ab	11.46 a	5.65 a
24	S07B01 X S11B03	236.67 a	176.67 a	0.76 a	26.27 a	3.63 a
25	S07B01 X S03B03	236.67 a	135.00 ab	0.57 ab	7.04 a	4.94 a
26	S11B03 X S03B05	241.67 a	140.00 ab	0.57 ab	2.52 a	8.91 a
27	S11B03 X S03B03	223.33 a	131.67 ab	0.59 ab	13.80 a	3.75 a



**Continúa Cuadro 3...**

Tratamiento	Clave genealógica	Altura (cm) de		Relación AM/AP	Acame (%) de	
		Planta	mazorca		raíz	tallo
28	S11B03 X S11B05	236.67 a	138.33 ab	0.58 ab	10.97 a	4.11 a
29	S07B01	238.33 a	131.67 ab	0.55 ab	1.23 a	3.53 a
30	S10B02	235.00 a	128.33 ab	0.54 ab	20.24 a	8.61 a
31	S11B03	215.00 a	115.00 b	0.54 ab	13.36 a	8.60 a
32	S10B01	261.67 a	120.00 ab	0.46 b	13.41 a	8.47 a
33	S03B05	208.33 a	120.00 ab	0.58 ab	2.38 a	4.68 a
34	S05B02	208.33 a	150.00 ab	0.73 ab	9.72 a	2.31 a
35	S03B03	231.67 a	130.00 ab	0.56 ab	11.97 a	5.13 a
36	S11B05	235.00 a	130.00 ab	0.55 ab	2.43 a	3.82 a
37	S01-1A	226.67 a	121.67 ab	0.54 ab	15.41 a	1.96 a
38	SINT-1BQ X VS-536	241.67 a	140.00 ab	0.58 ab	23.92 a	3.51 a
39	SINT-2B X VS-536	241.67 a	145.00 ab	0.60 ab	15.96 a	1.23 a
40	SINT-3B X VS-536	243.33 a	133.33 ab	0.55 ab	27.65 a	1.67 a
41	SINT-4B X VS-536	236.67 a	133.33 ab	0.56 ab	19.13 a	5.26 a
42	SINT-5B X VS-536	253.33 a	140.00 ab	0.55 ab	22.63 a	8.67 a
43	V-537 C	200.83 a	115.00 b	0.63 ab	30.21 a	4.11 a
44	VS-536	240.00 a	138.33 ab	0.58 ab	25.00 a	11.61 a
45	HE-10B	220.00 a	121.67 ab	0.55 ab	3.77 a	3.61 a
46	H-520	228.33 a	126.67 ab	0.55 ab	37.78 a	3.33 a
47	H-567	218.33 a	116.67 ab	0.53 ab	16.22 a	1.52 a
48	HE-3B	231.67 a	121.67 ab	0.52 ab	10.66 a	0.00 a
49	HE-7B	223.33 a	120.00 ab	0.54 ab	14.88 a	0.00 a

En la altura de planta, aunque no se encontraron diferencias en la altura de planta, la variación fue de 60.84 cm, siendo el tratamiento 43 (genotipo V-537 C) los de plantas más bajas y el tratamiento 32 (variedad S10B01) el de plantas más altas. Las plantas con altura de mazorca afecto la relación de la altura de mazorca/altura de planta (AM/AP), siendo las plantas del tratamiento 32 (variedad S10B01) las de relación más baja y las del tratamiento 24 (cruza S07B01 X S11B03) las de más alta relación. La altura de planta, altura de mazorca y la relación AM/AP son determinantes en relación con el acame debido a la interacción genotipo-ambiente, debido las plantas más altas y/o con una relación AM/AP más elevada tienden a ser más susceptibles al acame, además de que la calidad y el rendimiento del grano o semilla pueden



verse afectadas, dependiendo del tiempo que las mazorcas estén en contacto con el suelo (Lafitte, 1993). De ahí la importancia de lo señalado por Sierra *et al.* (2004) de formar híbridos o variedades de porte intermedio a bajo para minimizar el riesgo por acame.

## Conclusiones

Los genotipos más destacados en función del rendimiento fueron S11B05 X S01-1A, SINT-3B X VS-536, S07B01 X S03B03 y S11B03 X S03B03, ya que igualaron o superaron a los testigos H-520 y HE-7B. Los genotipos con menor altura y menor probabilidad de acame fueron V-537 C, S05B02, S03B05, S11B03 y H-567.

## Literatura Citada

- Agroequipos del Valle. 2019. El maíz amarillo en México. <http://www.agroequipos.com.mx/node/1698> [consultado el 21 de octubre de 2019].
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). 2018. Maíz grano cultivo representativo de México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es> [consultado el 21 de octubre de 2019].
- Aquino-Mercado P., R. J. Peña y I. Ortiz-Monasterio. 2008. México y el CIMMYT. CIMMYT. México, D.F. 40 p.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo. 2018. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. [consultado el 21 de octubre de 2019].
- 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.
- Espinoza, A., M. Sierra M. y N. Gómez M. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Agron. Mesoam. 14(1):117-121.



- FAOSTAT (Base de datos de Las Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Comercio: cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [consultado el 4 de Agosto de 2021].
- 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 decampo. CIMMYT. México, D.F. 112 p.
- Luna-Mena B. M., M. A. Hinojosa-Rodríguez, O. J. Ayala-Garay, F. Castillo-González y J. A. Mejía-Contreras. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. Rev. Fitotec. Mex. 35:1-7.
- Ortega-Paczka R. 2003. El maíz como cultivo II: *In*: Sin Maíz no hay País. José Vicente Anaya (ed). CONACULTA. P. 123-154.
- 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.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Maíz grano blanco y amarillo mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. SAGARPA. México, D.F. 22 p.
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Agroalimentaria de Consulta). 2021. 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., A. Sandoval R. y J. Romero M. 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. Rev. Mex. Fitopatol. 22(2):268-276.
- 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., J. L. Arellano V., M. A. Ávila P. y I. Rojas M. 2013. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de valles altos en dos fechas de siembra. Ciencia y Tecnol. Agrop. México 1(1):26-32.



## PRODUCTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE CHILE XCAT IK EN INVERNADERO

*Felipe Santamaría Basulto<sup>1\*</sup>, Raúl Díaz Plaza<sup>1</sup>, Carolina Isabel Basto Pool<sup>1</sup>, Manuel Jesús Zavala León<sup>1</sup> y Felipe de Jesús Tut Pech<sup>1</sup>*

---

### Resumen

El Xcat ik (*Capsicum annuum*) es un chile criollo cultivado en Yucatán muy apreciado en la cocina regional. Es de color amarillo verdoso pálido, de forma cónica alargada y puntiaguda, aunque existe una amplia variación en los caracteres de tamaño y forma de fruto. Existe muy poca información sobre la tecnología de producción de este chile, se desconoce el potencial de rendimiento y no hay disponibilidad de variedades. El objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento y calidad de fruto de chile Xcat ik producido en estructura protegida y conocer la variabilidad de formas de fruto de las accesiones de este chile del banco de germoplasma de chiles del Campo Experimental Mocochoá. Las parcelas se establecieron en un invernadero del campo experimental referido. Para la determinación de rendimiento se utilizaron plantas provenientes de un vivero de la localidad de Suma, Yucatán, con fecha de trasplante del 4 de septiembre de 2020; se evaluó el rendimiento de fruto fresco clasificado por tamaño. Para la evaluación de la variabilidad de formas de frutos se utilizaron las accesiones P108 y YMRM. La fecha de trasplante fue el 4 de septiembre de 2020; se utilizaron los descriptores propuestos por UPOV y por IPGRI, AVRDC y CATIE. Se encontró que el potencial de producción de fruto fresco de chile Xcat ik es de 36 t/ha y que la mayor parte de la producción clasifica dentro del calibre 5 (mayores de 16 cm de largo). La accesión P108 presentó buen avance en el grado de homogeneidad respecto a la forma de fruto. Por otra parte, la accesión YMRM mostró mucha variabilidad, lo cual puede aprovecharse para la obtención de variedades, una vez que las características sean homogéneas y estables.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Mocochoá.  
\*santamaria.felipe@inifap.gob.mx



**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, descriptores, chile criollo

## Introducción

El Xcat ik (*Capsicum annuum*) es un chile criollo cultivado en Yucatán muy apreciado en la cocina regional; su uso va en aumento, por lo que tiene una creciente demanda en el mercado regional. Se consume fresco, asado o dentro de la cocción de los guisos regionales como: caldos, escabeches de pollo, pavo y pescado; también se consume relleno de pescado, mariscos o queso y en salsas y cremas.

Este tipo de chile es de color amarillo verdoso pálido, de forma cónica alargada y puntiaguda, que conforme madura adquiere tonos anaranjados y rojos hasta volverse completamente rojo; se consumen cuando los frutos tienen consistencia firme, son de color verde amarillento brillante y pueden tener una ligera porción naranja (Santamaría y Zavala, 2020).

Existen variantes de chile Xcat ik que se diferencian en longitud y diámetro de fruto; la longitud del fruto varía de 12.6 a 17.0 cm y el diámetro oscila de 2.2 a 3.1 cm. La forma del fruto en unión con el pedicelo, puede ser obtuso, truncado y cordado, mientras que, la forma del ápice puede ser: puntiagudo, romo y hundido. Presenta arrugamiento transversal en el fruto que varía de intermedio a ligeramente corrugado, con la epidermis rugosa o semi-rugosa (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). El peso fresco puede variar entre 23.2 y 55.8 g (González *et al.*, 2010). Entre las poblaciones de chile Xcat ik se encuentra una amplia variación con base en los caracteres distintivos como: largo, peso y forma de fruto (Vera-Sánchez *et al.*, 2016). En 2020 se reportó un rendimiento de chile Xcat ik de 11.55 t/ha a cielo abierto y 15.95 t/ha en malla sombra (SIAP, 2020).

Aunque se reporta un incremento en la demanda del chile Xcat ik en el mercado (Ríos, 2016), existe escasa información sobre la tecnología de producción de este chile, también se desconoce el potencial de rendimiento y no hay disponibilidad de variedades. Por lo anterior, el objetivo de trabajo fue determinar el rendimiento y calidad de fruto de chile Xcat ik producido en estructura protegida y conocer la variabilidad morfológica de los frutos de las accesiones de este chile del banco de germoplasma de chiles del Campo Experimental Mocochoá.



## Materiales y Métodos

Las parcelas se establecieron en un invernadero del Campo Experimental Mocochoá con techo de plástico y paredes de malla anti-áfidos. Las plantas se establecieron con una separación de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, equivalente a 13,320 plantas/ha. Las plantas se establecieron en borde a aproximadamente 15 cm de altura; se aplicó riego presurizado con cinta de goteo, con una frecuencia de tres veces por semana. La nutrición se realizó por medio del sistema de riego con mezclas de los fertilizantes solubles: urea, nitrato de potasio, nitrato de calcio, nitrato de magnesio, ácido fosfórico y micro-elementos. El control de mosca blanca se realizó con imidacloprid al inicio y luego con flupyradifurone, spiromesifen con base en muestreos. El control de ácaros se realizó con abamectina + piretro natural. No se tuvo presencia de picudo del chile.

Para la determinación de rendimiento se utilizaron plantas provenientes de un vivero comercial de la localidad de Suma, Yucatán. La fecha de trasplante fue el 4 de septiembre de 2020. Se utilizaron seis parcelas de 11 plantas. Se evaluó el rendimiento de fruto fresco por parcela y se reportó el promedio de seis repeticiones en toneladas por hectárea. La clasificación de frutos grandes, medianos y chicos se realizó de acuerdo al código de calibre, con base en la longitud del fruto de la NORMA MEXICANA NMX-FF-025-SCFI-2014 (SE, 2015): frutos grandes (calibre 5) mayores a 16 cm, frutos medianos (calibre 4) de 12.1 a 16 cm y frutos chicos (calibre 3) de 8.1 a 12 cm.

Para la evaluación de la variabilidad de formas de frutos se utilizaron las accesiones P108 y YMRM del banco de germoplasma de chiles del Campo Experimental Mocochoá. La accesión P108 fue colectada en el municipio de Muna, Yucatán, en el año 2013. La accesión YMRM fue colectada en la localidad de Yaxchekú, municipio de Tizimín, en el año 2017 y refrescada en 2020 en la localidad de Sacapuc, municipio de Motul, Yucatán. El semillero se sembró el 4 de agosto de 2020 y la fecha de trasplante fue el 4 de septiembre de 2020. Se utilizaron cinco parcelas de cinco plantas de cada una de las accesiones. Se utilizaron los descriptores morfológicos de fruto de las directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para *Capsicum annuum* L. propuesto por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2018) y los descriptores para *Capsicum* spp., propuestos por: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), el



Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales (AVRDC) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (IPGRI *et al.*, 1995).

## Resultados y Discusión

La producción inició el 24 de noviembre de 2020; la parcela se mantuvo en cosecha hasta el 21 de abril de 2021. Durante estos cinco meses se realizaron 16 cortes. La producción de fruto fresco fue de 37.400 t/ha (Cuadro 1). Este rendimiento es alto, si se considera el reporte de SIAP (2020) de rendimiento de chile Xcat ik de 11.55 t/ha a cielo abierto y 15.95 t/ha en malla sombra.

**Cuadro 1. Producción de chile Xcat ik en invernadero clasificado por tamaño.**

Clasificación de frutos	Peso del fruto (g)	Rendimiento (t/ha)	Porcentaje (%)
Frutos grandes (calibre 5)	48.6	19.175	51.3
Frutos medianos (calibre 4)	36.2	16.645	44.5
Frutos chicos (calibre 3)	24.4	1.580	4.2
Total	36.4	37.400	100

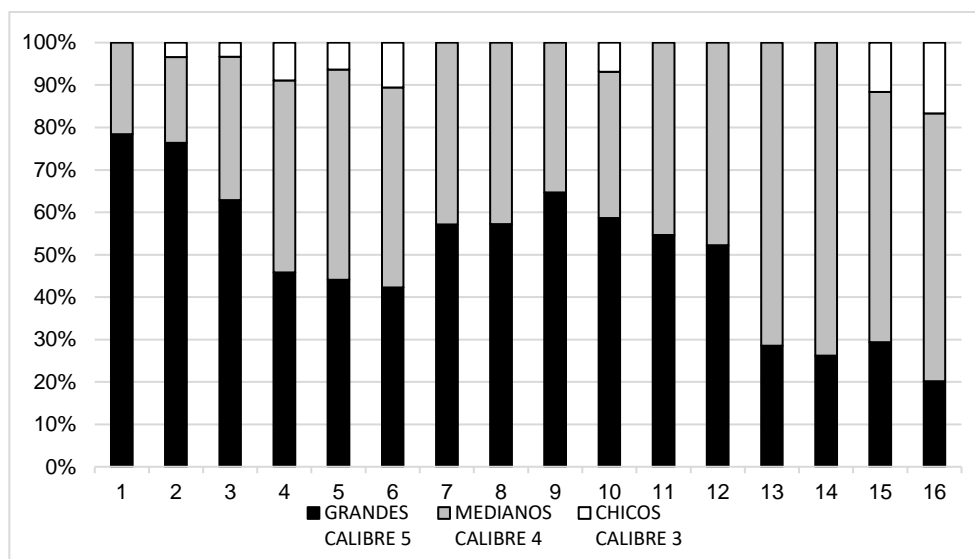
El peso promedio general del fruto fue de 36.4 g, aunque esto varió por calibre; en los frutos grandes (calibre 5, mayores a 16 cm) el peso promedio fue de 48.6 g, en los frutos medianos (calibre 4, de 12.1 a 16 cm) el peso promedio fue de 36.2 g y en los frutos chicos (calibre 3, de 8.1 a 12 cm) el peso promedio fue de 24.4 g por fruto (Cuadro 1). Estos valores se encuentran dentro del rango de 23.2 y 55.8 g por fruto de chile Xcat ik reportado por González *et al.* (2010). El tamaño también está dentro del rango de 12.6 a 17.0 cm para chile Xcat ik reportado por Aguilar-Rincón *et al.* (2010); la mayoría de los chiles producidos estuvieron en los calibres 4 y 5, que van de 12.1 hasta mayores de 16 cm.

La mayor parte de la producción estuvo dentro del calibre 5, que corresponde a los frutos grandes (51.3%) muy seguido de los frutos medidos (44.5%) (Cuadro 1). Se observó que en los primeros cortes la mayor parte de la producción es de fruto de tamaño grande y conforme se alarga el ciclo productivo, esto se invierte (Figura 1). Por ejemplo, en el primer corte, el





78.4% de los frutos fue de tamaño grande, el 21.6% de tamaño mediano y no hubo frutos chicos, en cambio en el último corte, sólo el 20.1% de los frutos fue de tamaño grande, el 63.2% fue de tamaño mediano y el 16.6% de tamaño chico.



**Figura 1. Clasificación por tamaño de frutos de chile Xcat ik de 16 cortes durante cinco meses de cosecha (noviembre de 2020 a abril de 2021).**

Estos resultados muestran el potencial de producción y de calidad de fruto con base en el tamaño que se puede alcanzar con el chile Xcat ik. La menor producción reportada en las estadísticas oficiales puede deberse en gran parte, a la duración del ciclo productivo; en este trabajo la cosecha se prolongó por cinco meses, ya que las mallan anti-áfidos evitaron la entrada de plagas como: el picudo del chile y de homópteros transmisores de virosis, así como el impacto de lluvia. En sistemas a cielo abierto esto no es controlable.

En cuanto a la descripción morfológica, todas las accesiones de chile Xcat ik tienen fruto de forma triangular estrecha, con cáliz de aspecto no envolvente, margen del cáliz liso, sinuosidad excluida la parte basal ausente o muy débil y forma del ápice agudo, los frutos inmaduros son de color amarillo verdoso pálido y conforme maduran adquieren tonos anaranjados y rojos hasta volverse completamente rojos (Figura 2).

De acuerdo con las directrices de la UPOV (2018), la característica de la cavidad peduncular en los frutos de las accesiones evaluadas es ausente, sin embargo, esto no representa la forma del fruto en la unión con el pedicelo, que es en donde encontramos diferencias en los frutos de



las accesiones evaluadas. En los descriptores para *Capsicum* de IPGRI *et al.* (1995) se considera la forma del fruto en la unión con el pedicelo, el cual puede ser agudo, obtuso, truncado, cordado y lobulado. Aguilar-Rincón *et al.* (2010) reportan que la forma del fruto en unión con el pedicelo puede ser: obtuso, truncado y cordado, y excluye la forma lobulada.










**Figura 2. Frutos de chile Xcat ik de diferentes formas y estados de maduración.**

El descriptor más adecuado para la característica de los frutos de chile Xcat ik evaluados, es truncado, sin embargo, la parte basal del fruto es menos ancha que la figura de referencia de truncado de IPGRI *et al.* (1995). Los hombros de los frutos evaluados tienen una forma que los distingue y que permite agruparlos, por ejemplo: redondeada, plana e incluso se encontró una planta con frutos de forma lobulada que en las directrices de UPOV (2018) sería cavidad peduncular presente.

En el Cuadro 2 se muestran las características de los frutos observados en las dos accesiones de chile Xcat ik. La accesión P108 presentó frutos con la forma en la unión con el pedicelo redondeada, sin cuello en la base del fruto y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente. Esto se observó en el 88% de las plantas (22 plantas) de esta accesión. El 8% (dos plantas) presentó frutos con forma similar, pero con sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil.



**Cuadro 2. Descripción de las diferencias de las características de los frutos observados en las dos accesiones de chile Xcat ik.**

Accesión	Descripción	Imagen
1 P108	Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente (88%).	
2 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada ancha, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente (16%).	
3 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada, sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil (24%).	
4 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal media (44%).	
5 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente (una planta).	
6 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo lobulada o cavidad peduncular presente, sinuosidad del pericarpio en la parte basal media (una planta).	
7 YMRM	Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil. De cáscara verde esmeralda (una planta).	

La accesión YMRM presentó variaciones en el fruto. El 16% de las plantas de esta accesión presentó frutos con la forma en la unión con el pedicelo redondeada ancha y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente. El 24% de las plantas tuvieron forma del fruto en la unión



con el pedicelo redondeada y sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil. El 44% de las plantas presentaron la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal media. Además, se encontró una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente, una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo lobulada o cavidad peduncular presente y sinuosidad del pericarpio en la parte basal media, y una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil, pero de cáscara verde esmeralda y rojo, al madurar (Cuadro 2).

## Conclusiones

1. El potencial de rendimiento de fruto fresco de chile Xcat ik fue de 36 t/ha, muy superior al reportado en las estadísticas oficiales.
2. La mayor parte de la producción se clasificó dentro del calibre 5 (mayores de 16 cm de largo).
3. En los primeros cortes, la mayor parte de la producción fue de fruto de tamaño grande, seguida de frutos de tamaño mediano y conforme se alargó el ciclo productivo, esto se invirtió.
4. Todas las accesiones de chile Xcat ik presentaron frutos de forma triangular estrecha, con cáliz de aspecto no envolvente, margen del cáliz liso, sinuosidad excluida la parte basal ausente o muy débil y forma del ápice agudo.
5. Los frutos inmaduros mostraron un color amarillo verdoso pálido y conforme maduraron adquirieron tonos anaranjados y rojos hasta volverse completamente rojos, excepto en una planta, que presentó frutos de color verde esmeralda antes de madurar.
6. La accesión P108 presentó buen avance en el grado de homogeneidad respecto a la forma de fruto, mientras que, la accesión YMRM presentó mucha variabilidad, lo cual puede aprovecharse para la obtención de variedades, una vez que las características sean homogéneas y estables.



## Literatura Citada

- Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona-Torres, P. López-López, L. Latournerie-Moreno, M. Ramírez-Meraz, H. Villalón-Mendoza *et al.* 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI. CP. INIFAP. ITConkal. UANL. UAN. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 114 p
- González, E. T., C. Casanova Ch., L. Gutiérrez P., L. Torres T., F. Contreras M. y S. Peraza S. 2010. Chiles cultivados en Yucatán. p. 342–344. *In:* Durán, R. y M. Méndez (eds.). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, Mérida, Yucatán.
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), AVRDC (Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales) y CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1995. Descriptores para Capsicum (*Capsicum* spp.). IPGRI, Roma, Italia. 114 p.
- Ríos, U. F. 2016. Crece demanda internacional de chile xcatik. Tierra Fértil Noticias Agrícolas. Julio 2016. <https://www.tierrafertil.com.mx/crece-demanda-internacional-chile-xcatik/> [consultado el 12 de julio de 2021].
- Santamaría, B. F. y M. J. Zavala L. 2020. Estados de maduración de chile Xcatik para la producción de semilla. Desplegable para Productores No. 22. INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Mocochoá.
- SE (Secretaría de Economía). 2015. NORMA MEXICANA NMX-FF-025-SCFI-2014. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp.) - Especificaciones. 27 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 27 de julio de 2021].
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2018. TG/76/8 Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ají, chile, pimiento. Código de la UPOV: CAPSI\_ANN. *Capsicum annum* L. 53 p.
- Vera-Sánchez, K. S., J. Cadena-Iñiguez, L. Latournerie-Moreno, J. F. Santiaguillo-Hernández, A. Rodríguez-Contreras, F. A. Basurto-Peña *et al.* 2016. Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. SAGARPA. SNICS. México. 132 p.



## PODA DE HOJAS Y USO DE MALLA SOMBRA PARA REDUCIR FLORACIONES NATURALES EN PIÑA MD-2 Y PRODUCIR FUERA DE TEMPORADA

*Andrés Rebolledo Martínez<sup>1\*</sup>, María Enriqueta López Vázquez<sup>1</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>1</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>1</sup>, Naín Peralta Antonio<sup>1</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>1</sup> y Carlos A. Tinoco Alfaro<sup>2</sup>*

---

### Resumen

Uno de los principales problemas que se presentan en el cultivo de piña en México es que alrededor del 25% de las plantas de las 20,000 hectáreas establecidas anualmente, florecen de manera natural. Esto provoca una sobreproducción de fruta, desde la segunda quincena de mayo hasta julio y escasez en septiembre y octubre. El objetivo fue reducir floraciones naturales en el híbrido de piña 'MD-2', mediante poda de hojas, uso de malla sombra y la aplicación del regulador de crecimiento vegetal Fruitone CPA, a fin de obtener fruta fuera de temporada. El experimento se plantó en julio de 2019 y la aplicación de los tratamientos fue en los primeros días de noviembre del mismo año. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones; se evaluaron tratamientos de poda de hojas, malla sombra y el regulador de crecimiento Fruitone CPA 8%. Se midieron el peso de planta, hoja y tallo a principios de noviembre, porcentaje de plantas florecidas, no florecidas y fecha de cosecha. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.01$ ), concluyendo que se redujo en más del 90% la floración natural de piña 'MD-2' con la práctica de la poda de hojas al 30% en combinación con la aplicación del Fruitone CPA en dosis de 66 mg/L en una sola aplicación, se evitó tener fruta en época de sobre oferta y se logró inducir la floración, en marzo en las plantas no florecidas naturalmente; usando este proceso de inducción floral, se logró producir fruta de piña fuera de temporada, en septiembre de 2020. La cubierta del cultivo con malla sombra logró resultados poco satisfactorios en la reducción significativa de la floración natural.

---

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla-Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*Autor por correspondencia: rebolledo.andres@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>Sitio Experimental Papaloapan- Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.



**Palabras clave:** *Ananas comosus*, reguladores de crecimiento

## Introducción

Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Nayarit, aportan el 72, 6.5, 5.2 y 7.7% de la producción de piña en México, respectivamente, equivalente a 808,000 t por año, de las cuales el 75% se consume en fresco, el 5% se exporta en fresco y el resto es procesado por la industria (SIAP, 2020; Hydro Environment, 2017).

La piña es de los pocos cultivos que responden al tratamiento de inducción de la floración lo que permite la programación de la cosecha a lo largo del tiempo (Rebolledo *et al.*, 1997a; Bartholomew *et al.*, 2003) sin embargo, la floración natural es uno de los principales problemas que enfrentan los productores piñeros de México; esta floración natural, también denominada precoz en otros lugares, ocurre en las plantas que no han alcanzado el peso mínimo de 2.5 kg y por ello producen frutos sin calidad comercial. Se presenta cuando existen temperaturas bajas, que ocurren durante el invierno, en donde la temperatura mínima promedio es de 17.5°C, de noviembre a febrero, y cuando el fotoperiodo es corto; por la ubicación geográfica donde se cultiva la mayor parte de la piña en México, se presenta una diferencia de 2 h con 10 min entre la máxima duración del día en junio (13:13 h) y la mínima en diciembre (11:03 h). Estas condiciones provocan que exista alrededor de un 25% de plantas florecidas de manera natural, lo cual es indeseable, debido principalmente, a que, alrededor del 25% de la producción se concentra en prácticamente dos meses del año (junio y julio), lo que ocasiona una sobreproducción y desplome de precios de venta en el mercado nacional; en contraste, esto ocasiona una baja producción de la fruta en septiembre y octubre, donde se logran los mejores precios; asimismo, se alteran los programas de manejo de la plantación y la planificación de la cosecha, lo cual afecta los compromisos de venta, sobre todo para el mercado de exportación (Rebolledo *et al.*, 1998a; Rebolledo *et al.*, 2016; Uriza-Ávila *et al.*, 2018).

En México, ubicado en el hemisferio norte, la diferenciación natural de la piña ocurre en promedio entre la última semana de noviembre y la segunda de febrero (Uriza *et al.*, 1994), con porcentajes muy variables y altamente relacionados con el peso y edad de los vástagos al momento de la plantación, la fecha de establecimiento y la ocurrencia de bajas temperaturas



(Reyes, 1992). En Australia, el problema se agudiza debido a que sus regiones productoras se localizan entre los 25° y 28° de latitud sur, es decir casi 10° más que en México, por lo que las floraciones naturales pueden representar entre el 50 y 60% (Scott, 1992).

Para intentar reducir este problema al mínimo, se ha evaluado el efecto de diferentes inhibidores que bloquean la cadena de biosíntesis del etileno y en consecuencia la floración (Sanford y Bartholomew, 1981; IRFA, 1981; Scott, 1992). Las evidencias muestran que el nitrato de plata, en concentraciones que van de 30 a 180 mg/L, divididos en seis aplicaciones a intervalos de 15 días e iniciando dos meses antes de la diferenciación floral, reduce o retarda la floración; lo mismo hace el tiosulfato de plata, que aunque es más económico, tiene efecto fitotóxicos en el cultivo (IRFA, 1987); sin embargo, en México, en 'Cayena Lisa', con el nitrato de plata sólo se obtuvo el 47% de inhibición floral, mientras que el ácido giberélico y el bromacil no tuvieron ningún efecto inhibitor (Rebolledo *et al.*, 1998b).

En otro trabajo (Scott, 1992), se evaluaron al Fruitone CPA (ácido 2-3 clorofenoxi propiónico), el cual se usa también como retardante de la maduración e incremento del peso de la fruta de piña (Rebolledo *et al.*, 2002a) y al paclobutrazol en varias dosis, en donde los mejores tratamientos de ambos productos presentaron sólo un 8.2 y 28% de floración natural, respectivamente, mientras que los testigos, sin aplicación, alcanzaron entre un 48 y 55% de floración. Concluye que Fruitone CPA a razón de 50 mg/L utilizando 3,000 L de agua por hectárea y aplicado a mediados de marzo, para las condiciones de Queensland, Australia, fue el tratamiento más efectivo.

En México, con el cultivar Cayena Lisa, con 100 mg/L de ingrediente activo de Fruitone CPA dividido en tres aplicaciones cada 15 días, la floración ha sido inhibida hasta un 90%, sin provocar quemaduras en las plantas, con respuestas más favorables en densidades de plantación mayores, plantas más jóvenes y mejor nutridas (Rebolledo *et al.*, 1997c; Rebolledo *et al.*, 2000). Chin-Ho *et al.* (2005) evaluaron dosis de aviglicine (AVG) como inhibidor de la biosíntesis de etileno y encontraron que con 500 mg/L se redujo la floración natural del 95% al 51.3%. Este compuesto también fue evaluado por Castro y Loría (2017) en Costa Rica en alto y en bajo volumen para reducir la floración natural de 'MD-2' durante el periodo de mayor susceptibilidad, encontrando que plantas de 1.7 a 1.87 kg tratadas con alto volumen de solución a concentraciones de 25, 50 y 100 ppm presentan una reducción de la tasa de floración natural de 6.3, 6.9 y 43.7%, respectivamente, identificando también que la





dosificación por hectárea es el factor que define su eficacia. Bajo las condiciones de este estudio no se observó que el fenómeno de floración natural de la inflorescencia se relacionó con la exposición de la plantación por un tiempo mayor a 50 minutos diarios en condiciones de temperatura inferior a 20°C, asociados a un diferencial diario menor a 4 °C. La aplicación de AVG en altas concentraciones inicia una reacción clorótica temporal en las plantas, misma que termina al concluir los ciclos de aplicaciones. Asimismo, la AVG no mostró un efecto negativo en la sensibilidad de 'MD-2' a la inducción artificial de la floración mediante aplicación foliar de gas etileno.

En Australia se ha trabajado con ingeniería genética para producir plantas de piña que no florezcan de manera natural. Han clonado el gen de la ACC sintetasa proveniente de la piña, expresada en meristemas y activadas bajo las condiciones ambientales que inducen la floración natural (ACACS1). Las construcciones genéticas han estado produciendo contenidos de ACACS1 en sentido y orientación para inducir los silenciadores del gen por mecanismos de cosupresión. Las plantas transgénicas se han producido y conducido en trabajos de campo durante cuatro años para estudiar las características de las líneas transgénicas. Se han identificado un número de líneas transgénicas con comportamientos promisorios que parecen tener inhibición natural de la floración (Trusov *et al.*, 2006).

Otra variante para evitar la floración natural es acortar el ciclo de cultivo a solamente un año y producir fruta de piña en la época de escasez, sin la aplicación de algún regulador del crecimiento vegetal. La técnica consiste en conjugar varios componentes tecnológicos con la máxima precisión posible (Rebolledo *et al.*, 1998a); se deben de plantar vástagos de 500 g en septiembre y octubre en el sistema de acolchado plástico al suelo (Rebolledo *et al.* 1997c); si la plantación es en noviembre, el peso del hijuelo deberá incrementarse a 700 g. La densidad de plantación puede ser de 30,000 a 45,000 plantas/ha. La fertilización es líquida y su aporte es con el uso del sistema de riego por goteo; la aplicación de nutrimentos es semanal y la cantidad es la misma que recomiendan Rebolledo *et al.* (1998a) de 15-8-15-4 g de N-P-K-Mg por planta por ciclo, dividida durante nueve meses, desde la plantación hasta la floración. Bajo este manejo estricto e intensivo, la planta de piña está lista para aplicarle el tratamiento de inducción floral a los seis o siete meses de edad, desde mediados de marzo hasta principios de mayo. La poda o rasurado de las hojas de la planta de piña es una práctica no estudiada y puede tener potencial para evadir la floración natural ya que la planta al ser rasurada,



inicialmente se debilita, pero después se desarrolla con menos estrés ya que el ritmo fisiológico se reduce (Uriza-Ávila *et al.*, 2018). Esta práctica es poco común y los resultados de su uso son variables por lo que se requiere investigar este factor de interacción con otras prácticas del cultivo.

A partir de toda la información obtenida y los trabajos realizados en varias partes del mundo, se puede decir que la floración natural sigue siendo uno de los principales problemas del cultivo de la piña, y que puede ocurrir incluso en plantaciones cuidadosamente planificadas y gestionadas para evitar esta incidencia (Cunha, 2005).

Gran parte de los trabajos realizados en este tópico, se han tomado como base al cultivar Cayena Lisa, mayormente cultivado en el mundo; sin embargo, el híbrido MD-2, presenta diferencias marcadas con respecto a 'Cayena Lisa' (Rebolledo 2002a; Rebolledo *et al.*, 2002b y Rebolledo *et al.*, 2006). Este híbrido es importante en México porque la superficie cultivada en México está incrementándose significativamente además de ser el único genotipo que tiene nuestro país para competir en el mercado internacional de fruta fresca. En razón de lo anterior, se estableció un trabajo de investigación con el objetivo de evitar o reducir floraciones naturales en piña 'MD-2' con podas, malla sombra y la aplicación del regulador de crecimiento vegetal Fruitone CPA, a fin de obtener fruta fuera de temporada con el propósito de que el productor logre mejores precios de comercialización y rentabilidad del cultivo.

## **Materiales y Métodos**

El experimento fue llevado al cabo en la Cuenca Baja del Papaloapan, donde se cultiva el 80% de la piña del país, en el municipio de Isla, Veracruz, en la finca de un productor cooperante denominada "Las Maravillas", ubicada a 18° 06' N y 95° 34' W, a 50 m de altitud. El clima de la región es  $A_{w0}$ , clasificado como el más seco de los sub-húmedos (García, 1988) con temperatura media anual de 24 °C; el periodo más frío es de diciembre a febrero con un promedio de 19 °C y el más caliente de abril a junio con un promedio de temperaturas máximas de 37 °C. El suelo es cambisol dystrico, de textura predominante migajón-arenosa, pobres en materia orgánica y nutrimentos, el pH varía de 4 a 4.5, con 3.5 como valor extremo y 0.06 dS  $m^{-1}$  de conductividad eléctrica.



El material genético de piña utilizado fue el híbrido “MD-2”, uno de los dos más importantes que se cultivan a nivel nacional y el mayormente aceptado por el mercado para la exportación en fresco; la preparación del terreno se inició en junio con el paso de dos rastreos y un subsoleo; la segunda quincena de julio se hicieron las camas de plantación con una distancia de centro a centro de 1.1 metros. La plantación se realizó la última semana de julio de 2019 y se utilizó el material propagativo denominado “clavo” de 800 g, mismos que se pesaron individualmente para su selección. La densidad de plantación fue de 50,000 plantas por hectárea.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones, en donde se evaluaron 12 tratamientos de poda de hojas, malla sombra al 50% y el regulador de crecimiento Fruitone CPA 8%. La poda de hojas se realizó con machete haciendo un corte transversal de la planta al 30% o 95% (prácticamente al ras del cogollo) de las hojas, de acuerdo con el tratamiento. La unidad experimental fue de dos camas de 5 m de largo. En los tratamientos con malla sombra, la unidad experimental fue cubierta con malla negra al 50%, colocando un tendido sobre las plantas de piña; el Fruitone CPA y fertilizantes fueron aplicados con bombas aspersoras de mochila en aspersion total con 60 mL de la solución por planta, espaciadas cada 15 días en concentraciones de acuerdo con el tratamiento.

Los tratamientos fueron los siguientes: 1) 66 mg/L de Fruitone CPA, en dos aplicaciones iguales y poda de hojas al 30%; 2) 66 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación con malla sombra; 3) 66 mg/L de Fruitone CPA en dos aplicaciones iguales, poda de hojas al 30% y malla sombra; 4) Testigo; 5) Malla sombra; 6) Poda de hojas al 30%; 7) Poda de hojas al 95%; 8) Urea al 3% + Nitrato de calcio al 3% + aminoácidos, en tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 9) 35 mg/L de Fruitone CPA, tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 10) 35 mg/L de Fruitone CPA + aminoácidos en tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 11) 35 mg/L de Fruitone CPA + Urea 3% + Nitrato de calcio 3% + aminoácidos en tres aplicaciones; 12) 35 mg/L de Fruitone CPA en tres aplicaciones. Los tratamientos fueron iniciados en los primeros días de noviembre de 2019. A finales de marzo de 2020, las plantas que no florecieron de manera natural, fueron inducidas a la floración con la aplicación del gas etileno (2 kg/ha), con el uso de un aspersor de alto volumen. Se midieron las variables: peso de planta, número de hojas por planta y peso de tallo a inicio de noviembre, 106 días después de la plantación, de acuerdo con la



metodología de Sanford, (1961) y Rebolledo-Martínez (2002), porcentaje de floración natural, porcentaje de plantas no florecidas en marzo de 2020 y fecha de cosecha.

## Resultados y Discusión

El peso de la planta al inicio de la aplicación de cada tratamiento se presenta en el Cuadro 1 y fue estadísticamente igual en todos los tratamientos en donde se promedió 1.98 kg; el peso de las hojas representó el 81% del total de la planta mientras que el tallo representó 19%. Estas fueron las condiciones que presentó la planta por lo que los resultados obtenidos en la reducción de la floración son referidos bajo esta consideración.

**Cuadro 1. Peso de órganos de la planta de piña MD-2, con el manejo de podas, malla sombra y aplicaciones de Fruitone CPA, fertilizantes nitrogenados y aminoácidos para la reducir la floración natural.**

Tratamiento <sup>x</sup>	Peso de planta (kg)	Peso de hoja (kg)	Peso de tallo (kg)
1	2.3 a	1.90 a	0.29 a
2	1.8 a	1.46 a	0.26 a
3	1.8 a	1.45 a	0.29 a
4	1.9 a	1.54 a	0.31 a
5	2.1 a	1.58 a	0.29 a
6	1.8 a	1.43 a	0.26 a
7	2.1 a	1.66 a	0.28 a
8	2.1 a	1.58 a	0.26 a
9	2.1 a	1.61 a	0.30 a
10	1.8 a	1.46 a	0.25 a
11	1.8 a	1.41 a	0.26 a
12	1.7 a	1.40 a	0.25 a
Media	1.98	1.70	0.28

<sup>x</sup>Tratamientos: 1) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones y poda de hojas al 30%; 2) 66 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación con malla sombra; 3) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones, poda de hojas al 30% y malla sombra; 4) Testigo; 5) Malla sombra; 6) Poda de hojas al 30%; 7) Poda de hojas al 95%; 8) Urea + Nitrato de calcio + aminoácidos, en tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 9) 35 mg/L de Fruitone CPA, en tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 10) 35 mg/L de Fruitone CPA + aminoácidos, en tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 11) 35 mg/L de Fruitone CPA + Urea + Nitrato de calcio + aminoácidos, en tres aplicaciones; 12) 35 mg/L de Fruitone CPA en tres aplicaciones. Letras iguales representan diferencia estadística no significativa.



Estadísticamente ( $p < 0.01$ ) los resultados sobresalientes fueron alcanzados con los tratamientos: 1) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones y poda de hojas al 30%; 2) 66 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación con malla sombra; 3) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones, poda de hojas al 30% y malla sombra y; 8) Urea + Nitrato de calcio + aminoácidos, tres aplicaciones y poda de hojas al 30% (Figura 1). Se observó que el tratamiento 1, (con poda y dos aplicaciones de Fruitone) tuvo casi el 100% de reducción de la floración; el Tratamiento 2, también logró buenos resultados, con una sola aplicación de Fruitone, a diferencia del Tratamiento 1, pero con malla sombra, misma que no mostró resultados alentadores como se observa en la Figura 1.

Por otra parte, Fruitone CPA a dosis de 35 mg/L, dividida en tres aplicaciones iguales, no tuvo algún efecto en la reducción de la floración, lo cual confirma lo reportado por Rebolledo *et al*, (1997b), quienes encontraron que para Cayena Lisa el mejor tratamiento fue de 100 mg/L dividido en tres aplicaciones iguales.

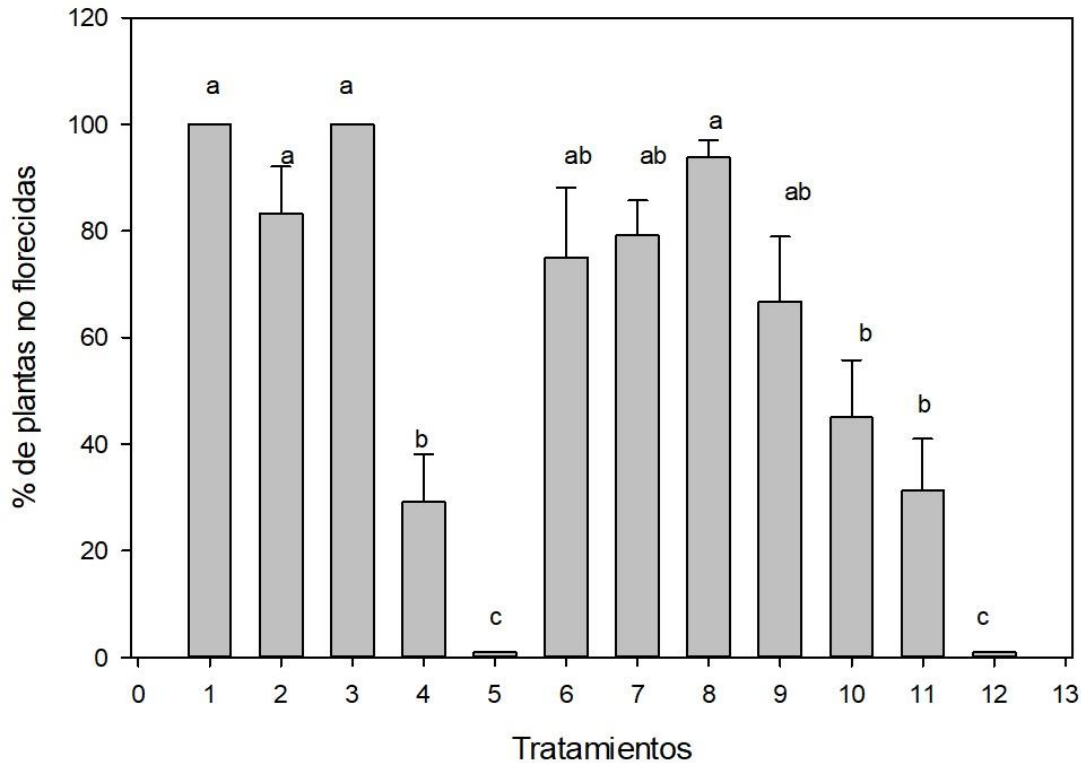
Se pudo observar que el Tratamiento 5, con malla sombra no tuvo efecto sobre la reducción de la floración natural, además de presentar plantas con hojas más delgadas, alargadas y con una coloración verde intenso, provocado probablemente por el efecto de sombra que disminuyó la radiación solar en la época del año de menor intensidad lumínica que ocurre desde noviembre hasta febrero. La poda de hojas al 30% y 95% tuvieron un efecto aceptable, sin embargo, cuando se combina con la aplicación de Fruitone CPA, la inhibición floral se reduce aún más. También, la poda del 95% de las hojas tiene un efecto positivo significativo, sin embargo, la planta atrasa ligeramente su crecimiento (Figura 1).

El efecto de las podas se puede considerar una práctica eficiente para evitar floraciones naturales, lo cual se explica en función de que la planta reactiva su crecimiento al tener mejores condiciones de luz, lo cual, combinado con una buena nutrición, las funciones metabólicas mejoran y no se presentan síntomas de estrés. En estas condiciones, la planta continúa con su crecimiento meristemático vegetativo, sin presentar cambios, lo cual se refuerza con una dosis baja de Fruitone CPA, el cual ayuda a inhibir la síntesis de etileno como lo encontraron Rebolledo *et al*, (1997b) y Scott (1992).

Las plantas que no florecieron fueron inducidas a finales de marzo de 2020, cuando presentaron el peso aproximado de 2.7 kg; la cosecha fue programada y cosechada para los últimos días de agosto y primera semana de septiembre de 2020 (395 a 402 días después de



la plantación). No hubo diferencia en la fecha de cosecha entre los tratamientos, es decir, todos fueron cosechados en la misma fecha. Finalmente se logró obtener fruta en época de escasez o fuera de temporada.



**Figura 1. Porcentaje de plantas no florecidas en piña MD-2 con poda de hojas y malla sombra: tratamientos: 1) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones y poda de hojas al 30%; 2) 66 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación con malla sombra; 3) 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones, poda de hojas al 30% y malla sombra; 4) Testigo; 5) Malla sombra; 6) Poda de hojas al 30%; 7) Poda de hojas al 95%; 8) Urea + Nitrato de calcio + aminoácidos, tres aplicaciones, y poda de hojas al 30%; 9) 35 mg/L de Fruitone CPA, tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 10) 35 mg/L de Fruitone CPA + aminoácidos, tres aplicaciones y poda de hojas al 30%; 11) 35 mg/L de Fruitone CPA + Urea + Nitrato de calcio + aminoácidos, tres aplicaciones; 12) 35 mg/L de Fruitone CPA, tres aplicaciones. Barras,  $\pm$  error estándar. Letras diferentes representan diferencia estadística significativa (Tukey, 0.05).**

### **Conclusiones**

Se redujo en más del 90% la floración natural de piña MD-2 con la práctica de la poda de hojas al 30% en combinación con la aplicación del Fruitone CPA en dosis de 66 mg/L en una sola aplicación, con lo que se evitó tener fruta en época de sobre oferta y se logró tener plantas



listas para ser inducidas a la floración en marzo; de esta manera, se logró obtener fruta fuera de temporada, en septiembre. La cobertura con malla sombra no presentó resultados favorables en la reducción de floraciones naturales.

### Literatura Citada

- Bartholomew, D., P., E. Paul R. and G. Rohrbach K. 2003. The pineapple botany, production and uses. CABI Publishing. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, HW, USA. 320 p.
- Castro, J., Z. y D. G. Loría V. 2017. Eficacia de aviglicina en la reducción de la floración natural en piña en Costa Rica. *Acta Hortic.* 1239:15-26.
- Chin-ho, L., K. Chin-san, L. Mei-Li, H. Hsin-Tszu, H. Yu-Mei, Y. Chin-Wen, *et al.* 2007. Delaying natural flowering in pineapple through foliar application of aviglycine, an inhibitor of ethylene biosynthesis. *HortScience* 42(5):1188–1191.
- Cunha, G. A. and da Pinto. 2005. Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia* 64(4):499-516.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4<sup>a</sup> ed. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. México. 217 p.
- Hydro Environment 2017. Producción de piña en México. Obtenido de <https://hidroponia.mx/produccion-de-pina-en-mexico/>. [consultado en agosto de 2021].
- IRFA (Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes). 1987. Les Recherches sur ananas. *FRUITS* 42(11):655-656.
- Rebolledo M. A., D. Uriza A., L. Rebolledo M., A. E. Becerril R., y L. M Ruiz P. 2002a. Fruitone CPA para retardar la maduración de la fruta en piña *Ananas comosus*, cv. Cayena Lisa cosechada en primavera. *Rev. Bras. Frutic.* 24(2):354-358.
- Rebolledo M. A., L. M. Ruiz P., A. E. Becerril R., R. Mosqueda V., A. Castillo M., L. Rebolledo M. *et al.* 2002b. Algunas características fisiológicas de tres cultivares de piña en dos sistemas de producción. *Rev Chapingo Ser Hortic.* 7(2):235-240.
- Rebolledo, M. A., A. E, Becerril R., L. Rebolledo M. y D. Uriza A. 2006. Rendimiento y calidad de tres cultivares de piña en densidades de plantación. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(1):55-62.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A y L. Rebolledo M. 1998b. Uso de nitrato de plata, bromacil, fruitone y GA3 para inhibir la floración en piña. XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco Guerrero. p 231.



- Rebolledo, M. A., D. Uriza A, and L. A. Aguirre G. 1997a. Ethephon as pineapple flowering induction in Mexico's weather conditions. *Acta Hort.* 425:339-346.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A, and L. A. Aguirre G. 1997b. Flowering inhibition in pineapple with different rates of CPA on two planting densities). *Acta Hort.* 425:347-354.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A. y L. Rebolledo M. 1998a. Tecnología para la producción de piña en México. INIFAP-CIRGOC Campo Experimental Papaloapan. Libro técnico Num. 20. Veracruz, México. 159 p.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A., L. Rebolledo M. y R. Zetina L. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. 324 p. 425:347– 354.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza. A., and L. Rebolledo M. 2000. Rates of fruitone CPA in different applications number during day versus night to flowering inhibition in pineapple. *Acta Hort.* 529:185–190.
- Rebolledo-Martínez, A. 2002. Relaciones hídricas, nutrimentales y desarrollo de tres cultivares de piña en densidades intensivas de plantación con y sin cubierta plástica. Tesis Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 209 p.
- Rebolledo-Martínez, A., D. Uriza-Ávila y L. Rebolledo-Martínez. 1997c. Used of plastic padded for the pineapple. *Plasticulture* 114:45-54.
- Reyes, M. J. 1992. Floración prematura en piña *Ananas comosus* (L) Merr. en dos tipos de material vegetativo en cinco fechas de plantación en Loma Bonita, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan Izcalli, México.
- Sanford, W. E. 1961. Relationship between planting density fruit weight and yield. *Pineapple Research Institute* 9:90-96.
- Sanford, W. G. and D. Bartholomew P. 1981. Effect of silver and cobalt ions on floral Induction of pineapple by ethephon. *Hortscience* 15 (3):442. Abstract.
- Scott, C. H. 1992. The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruiting in pineapple. *Acta Hort.* 334.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Cierre de la producción Agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=comwrapper&view=wrapper&Itemid=351>. [consultado en agosto de 2021].
- Trusov, Y. and J. Botella R. 2006. Silencing of the ACC synthase gene ACACS2 causes delayed flowering in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.] *J. Exp. Bot.* 57(14):3953–3960.





Uriza, A. D. E., A. Rebolledo M., D. Orona M., R. Zárate M., J. J. Reyes M. y R. Mosqueda. 1994. Manual de producción de piña para Veracruz y Oaxaca: Bajo Papaloapan. SARH.INIFAP-CEPAP. Veracruz, México. Pp. 65-66.

Uriza-Ávila, 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. México: UACH. 484 p.



## DOSIS DE FRUITONE CPA PARA EL CONTROL DE LA FLORACIÓN NATURAL DEL HÍBRIDO DE PIÑA MD-2

*Andrés Rebolledo Martínez<sup>1\*</sup>, María Enriqueta López Vázquez<sup>1</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>1</sup>, Gerardo Montiel Vicencio<sup>1</sup>, Naín Peralta Antonio<sup>1</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>1</sup> y Carlos A. Tinoco Alfaro<sup>2</sup>*

### Resumen

La latitud en la que se encuentra de la mayor zona productora de piña en México y las condiciones ambientales que prevalecen durante el invierno, provocan que la planta florezca de manera natural en alrededor del 25% de las plantaciones, lo que trae como consecuencia una sobreproducción de la fruta principalmente desde la segunda quincena de mayo hasta julio; como consecuencia, el precio disminuye significativamente y la programación de la cosecha no es eficiente. Con el fin de evitar la floración natural para reducir la época de sobreoferta de la fruta en los meses de junio y julio, principalmente, se estableció un experimento en el municipio de Isla, Veracruz, México, en donde se evaluaron diferentes dosis y número de aplicaciones del regulador de crecimiento vegetal Fruitone CPA (ácido 2-3 clorofenoxi propiónico, 8%). La aplicación de los tratamientos inició a finales de octubre de 2019 en plantas de piña del híbrido MD-2 de un peso de 2.02 kg, las cuales fueron plantadas en la segunda semana de julio del mismo año. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. La densidad de plantación fue de 50,000 plantas por hectárea establecidas en camas meloneras. Se midió el porcentaje de floración natural e inhibida, así como el porcentaje de plantas con daños provocados por el producto. En los análisis estadísticos se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p < 0.01$ ); donde los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de 130 mg/L de Fruitone CPA, dividida en cuatro aplicaciones iguales (95%); el tratamiento de 130 mg/L en una sola aplicación tuvo el mejor porcentaje (100%) de plantas que no florecieron, pero fue el que obtuvo 16% de plantas con quemaduras, lo cual no es deseable.

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla-Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*Autor por correspondencia: rebolledo.andres@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Sitio Experimental Papaloapan- Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.



**Palabras clave:** *Ananas comosus*, inhibición de floración

## Introducción

Los principales estados productores en México, son Veracruz, el cual ocupa el primer lugar en producción con una aportación de 72% del volumen nacional, seguido de Oaxaca con un 6.5%, Tabasco con un 5.2 % y Nayarit con 7.7%. Estos cuatro estados concentran el 91.4% de la producción que se obtiene en todo el país, lo que equivale a 808 mil toneladas anuales, de las cuales el 75% se consume en fresco, el 5% se exporta y el resto es procesado por la industria (SIAP, 2020; Hydro Environment, 2017).

La floración natural en el cultivo de la piña es uno de los principales problemas que enfrentan los productores piñeros de México. Esta floración, también denominada precoz en otros lugares, ocurre en las plantas que no han alcanzado el peso mínimo de 2.5 kg, producen frutos sin calidad comercial (Sanford, 1961). Aunque la piña responde a la floración mediante tratamiento de inducción floral, lo que permite programar la cosecha (Rebolledo *et al.*, 1997a; Bartholomew, *et al.*, 2003), el fenómeno de floración natural se observa cuando existen temperaturas bajas, lo cual ocurre durante el invierno, en donde la temperatura mínima promedio es de 17.5 °C, de noviembre a febrero, y cuando el fotoperiodo es corto; por la ubicación geográfica donde se cultiva la mayor parte de la piña en México, se presenta una diferencia de 2 h con 10 min entre la máxima duración del día en junio (13:13 h) y la mínima en diciembre (11:03 h). Estas condiciones provocan que exista alrededor de un 25% de plantas florecidas de manera natural, lo cual es indeseable, debido principalmente, a que, alrededor del 25% de la producción se concentra en prácticamente dos meses del año (junio y julio), lo que ocasiona una sobreproducción y disminución de precios de venta en el mercado nacional en más del 50%; asimismo, se alteran los programas de manejo de la plantación y la planificación de la cosecha, lo cual modifica y ajusta los compromisos de comercialización, principalmente para fruta de exportación (Rebolledo *et al.*, 2016; Uriza-Ávila *et al.*, 2018).

En México, ubicado en el hemisferio norte, la diferenciación natural de la piña ocurre en promedio entre la última semana de noviembre y la segunda de febrero (Uriza *et al.*, 1994), con porcentajes muy variables y altamente relacionados con el peso y edad de los vástagos al



momento de la plantación, la fecha de establecimiento y la ocurrencia de bajas temperaturas (Reyes, 1992). En Australia, el problema se agudiza debido a que sus regiones productoras se localizan entre los 25° y 28° de latitud sur, es decir casi 10° más que en México, por lo que las floraciones naturales pueden representar entre el 50 y 60% (Scott, 1992).

Para lograr reducir este problema al mínimo, se han realizado diferentes evaluaciones, como acortar el ciclo de cultivo a solamente un año y producir fruta de piña en la época de escasez, sin la aplicación de algún regulador del crecimiento vegetal. La técnica consiste en conjugar varios componentes tecnológicos con la máxima precisión posible (Rebolledo *et al.*, 1998b); se deben de plantar vástagos de 500 g en septiembre y octubre en el sistema de acolchado plástico al suelo (Rebolledo *et al.*, 1997c); si la plantación es en noviembre, el peso del hijuelo deberá incrementarse a 700 g. La densidad de plantación puede ser de 30,000 a 45,000 plantas/ha. La fertilización es líquida y su aporte es con el uso del sistema de riego por goteo; la aplicación de nutrimentos es semanal y la cantidad es la misma que recomiendan Rebolledo *et al.* (2016) de 15-8-15-4 g de N-P-K-Mg por planta por ciclo, dividida durante nueve meses, desde la plantación hasta la floración. Bajo este manejo estricto e intensivo, la planta de piña está lista para aplicarle el tratamiento de inducción floral a los seis o siete meses de edad, desde mediados de marzo hasta principios de mayo.

La poda o rasurado de las hojas de piña es una práctica no evaluada ampliamente y puede tener potencial para evadir la floración natural ya que la planta al ser rasurada, inicialmente se debilita, pero después se desarrolla con menos estrés ya que se reduce el ritmo fisiológico (Uriza-Ávila *et al.*, 2018). Esta práctica es poco común y los resultados de su uso son variables. Asimismo, se han evaluado el efecto de diferentes inhibidores que bloquean la cadena de biosíntesis del etileno y en consecuencia la floración (Sanford y Bartholomew, 1981; IRFA, 1981; Scott, 1992). Las evidencias muestran que el nitrato de plata, en concentraciones que oscilan de 30 a 180 mg/L de agua, divididos en seis aplicaciones a intervalos de 15 días e iniciando dos meses antes de la diferenciación floral, reduce o retarda la floración; el mismo efecto se puede obtener del tiosulfato de plata, pero, aunque es más económico, tiene efectos fitotóxicos en el cultivo (IRFA, 1987). Por otra parte, en México, al evaluar inhibidores de crecimiento en 'Cayena Lisa', el nitrato de plata solo generó el 47% de la inhibición floral, mientras que el ácido giberélico y el bromacil no produjeron ningún efecto inhibitor (Rebolledo *et al.*, 1998a).



En otro trabajo (Scott, 1992), se evaluaron Fruitone CPA (ácido 2-3 clorofenoxi propiónico), producto también utilizado para incrementar el tamaño de la fruta de piña y retardar su maduración (Rebolledo, *et al.*, (2002a) , y paclobutrazol en varias dosis, en donde los mejores tratamientos de ambos productos presentaron sólo un 8.2% y un 28% de floración natural, respectivamente, mientras que los testigos sin aplicación alcanzaron entre un 48% y un 55% de floración; concluyendo que Fruitone CPA a razón de 50 mg/L utilizando 3,000 L de agua/ha y aplicado a mediados de marzo, para las condiciones de Queensland, Australia, fue el tratamiento más efectivo. En México, con el cultivar Cayena Lisa, con 100 mg/L de ingrediente activo de Fruitone CPA dividido en tres aplicaciones cada 15 días, la floración ha sido inhibida hasta un 90%, sin provocar quemaduras en las plantas, con respuestas más favorables en densidades de plantación mayores, plantas más jóvenes y mejor nutridas (Rebolledo *et al.*, 1997a; Rebolledo *et al.*, 2000).

Chin-Ho *et al.* (2007) evaluaron dosis de aviglicina (AVG) como inhibidor de la biosíntesis de etileno y encontraron que con 500 mg/L se redujo la floración natural del 95% al 51.3%. Este compuesto también fue evaluado por Castro y Loría (2017) en Costa Rica en alto y en bajo volumen para reducir la floración natural de 'MD-2' durante el periodo de mayor susceptibilidad, encontrando que plantas de 1.7 a 1.87 kg tratadas con alto volumen de solución a concentraciones de 25, 50 y 100 ppm presentan una reducción de la tasa de floración natural de 6.3, 6.9 y 43.7%, respectivamente, identificando también que la dosificación por hectárea es el factor que define su eficacia. Bajo las condiciones de este estudio no se observó que el fenómeno de floración natural de la inflorescencia se relacionó con la exposición de la plantación por un tiempo mayor a 50 minutos diarios en condiciones de temperatura inferior a 20°C, asociados a un diferencial diario menor a 4 °C. La aplicación de AVG en altas concentraciones inicia una reacción clorótica temporal en las plantas, misma que termina al concluir los ciclos de aplicaciones. Asimismo, la AVG no mostró un efecto negativo en la sensibilidad de 'MD-2' a la inducción artificial de la floración mediante aplicación foliar de gas etileno.

En Australia se ha trabajado con ingeniería genética para producir plantas de piña que no florezcan de manera natural. Han clonado el gen de la ACC sintetasa proveniente de la piña, expresada en meristemas y activadas bajo las condiciones ambientales que inducen la floración natural (ACACS1). Las construcciones genéticas han estado produciendo contenidos



de ACACS1 en sentido y orientación para inducir los silenciadores del gen por mecanismos de cosupresión. Las plantas transgénicas se han producido y conducido en trabajos de campo durante cuatro años para estudiar las características de las líneas transgénicas. Se han identificado un número de líneas transgénicas con comportamientos promisorios que parecen tener inhibición natural de la floración (Trusov y Botella., 2006).

Con base en la información obtenida sobre la investigación realizada en varias partes del mundo, se puede decir que la floración natural sigue siendo uno de los principales problemas del cultivo de la piña, y que puede ocurrir incluso en plantaciones cuidadosamente planificadas y gestionadas para evitar esta incidencia (Cunha, 2005).

La mayoría de los trabajos en este tema han sido realizados con el cultivar Cayena Lisa y poco se ha trabajado con el híbrido de piña MD-2, el cual presenta diferencias muy notorias con respecto a 'Cayena Lisa' (Rebolledo, 2002; Rebolledo *et al.*, 2002b y Rebolledo *et al.*, 2006); la superficie cultivada con este híbrido está aumentando en el mercado nacional y es la única opción que tiene México para la exportación de fruta de piña fresca. En tal razón, se estableció un trabajo con el objetivo de evitar la floración natural de piña MD-2 para reducir la época de sobreoferta de la fruta.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se estableció en la Cuenca Baja del Papaloapan en el municipio de Isla, Veracruz, en el rancho Las Maravillas ubicado a 18° 06' 06 N y 95° 34' 06.9"W, a 50 m de altitud; el clima es Awo, clasificado como el más seco de los sub-húmedos (García, 1988) con temperatura media anual de 24 °C; el periodo más frío es de diciembre a febrero con un promedio de 19 °C y el más caliente de abril a junio con un promedio de temperaturas máximas de 37 °C. El suelo es cambisol dystrico, de textura predominante migajón-arenosa, pobres en materia orgánica y nutrimentos, el pH varía de 4 a 4.5, con 3.5 como valor extremo y 0.06 dS/m de conductividad eléctrica.

El experimento se estableció con el híbrido de piña MD-2, en camas meloneras de 1.1 metros de ancho, a una densidad de 50,000 plantas/ha; se realizó la plantación la segunda semana de julio de 2019 con material vegetativo de tipo clavo de 0.8 kg en promedio. El diseño



experimental fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de dos camas completas de 5 m de longitud. Se evaluó el producto Fruitone CPA (ácido 2-3 clorofenoxi propiónico, 8%), en diferentes dosis y número de aplicaciones con los tratamientos siguientes: 1). 100 mg/L en tres aplicaciones iguales; 2). 100 mg/L, cuatro aplicaciones iguales; 3). 66 mg/L dos aplicaciones iguales; 4). 130 mg/L, en cuatro aplicaciones iguales; 5). 100 mg/L, en cuatro aplicaciones sin boquilla; 6). 100 mg/L, en una aplicación; 7). 130 mg/L, una aplicación, 8). 66 mg/L, una aplicación; 9). testigo sin aplicación. Los tratamientos se iniciaron a finales de octubre, cuando las plantas presentaron en promedio de peso de 2.02 kg. Las aplicaciones fueron espaciadas cada quince días de acuerdo con los tratamientos planteados; cada planta recibió 50 mL de la solución con bombas manuales en aspersion a toda la planta, con boquillas de abanico a excepción del tratamiento cinco, en donde la aplicación se hizo sin boquilla, a chorro al centro de la planta. Se midieron las siguientes variables: a) porcentaje de floración natural, b) porcentaje de plantas no florecidas o inhibidas y c) porcentaje de plantas con quemaduras en las hojas y tallos, en marzo de 2020.

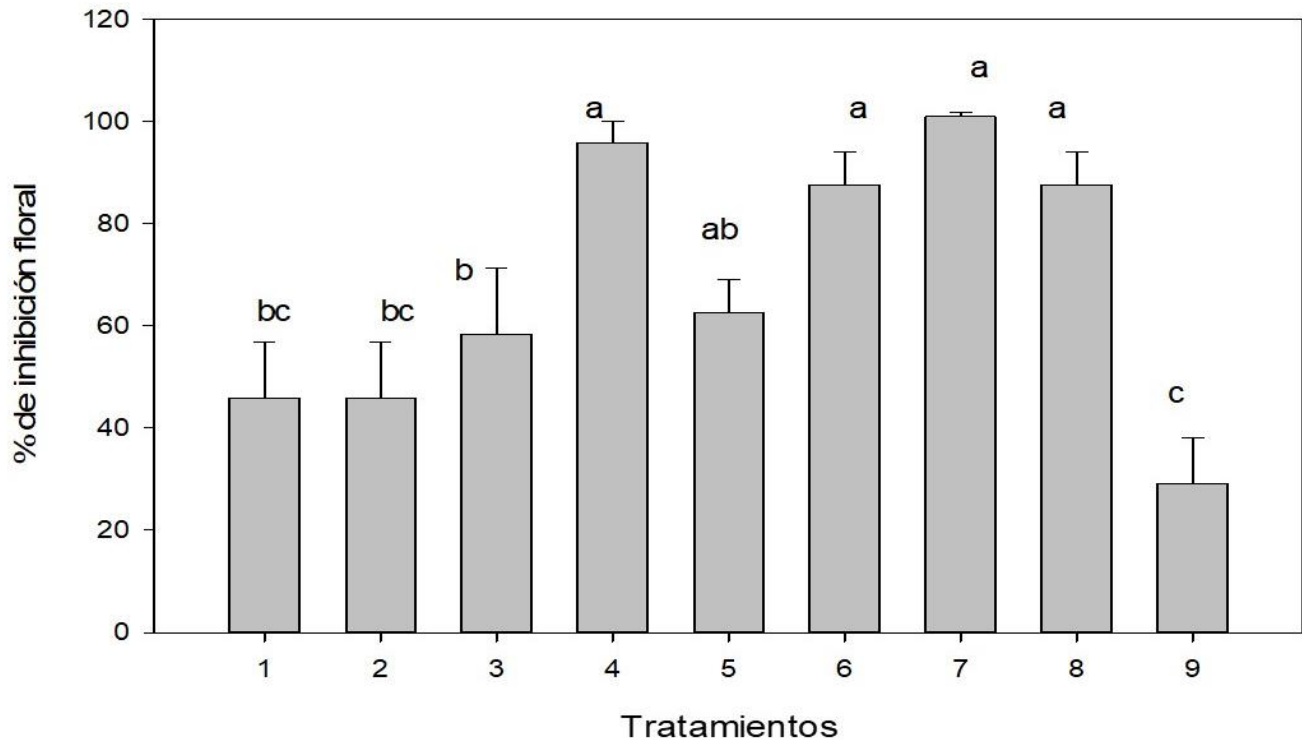
## Resultados y Discusión

Con base a los análisis estadísticos, en la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos que muestran diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los tratamientos evaluados. Se observa que, en el Testigo, el porcentaje de plantas inhibidas fue el más bajo en comparación con el resto de los tratamientos ya que solamente el 25% de las plantas no tuvieron floración natural y, por el contrario, el 75% florecieron, lo cual no es deseable en las plantaciones comerciales. En contraste, los tratamientos que tuvieron mejor comportamiento fueron: 130 mg/L, cuatro aplicaciones (95%); 100 mg/L una aplicación y 66 mg/L, una aplicación con porcentajes de inhibición floral, cercanos al 85%, es decir, hubo un efecto del regulador de crecimiento, lo cual refiere su capacidad como inhibidor de la síntesis de etileno sin provocar cambios en el meristemo apical de la planta, como lo indican Sanford y Bartholomew, 1981; IRFA, 1981 y Scott, 1992.

Se observa también que el tratamiento con 130 mg/L de Fruitone CPA en una aplicación, presentó el porcentaje de inhibición floral más alto (Figura 1), sin embargo, fue el único



tratamiento que tuvo plantas dañadas con quemaduras ligeras en hojas y tallo (16%) (Cuadro 1); es decir, la planta no toleró dosis altas de este regulador; sin embargo a esa misma dosis pero con aplicaciones fraccionadas la planta no redujo su ritmo de crecimiento, como lo encontrado por Rebolledo *et al.* (1997b) y Rebolledo *et al.* (2000b) para el cultivar Cayena Lisa.



**Figura 1. Porcentaje de inhibición floral de piña MD-2 en diferentes tratamientos con Fruitone CPA en plantas de 2.02 kg: 1). 100 mg/L en tres aplicaciones; 2). 100 mg/L, cuatro aplicaciones; 3). 66 mg/L, dos aplicaciones; 4). 130 mg/L, cuatro aplicaciones; 5). 100 mg/L cuatro aplicaciones sin boquilla; 6). 100 mg/L una aplicación; 7). 130 mg/L una aplicación, 8). 66 mg/L una aplicación; 9). Testigo, sin aplicación.**

Estos resultados coinciden en gran parte con lo encontrado en otros trabajos donde se utilizó el cultivar Cayena Lisa ya que con la dosis de 100 mg/L con tres aplicaciones iguales es suficiente para este cultivar (Rebolledo *et al.*, 1997b) mientras que en este caso el híbrido MD-2 requiere una aplicación adicional de 30 mg/L para asegurar la inhibición completa; esto se confirma en la región piñera del Bajo Papaloapan, en donde plantaciones comerciales con 'MD-2' presentan mayor problema con floraciones naturales que en plantaciones con 'Cayena Lisa', lo que refiere que en 'MD-2' ocurre mayor síntesis etileno (Rebolledo *et al.*, 2016).





**Cuadro 1. Porcentaje de plantas con quemaduras de hojas, por efecto de la aplicación del Fruitone CPA como pñhibidor de la floración natural de piña MD-2.**

Tratamiento	% de plantas con quemaduras
1. 100 mg/Lde Fruitone CPA, tres aplicaciones	0
2. 100 mg/L de Fruitone CPA, cuatro aplicaciones	0
3. 66 mg/L de Fruitone CPA, dos aplicaciones	0
4. 130 mg/L de Fruitone CPA, cuatro aplicaciones	0
5. 100 mg/Lde Fruitone CPA, cuatro aplicaciones sin boquilla	0
6. 100 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación	0
7. 130 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación	16
8. 66 mg/L de Fruitone CPA, una aplicación	0
9. Testigo sin aplicación.	0

## Conclusiones

Los mejores tratamientos de Fruitone CPA 8% para reducir y controlar la floración natural en piña MD-2 y reducir la sobreoferta de la fruta, fueron las concentraciones de 130 mg/L con cuatro aplicaciones iguales y 100 mg/L en una aplicación, en plantas de 2.02 kg de peso al momento de iniciar la aplicación del regulador de crecimiento.

## Literatura Citada

- Bartholomew, D. P., E. Paul R., and G. Rohrbach K. 2003. The pineapple botany, production and uses. CABI Publishing. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, HW, USA. 320 p.
- Castro, J., Z. y D. G. Loría V. 2017. Eficacia de aviglicina en la reducción de la floración natural en piña en Costa Rica. Acta Hortic. 1239:15-26.
- Chin-Ho, L., K. Chin-san, L. Mei-Li, H. Hsin-Tszu, H. Yu-Mei, Y. Chin-Wen *et al.* 2007. Delaying natural flowering in pineapple through foliar application of aviglycine, an anhibitor of ethylene biosynthesis. HortScience 42(5):1188-1191.
- Cunha, G. A. P. da. 2005. Applied aspects of pineapple flowering. Bragantia 64(4):499-516



- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4<sup>a</sup> ed. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. México. 217 p.
- Hydro Environment. 2017. Producción de piña en México. Obtenido de <https://hidroponia.mx/produccion-de-pina-en-mexico/>. [consultado en agosto de 2021].
- IRFA (Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes). 1987. Les Recherches sur ananas. FRUITS 42(11):655-656.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A., L. Rebolledo M., A. E. Becerril R., y L. M Ruiz P. 2002a. Fruitone CPA para retardar la maduración de la fruta en piña Ananas comosus, cv. Cayena Lisa cosechada en primavera. Revista Brasileira de Fruticultura 24 (2):354-358.
- Rebolledo, M. A., A. E. Becerril R., L. Rebolledo M. y D. Uriza A. 2006. Rendimiento y calidad de tres cultivares de piña en densidades de plantación. Revista Fitotecnia Mexicana 29(1):55-62.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A, and L. A. Aguirre G. 1997a. Flowering inhibition in pineapple with different rates of CPA on two planting densities). Acta Hort. 425: 347-354.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A, and L. A. Aguirre G. 1997b. Ethephon as pineapple flowering induction in Mexico's weather conditions. Acta Hort. 425: 339-346.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A. y L. Rebolledo M. 1998a. Uso de nitrato de plata, bromacil, fruitone y GA3 para inhibir la floración en piña. XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco Guerrero. p 231.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A. y L. Rebolledo M. 1998b. Tecnología para la producción de piña en México. INIFAP-CIRGOC Campo Experimental Papaloapan. Libro técnico Num. 20. Veracruz, México. 159 p.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza, A., A. L. Del Angel, P. L. Rebolledo, M. y R. Zetina, L. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. 324 p. 425:347–354.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza. A., and L. Rebolledo M. 2000. Rates of fruitone CPA in different applications number during day versus night to flowering inhibition in pineapple. Acta Hort. 529:185–190.
- Rebolledo, M. A., L. M. Ruiz P., A. E. Becerril R., R. Mosqueda V., A. Castillo M., L. Rebolledo M. *et al.* 2002b. Algunas características fisiológicas de tres cultivares de piña en dos sistemas de producción. Revista Chapingo serie Hortícola VIII (2):235-240.
- Rebolledo-Martínez A., D. Uriza-Ávila y L. Rebolledo-Martínez. 1997c. Used of plastic padded for the pineapple. Plasticulture 114: 45-54.



- Rebolledo-Martínez, A. 2002. Relaciones hídricas, nutrimentales y desarrollo de tres cultivares de piña en densidades intensivas de plantación con y sin cubierta plástica. Tesis Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 209 p.
- Reyes, M. J. J. 1992. Floración prematura en piña *Ananas comosus* (L.) Merr. en dos tipos de material vegetativo en cinco fechas de plantación en Loma Bonita, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, México.
- Sanford, W. G and P. Bartholomew D. 1981. Effect of silver and cobalt ions on floral induction of pineapple by ethephon. Hortscience 15 (3):442.
- Sanford, W.E. 1961. Relationship between planting density fruit weight and yield. Pineapple Research Institute 9:90-96.
- Scott, C. H. 1992. The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruiting in pineapple. Acta Hort. 334.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Cierre de la producción Agrícola por estado. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351). [consultado en agosto de 2021].
- Trusov, Y. and B. José R. 2006. Silencing of the ACC synthase gene ACACS2 causes delayed flowering in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.] J. Exp. Bot. 57(14):953–3960.
- Uriza, A. D. E., A. Rebolledo M., D. Orona M. R. Zárate M., J. J. Reyes M. y R. Mosqueda V. 1994. Manual de producción de piña para Veracruz y Oaxaca: Bajo Papaloapan. SARH.INIFAP-CEPAP. Veracruz, México. Pp. 65-66.
- Uriza-Ávila, 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. México, UACH. 484 p.



# EFECTO DE FITOVITA EN EL DESARROLLO DE RAÍZ EN MAÍZ Y CAÑA DE AZÚCAR

*Andrés Vásquez Hernández<sup>1</sup>, Héctor Cabrera Mireles<sup>1</sup>, Arturo Durán Prado<sup>1</sup> y Arturo Andrés Gómez<sup>2</sup>*

## Resumen

Dado que el sistema radical de las plantas tiene una gran importancia sobre el desarrollo y producción de estas, el uso de enraizadores para promover su crecimiento es de gran importancia y cada día se le da mayor importancia, por lo que, se ha incrementado su uso. La formación y crecimiento de las raíces son procesos regulados principalmente por hormonas como las auxinas, además de la participación de compuestos químicos como vitaminas, nutrientes, etc. Así, el uso de biorreguladores específicos para promover el desarrollo radical, es una herramienta que puede incorporarse al manejo de los cultivos. Dada la gran importancia del sistema radicular de las plantas cultivadas y de su efecto sobre la producción de los cultivos, se realizó el presente estudio, con el objetivo de evaluar el efecto del producto comercial Fitovita, sobre el desarrollo de raíz y el crecimiento vegetativo de los cultivos maíz y caña de azúcar, los cuales son cultivos básicos e industrial de gran demanda a nivel nacional y mundial. La evaluación se realizó en un invernadero tropical, con ventana cenital, ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México, durante el periodo agosto a octubre de 2020. Se evaluaron dos dosis de Fitovita, en concentración de 5 y 10 mL/L de agua, como testigo tradicional se utilizó la fertilización química de arranque 10-20-00 en dosis de 3 g por maceta y como testigo comercial se utilizó un enraizador a base de N-P-K-Mg-S y 400 ppm de un complejo auxinico. En maíz, se encontró efecto significativo sobre la biomasa de raíz, mostrándose superiores e iguales entre sí los tratamientos a base del enraizador comercial y Fitovita 5mL/L. En caña, se observó efecto significativo sobre la variable de biomasa de raíz, con el valor más alto para T2 (Testigo comercial, enraizador), seguido por T3 (Fitovita 5mL/L) y T4 (Fitovita 10 mL/L), sin que haya diferencia estadística entre estos de acuerdo a la prueba

<sup>1</sup> Investigadores Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC-INIFAP. \*Autor por correspondencia: avasquez\_600@hotmail.com

<sup>2</sup> Asistente de Investigación, Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC-INIFAP.



de Tukey. De manera general, los mejores tratamientos para promover el desarrollo de raíz tanto en maíz como en caña fueron el enraizador comercial a base de auxinas y Fitovita 5 ml.

**Palabras clave:** enraizador, invernadero, caña, maíz

## Introducción

La raíz de las plantas es uno de los órganos de mayor importancia, dado que es la parte que le permite nutrirse de manera adecuada, por lo que, un sistema radical deficiente dará como resultado el mal desarrollo en la planta, así como, escasa producción, lo que se traduce en pérdidas significativas para el productor. Yara (2021) hace énfasis en la importancia de una fertilización de arranque para promover el buen desarrollo temprano de maíz, con una fertilización de arranque a base de fósforo y bajo contenido de nitrógeno, aunque la mejor sinergia se obtiene aplicando nitrógeno en cantidades similares al fósforo.

“Un buen sistema radicular depende de muchos factores, como la genética de las plantas (especie, cultivar, producción de señales químicas internas o fitohormonas) como aquellos dados por el medio ambiente (características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, interacción con los microorganismos, entre otras). De igual manera influye el medio en que se desarrollan las plantas, lo que lleva a la formación de compuestos en las hojas, como las fitohormonas y aminoácidos, que la misma planta utiliza para estimular su sistema radical” (Agroenzymas.com, 2020).

“El sistema radical de todas las plantas es de gran importancia, ya que, a través de este se absorbe agua y elementos minerales, sirve de anclaje, puede ser órgano de reserva alimenticia, etc. La formación y crecimiento de las raíces son procesos regulados principalmente por fitohormonas como las auxinas, y con la participación de compuestos químicos como vitaminas, nutrientes, etc. Así, el uso de biorreguladores específicos para promover el desarrollo radical es una herramienta que puede incorporarse al manejo de los cultivos” (Rooting, 2013).

La FAO (2013) menciona que algunos bioestimulante o enraizadores de plantas se preparan a base de vegetales como hojas de ortiga blanca (*Lamiun album*) y diente de león (*Taraxacum*



*officinale*) como materiales básicos. Existen diversas estrategias para estimular un adecuado sistema radicular, dentro de las que destacan el manejo o reposición del suelo, el manejo de microorganismos, el manejo adecuado del cultivo y el uso de reguladores de crecimiento. Este último caso resulta ser una actividad muy utilizada en años recientes, por ser más económico y efectivo en comparación con los otros mencionados.

“Para asegurar su efectividad se deben considerar algunos puntos, como son el momento de aplicación para estimular la raíz y su relación con la parte aérea, la dosis y el ingrediente activo adecuado”.

“La aplicación de enraizadores hormonales con una mayor concentración de auxinas favorece la formación de raíces de anclaje y conducción, mientras que, los enraizadores orgánicos que traen como principal ingrediente activo al triptófano (precursor del ácido indolacético) tienden a generar una mayor cantidad de pelos radicales. Se recomienda su combinación, iniciando los primeros días con el hormonal y posteriormente con el orgánico. Actúan en las plantas de distintas maneras y por diferentes vías, logrando así mejorar el vigor del cultivo, rendimiento y calidad de la cosecha. Los bioestimulantes agrícolas son un grupo ampliamente diverso, donde, se puede encontrar productos generalmente a base de ingredientes activos como el Triptófano, Arginina, Asparagina, Polisacaridos, Saponinas, complejos vitamínicos y ácidos húmicos. El Triptófano constituye el precursor del ácido indolacético, ayudando a promover la formación de raíces laterales y pelos radicales. La Arginina estimula la síntesis interna de poliaminas al actuar como precursor, estas hormonas son muy activas en el proceso de crecimiento radical. La Asparagina actúa indirectamente como precursor de fitohormonas. Las aplicaciones directas de Polisacáridos al sistema radical favorecen la formación de raíces secundarias y su elongación, además estimulan la actividad de los microorganismos del suelo y aportan energía adicional a la planta para su crecimiento radical cuando sufren algún daño físico o mecánico. Las Saponinas al estar en contacto con las membranas celulares de la raíz las vuelve más permeables, permitiendo una mejor absorción de agua y nutrientes. Contribuyen además a mejorar la rizósfera para el desarrollo de microorganismos. El complejo vitamínico (B1, B6 y D) ayuda en el metabolismo de los azúcares para tener energía disponible en la planta y participa en la síntesis de proteínas y aminoácidos al actuar como coenzimas. Este complejo vitamínico favorece el metabolismo y aprovechamiento del triptófano. Además, juega un papel importante en la absorción de calcio y participa en el crecimiento y maduración



celular. Los ácidos húmicos tienen acción quelatante de nutrientes minerales para facilitar su absorción. Otra de las funciones dentro del suelo y que permiten el crecimiento radical es la mejora de la estructura del suelo, incrementando simultáneamente su capacidad para retener agua y nutrientes. La tendencia actual de los bioestimulantes comerciales es hacer mezclas de estos ingredientes junto con nutrientes minerales, compuestos orgánicos y microorganismos para favorecer el adecuado desarrollo y productividad del cultivo, pero a la vez, mantener y de ser posible recuperar suelos degradados” (INTAGRI, 2019).

Alvarado y Munzón (2020) en un estudio de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de *Ficus benjamina* en vivero comercial, encontraron que, el mejor tratamiento para el enraizamiento de *F. benjamina*, mediante el método de propagación asexual, fue el tratamiento a base de Tierra amarilla + Cascarilla de arroz + Gel de sábila, ya que presentó mejores resultados que los sustratos combinados con la hormona comercial, no solamente en las variables evaluadas, sino también, en el estudio económico, pues generó una favorable relación beneficio - costo. En un estudio de aplicación de biorreguladores en plántines de tomate encontraron que, la aplicación de un regulador a base de ácido indolbutírico y folclorfenurón permitió mejorar la calidad y cantidad de raíces con respecto al testigo sin aplicación, aunque no tuvo efecto sobre el crecimiento de tallos y hojas (Cuesta y Mondaca, 2014).

Dada la gran importancia del sistema radicular de las plantas cultivadas y de su efecto sobre la producción de los cultivos, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto del producto comercial Fitovita, sobre el desarrollo de raíz y el crecimiento vegetativo de los cultivos maíz y caña de azúcar, los cuales son cultivos básicos e industrial de gran demanda a nivel nacional y mundial.

## **Materiales y Métodos**

La evaluación se realizó en un invernadero tropical con ventana cenital ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México, durante el periodo agosto a octubre de 2020.



La siembra se hizo en bolsas de vivero cilíndricas negras de 4 kg de capacidad, las cuales se llenaron con un sustrato preparado mediante la mezcla de dos partes de tierra de textura franca, una parte de lombricomposta y una parte de arena.

Producto a evaluar: Fitovita, polisacárido enzimático, germinador, enraizador y potenciador, presentación líquido color negro oscuro.

Los cultivos de estudio fueron Maíz H-520 y Caña de azúcar CP 72-2086.

Como testigo (enraizador) se utilizó un producto en presentación cristales sólidos base de N-P-K-Mg-S y 400 ppm de un complejo auxínico, de acuerdo al Cuadro 1, donde, se indican los tratamientos aplicados.

**Cuadro 1. Descripción de tratamientos aplicados a los cultivos Maíz y Caña de azúcar en el Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México.**

No. Trat.	Tratamiento	Dosis
T1	Testigo tradicional: Formulación 10-20-00 a base de urea y fosfato diamónico.	10-20-00 (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O), 3 g /maceta a la siembra
T2	Testigo comercial (enraizador) a base de N-P-K-Mg-S y 400 ppm de un complejo auxínico.	2 g por litro de agua
T3	Fitovita	5 ml de Fitovita por litro de agua
T4	Fitovita	10 ml de Fitovita por litro de agua

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales por cultivo. La unidad experimental de cada repetición estuvo conformada por cuatro macetas de cinco litros, con 16 macetas por las cuatro repeticiones y un total de 64 macetas por cultivo para los cuatro tratamientos. Se sembraron cuatro plantas por maceta para ambos cultivos. En el Cuadro 1, se indican las dosis aplicadas de cada tratamiento. Previo a la siembra se agregaron 5 mL/L y 10 mL/L de agua. Para el caso de maíz se sumergió la semilla durante cinco minutos en la solución enraizadora y se procedió a la siembra, para caña se sumergieron los tallos en las soluciones durante 5 minutos.

Parámetros de respuesta evaluados: a) Emergencia en maíz, se evaluó la cantidad de plantas nacidas a los cinco días posteriores a la siembra. En caña contabilizó la cantidad de yemas desarrolladas a los 10 días posteriores a la siembra. El resultado se expresó como el promedio





de plantas emergidas por repetición y tratamiento. B) Altura de plantas, se estimó con regla a los 25 días posteriores a la germinación, los resultados se expresan en cm. C). Biomasa de parte aérea (tallos-hojas), a los 30 días posteriores a la germinación, se cortaron las plantas, separando la parte aérea (tallos-hojas) de la raíz, a la altura del nudo vital. Se secaron a 69°C durante 72 horas hasta peso constante y se pesaron. Se obtuvo el peso de tallos-hojas por maceta y se dividió entre su número de plantas, el resultado se expresa en g/planta. D) Biomasa de raíz, se separaron las raíces de la parte aérea de las plantas. Se vació por separado toda la tierra de cada maceta en una criba del número 35 equivalente a 0.5 cm de luz y se separaron las raíces de la tierra, se lavaron, secaron durante 72 horas a 69°C a peso constante y se pesaron. Se obtuvo el peso de raíces por maceta dividido entre su número de plantas. El resultado se expresa en g/planta. Para determinar si hubo efecto de los tratamientos se realizó análisis de varianza y Prueba de Tukey para cada una de las variables evaluadas ( $\alpha = 0.05$ ) mediante MINITAB 17.

## Resultados y Discusión

### Maíz

Días a emergencia. En general y dadas las condiciones de humedad y temperatura, el 100% de emergencia se obtuvo en cuatro días, por lo que este factor no se analizó, dado que no se presentaron diferencias notables, en este corto periodo de tiempo.

Altura de plantas. En el Cuadro 2 se presentan los datos obtenidos con esta variable, los valores promedio más bajos fueron de 24.29 cm para T2, hasta 26.21 para T4. El análisis de varianza para esta variable no mostro diferencia significativa entre tratamientos, aunque se observaron los valores más altos para T4 (Fitovita 10 mL/L) seguido de T3 (Fitovita 5mL/L).

Biomasa de planta (Tallos-Hojas). Para esta variable se obtuvieron valores promedio desde 2.23 g/planta para el más bajo (T4 Fitovita 10 ml/L) hasta 2.60 g/planta (Cuadro 2) para el más alto (T2 Testigo comercial (enraizador)). El análisis de varianza no mostro significancia entre los tratamientos aplicados, lo que nos indica que no hubo efecto de estos sobre el desarrollo vegetal de hojas y tallos.



**Cuadro 2. Valores promedio de altura de planta, producción de biomasa aérea y de raíz de maíz H520, manejado con diferentes tratamientos para el enraizamiento.**

Tratamiento	Altura (cm)	Biomasa Tallos-hojas (g/planta)	Biomasa raíz (g/planta)
T1 Test. tradicional	24.61	2.31	0.33 b
T2 Test. Com. (enraizador)	24.29	2.60	0.59 a
T3 Fitovita 5ml/L	25.25	2.33	0.46 ab
T4 Fitovita 10 ml/L	26.21	2.23	0.39 b

\*Las medias en las columnas con letras diferentes son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Biomasa de raíz. El peso promedio más bajo fue de 0.33 g/planta para T1 (Testigo tradicional), el más alto fue para T2 (testigo comercial), T3 (Fitovita 5mL/L) y T4 (Fitovita 10 mL/L), fueron más altos que T1 testigo, pero fueron rebasados por T2 (Testigo comercial). El análisis de varianza fue altamente significativo ( $\alpha = 0.005$ ), lo que indica que, si hubo efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de raíz, con mayores valores para el testigo comercial a base de auxinas, lo que concuerda con lo reportado por INTAGRI (2019), que mencionan que la aplicación de enraizadores con una mayor concentración de auxinas favorece la formación de raíces de anclaje y conducción. Cuerda y Mondaca, 2014, mencionan lo mismo en cuanto al efecto de un regulador a base de ácido indolbutírico y folclorfenurón, que, aplicados a plantines de tomate permitieron mejorar la calidad y cantidad de raíces con respecto al testigo sin aplicación, aunque, no tuvo efecto sobre el crecimiento de tallos y hojas, de la misma manera que lo encontrado en este estudio. En este aspecto se observa la ventaja de usar un promotor de crecimiento de raíz, en comparación al tratamiento tradicional de arranque a base de fosfatos, comúnmente utilizado como fertilización de arranque (Yara, 2021).

### Caña

Emergencia. No hubo diferencias significativas en esta variable, ya que a excepción del testigo con un promedio de 1.69 plantas por maceta, el resto de los tratamientos tuvo un promedio de emergencia de 1.63 plantas por maceta (Cuadro 3).

Altura de tallo. Para esta variable (Cuadro 3) el análisis de varianza no mostró efecto significativo. Se tuvieron valores promedio de 15.43 cm para T1 (Testigo tradicional), que numéricamente fue el más bajo, hasta 16.86 cm para T3 (Fitovita 5ml/L) que fue el más alto, seguido en orden descendente por T2 (Testigo comercial (enraizador)).



**Cuadro 3. Valores promedio de altura de planta, producción de biomasa aérea y de raíz de caña de azúcar, manejado con diferentes tratamientos para el enraizamiento.**

Tratamiento	Altura (cm)	Biomasa Tallos-hojas (g/planta)	Biomasa raíz (g/planta)
T1 Test. tradicional	15.43	2.52	0.30 b
T2 Test. Com. (enraizador)	16.77	2.85	0.57 a
T3 Fitovita 5ml/L	16.86	2.80	0.39 ab
T4 Fitovita 10 ml/L	16.08	2.91	0.37 ab

\*Las medias en las columnas con letras diferentes son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Tallo-hojas. La variable biomasa de parte aérea (tallo-hojas) mostro valores de 2.52 g/planta para T1 (Testigo tradicional) que fue el más bajo (Cuadro 3), hasta 2.91 g/planta para T4, que fue el valor más alto. Sin embargo, el análisis de varianza no mostró efecto de los tratamientos sobre esta variable, al no resultar significativo. Estos datos concuerdan con lo reportado por Cuesta y Mondaca (2014), en el aspecto que no observaron efecto positivo sobre crecimiento de tallo y hojas, con la aplicación de reguladores promotores de raíz.

Raíz. Esta variable mostró valores que van de 0.30 g/planta para T1 que fue el más bajo, hasta 0.57 g/planta para T2 que es el más alto (Cuadro 3). El análisis de varianza para esta variable fue altamente significativo ( $\alpha = 0.007^{**}$ ), lo que indico que si hubo efecto de los tratamientos sobre la biomasa de raíz. La prueba de Tukey muestra como el tratamiento superior fue T2, seguido por T3 y T4 (que compartieron la misma letra en la prueba de Tukey, lo que indicó que son estadísticamente son iguales entre sí, pero superiores al testigo).

Fitotoxicidad. No hubo síntomas de toxicidad en las plantas de caña, en observaciones realizadas a los 10 y 20 días posteriores a la nacencia.

## Conclusiones

La producción de biomasa de raíz del maíz y la caña de azúcar fue afectada por la aplicación de enraizadores. Con una dosis de 5 mL/L de Fitovita se obtiene el mismo efecto obtenido con



en enraizador comercial. Sin embargo, la mayor producción de biomasa no necesariamente se reflejó en mayor crecimiento y producción de biomasa aérea.

### Literatura Citada

- Agroenzymas.com. 2020. Importancia de las raíces y su mantenimiento en los cultivos. <http://agtechamerica.com/importancia-de-las-raices-y-su-mantenimiento-en-los-cultivos/>. (consultado el 12 de julio de 2021).
- Alvarado, A. A. y M. Munzón Q. 2020. Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de ficus benjamina. *Agron. Costarric.* 44(1):65-77.
- Cuesta, G. y E. Mondaca. 2014. Efecto de un bioregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Re. Chapingo Ser.Hortic.* 20(2):215-222.
- FAO. 2013. Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 35 pp.
- INTAGRI, 2019. Bioestimulación del crecimiento radical de los cultivos. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-del-crecimiento-radical-de-los-cultivos> – (consultado el 12 de mayo de 2021)
- Rooting, 2013. Ficha técnica. Regulador de crecimiento de plantas de uso agrícola. <http://proasa.com.mx/wp-content/uploads/2013/01/Folleto-Rooting2.pdf>. (consultado 12 de julio de 2021).
- Yara. 2021. Knowledge grows. Nutricion vegetal. Maiz. <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/maiz/estrategias-de-aplicacion/>. (consultado 7 de junio de 2021).



## SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE PIÑA EN LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE JOSE AZUETA, VERACRUZ

*Matilde Hernandez Cristian<sup>1\*</sup>, Zetina Lezama Rigoberto<sup>2</sup>, Capetillo Burela Ánge<sup>2</sup>, Reynolds Chávez Marco Antonio<sup>2</sup>, Domínguez Monge Santiago<sup>1</sup>, Santillán Mendoza Ricardo<sup>1</sup>, Rodríguez Quibrera Cynthia Guadalupe<sup>1</sup> y Flores de la Rosa Felipe Roberto<sup>1</sup>*

---

### Resumen

Durante el periodo de diciembre de 2019 a abril de 2020, en la región de Juan Rodríguez Clara, Veracruz, se desarrolló un proyecto denominado "Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER) 19 Juan Rodríguez Clara, el cual contempló la elaboración de un diagnóstico, asistencia técnica personalizada a productores de piña de esta región. El objetivo de la investigación fue identificar la problemática de productores de piña beneficiados con el proyecto, ubicados en las localidades de la Capilla, La Florida y Linda Vista pertenecientes al municipio de José Azueta, Ver. Basado en un muestreo aleatorio simple, se entrevistó al 30% de los productores beneficiados por el proyecto. Para dicha entrevista se formularon preguntas con la finalidad de recabar información sobre algunos indicadores como lo son: Datos generales del productor, datos del cultivo, tecnología de producción, problemática, necesidades de capacitación entre otras, con la información generada se realizó una base de datos en Excel y se analizaron algunas variables con estadística básica para la elaboración del diagnóstico, con el cual, se identificaron diversos problemas severos dentro de las Unidades de Producción familiar (UPF), en los ámbitos de: nivel de tecnología utilizada, tipología de productores, actividades complementarias de los productores, suelo, preparación y conservación del suelo, selección de material vegetativo, nutrición, plagas, enfermedades, comercialización, infraestructura, entre otras. Dichos problemas afectan directamente la producción de piña de la región y por ende también su rentabilidad, basado en los resultados de dicha investigación se logra concluir que existe una brecha tecnológica del 45% en el sistema de producción de los productores beneficiarios del PRODETER 19 en comparación

---

<sup>1</sup>Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP. matilde.cristian@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC



con productores del municipio vecino de Isla, Veracruz que ha obtenido rendimientos de hasta 110 t/ha, así mismo el sistema de producción que han venido manejando a través de los años ha provocado un fuerte deterioro de los recursos suelo, agua, vegetación y fauna que componen la bioma local.

**Palabras clave:** diagnóstico, *Ananas Comosus L.*, UPF, suelo

## Introducción

En el periodo de diciembre de 2019 al mes de abril de 2020, el INIFAP realizó el proyecto denominado “Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER) - Juan Rodríguez Clara, con el objetivo de impulsar el desarrollo económico y productivo de las pequeñas unidades de producción familiar (UPF) donde persisten familias que fundamentan sus ingresos en la venta de pequeños excedentes de producción y la renta de la mano de obra de uno o más de los integrantes del núcleo familiar. Uno de los agrosistemas incluidos en el proyecto fue el cultivo de piña, considerado uno de los principales motores de la economía regional; en el proyecto se beneficiaron un total de 350 productores de piña que anualmente se siembran en promedio 4,581 ha de piña (SIAP, 2020a). En la zona de estudio, la falta de tecnologías específicas para estos sistemas, apoyos gubernamentales, mala organización de los productores, baja fertilidad de suelo, condiciones climáticas erráticas y la carencia de asesorías técnicas y extensión agrícola, han dado lugar a sistemas de producción de subsistencia, que, generalmente presenta poca o nula sostenibilidad y baja rentabilidad (INEGI, 2009). Para definir una estrategia adecuada de apoyo en aspectos de desarrollo tecnológico y acompañamiento técnico en una primera instancia se trabajó en un diagnóstico de la situación actual del agrosistema a fin de proponer, en una segunda etapa, la implementación y desarrollo de un programa de capacitación dirigido a impulsar el desarrollo tecnológico de componentes tecnológicos considerados como clave para reducir la brecha tecnológica existente entre los productores beneficiados por el proyecto y los productores líderes en el manejo de este cultivo. El objetivo de la presente investigación fue definir la problemática asociada al cultivo de piña y



describir la situación de los productores piñeros beneficiados con el proyecto, ubicados en las localidades de la Capilla, La Florida y Lindavista, municipio de José Azueta, Ver.

## **Materiales y Métodos**

El PRODETER Juan Rodríguez Clara está integrado por los municipios de Juan Rodríguez Clara, José Azueta, Playa Vicente y Santiago Sochiapan con una superficie total de 2817.94 km<sup>2</sup> (3.92% del territorio estatal). Geográficamente se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 41' 18.63" Latitud Norte, 94° 59' 51.08" Longitud Oeste, y 17° 35' 16.71" Latitud Norte, 95° 54' 9.24" Longitud Oeste, en la subprovincia denominada "Llanura costera Veracruzana" la cual se encuentra enclavada en la provincia fisiográfica denominada "Llanura costera del Golfo Sur" (INEGI, 2009). El clima predominante en los municipios antes mencionados es el cálido subhúmedo Aw con lluvias en verano (García, 1987). No obstante, de acuerdo con los datos proporcionados por la estación climatológica de José Azueta, donde se desarrollaron los proyectos productivos de piña, se tienen regímenes de 1593.9 mm anuales de lluvia, una temperatura media anual de 26.5°C, con máximas de 32°C, mínimas de 21°C y una oscilación térmica de 11°C. el fotoperiodo es de 12 h, con un promedio anual de 129.6 días con lluvia y una evaporación promedio anual de 1336.7 mm.

Las encuestas se aplicaron de forma personalizada al 30% de la población beneficiada. Los productores encuestados fueron seleccionados aleatoriamente en las localidades con el mayor número de personas beneficiadas: Linda Vista, La Capilla y La Florida. Las encuestas se integraron con los siguientes indicadores: a) Datos generales del productor, b) Información de la Unidad de Producción Familiar (UPF), c) Información de los servicios de apoyo al cultivo, d) Condiciones climáticas y edáficas, e) Datos del cultivo, f) Tecnología de producción, g) Comercialización, h) Problemática, i) Disponibilidad de infraestructura y equipo, j) Necesidades de capacitación y k) Oportunidad de mejora. En total se formularon 72 preguntas enfocadas a la situación actual del agroecosistema piña de la región que abarca el PRODETER Juan Rodríguez Clara, Ver. En esta actividad se contó con el apoyo de extensionistas del sector, dos líderes de grupo, cuatro informantes clave, y las autoridades locales del municipio de José Azueta. La información generada con la aplicación de las encuestas se centró en una base de



datos en el programa Excel; algunas variables se analizaron con estadística básica, mientras que otras, con paquete estadístico SPSS.

## **Resultados y Discusión**

### **Aspectos generales de los productores**

El 90% de los productores son hombres lo cual indica que en esa región aún continúa predominando el sexo masculino en la ejecución de labores agrícolas, mientras que las mujeres presentan escasa participación en las actividades de campo. En lo que respecta a la edad, se encontró que el 4% de los productores son menores de 40 años, 59% tienen entre 40c y 60 años, y 37% entre 61 y más de 70 años. El nivel de educación es bajo ya que el máximo grado de estudios del 100% de los productores es la secundaria completa; sin embargo, del total de esta población 45% tiene primaria incompleta y un 24% terminada. Solo el 3.33 de los encuestados habla dialecto, el 96.77% restante, así como sus familiares, que viven en su misma UPF, no hablan algún otro tipo de lengua diferente al español. En promedio dependen económicamente de ellos 3.86 personas con un rango de variación que va desde 1 a 10 individuos. Solo 23% de los productores piñeros se dedican exclusivamente al cultivo de la piña, el resto complementan sus ingresos con la siembra de maíz y la crianza de ganado bovino.

El 86.7% de los encuestados tienen entre 13 y 40 años sembrando piña, mientras que solo el 13.3% manifestó tener entre 2 y 8 años de experiencia en la producción de esta fruta. Cerca del 60% de los productores posee entre 10 y 14 % hectáreas de terreno, pero solo el 20% tiene ocupada toda la superficie, el resto siembra en promedio 2.54 ha.

### **Variedades**

En la región se siembran las variedades de piña cayena lisa, MD-2 y Champaka. No se tiene conocimiento claro, ni estadísticas de la superficie que se siembra de cada variedad; no obstante, las dos primeras son las más comunes entre los productores encuestados, y se nota una creciente aceptación y preferencia de la piña MD-2 sobre la variedad Cayena lisa.

El 62.1% de los productores siembran la variedad MD-2, la mayoría de estos corresponden a productores que siembran más de 5.0 hectáreas y que comercializan su producción al mercado





nacional o de exportación (venden su producto a exportadores), mientras que, el 37.9% restante son pequeños productores que siembra de 0.5 a 2.0 ha de piña Cayena lisa para comercializarla preferentemente con la industria piñera local.

### **Procedencia y tipo de material vegetativo utilizado para la siembra**

Aproximadamente el 80% de los productores utiliza para su siembra los materiales vegetativos que proceden de sus propios acahuales; el 20% restante compra una parte o el total a otros productores. En zona no existen viveros comerciales de planta certificada por lo que la pureza de los materiales genéticos es muy cuestionada por productores, investigadores y académicos. El 58.8% de los productores utiliza para su siembra los materiales vegetativos conocidos localmente como “clavos”, el resto utiliza “gallos” o bien, ocupa ambos, en lotes diferentes.

El 90% de los productores indicaron que seleccionan el material vegetativo tomando en cuenta como criterio el tamaño de la planta (76.6%), el resto selecciona el material considerando otros criterios como la edad, color y peso. Esta práctica generalmente la realizan al momento en que se cortan los hijuelos.

### **Preparación del terreno**

La preparación del terreno generalmente consta de uno o dos chapeos con tractor (90%) para eliminar restos del acahual anterior o vegetación secundaria, seguido de un subsoleo (73.3%) para roturar capas subsuperficiales y eliminar el piso de arado, un barbecho con arado de discos sólo en el 46.6% de los casos, seguido de uno o dos rastreos (86.66%). Una labor extra consiste en el rayado o surcado que sirve de apoyo para siembra del hijuelo. Las labores de nivelación del terreno y elaboración de camas y drenes sólo se realizan en el 10 y 3.3% del área cultivada, respectivamente (Figura 1). Los productores argumentan que saben de la importancia de estas dos últimas actividades, sin embargo, no cuentan con la maquinaria y los recursos para realizarlas.

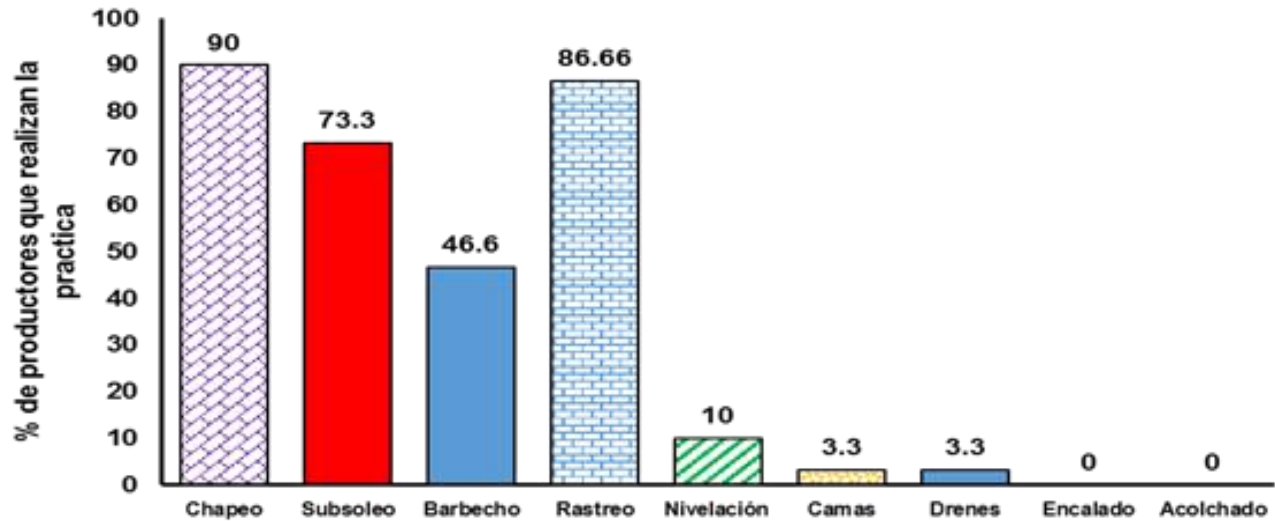
En más del 95% de los casos los productores carecen de equipo y maquinaria agrícola, por lo que se ven en la necesidad de rentar equipo para la realización de estas actividades.

### **Melgas, camas y drenes**

Tal y como se citó en párrafos anteriores, la elaboración de camas y drenes sólo se realiza en el 3.3% del área cultivada, respectivamente. Aunque la mayoría de los suelos cultivados con piña son de textura arenosa y de drenaje rápido, existen partes del terreno que llegan a saturarse de agua después de una lluvia fuerte; situación que puede afectar la sanidad del



cultivo. La mayor parte de los productores citan que las melgas no son necesarias porque no cuentan con equipo de “spray boom”.



**Figura 1. Porcentaje de productores que realizan diferentes prácticas de preparación del suelo donde se cultivara piña en el PRODETER 19.**

### **Fecha de siembra**

El 68.7% de las siembras se realiza entre agosto y noviembre; de hecho, el porcentaje de área establecida disminuye paulatinamente en los meses hacia el fin del año, debido a que en los meses de diciembre a mayo disminuya la precipitación y la temperatura aumenta, causando un déficit hídrico que limita el prendimiento y desarrollo del cultivo en sus primeras etapas de crecimiento vegetativo. La experiencia de los productores ha llevado a establecer las plantaciones en los meses de agosto, septiembre y octubre, que tienen mayores probabilidades de éxito.

### **Densidades de plantación y arreglos topológicos**

En recorridos de campo efectuados para verificar los datos proporcionados por los productores se observó que las densidades de plantación son muy diversas. El 70% de los productores utilizan densidades que van desde <30 hasta 40 mil plantas por hectárea, sólo un 30% utiliza altas densidades (45 a 80 mil plantas por hectárea). Las distancias entre plantas más utilizadas son de 30 cm (23%), 35 cm (20%) y la más común que va de 40 a 50 cm (57%). Utilizan el arreglo de surco sencillo o bien el de doble surco (un surco ancho y dos angostos).



### **Método de siembra**

La siembra se realiza manualmente, 70% de las siembras se realizan de manera directa, introduciendo el hijuelo con las manos directamente en el suelo, y posteriormente apretándolo con los dos pies. El otro 30% también realiza su siembra manualmente, pero utiliza instrumentos de apoyo como “cava-hoyos” o un “palín”. El número de jornales que utiliza el productor para esta labor es muy variable, pero ronda en promedio de los 40 jornales, 39.5% de los cuales es familiar y el 60.5% restante es contratado.

### **Nutrición**

De acuerdo con la información proporcionada por los productores se concluye que los métodos, fuentes y tratamientos de fertilización utilizados en el PRODETER para la nutrición del cultivo de la piña son inadecuados e insuficientes. De manera general los tratamientos de fertilización no están sustentados en los requerimientos del cultivo y metas de producción; tampoco se considera la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo (ningún productor manifestó el uso del análisis de suelo y de tejido foliar para estructurar sus programas de nutrición) y la eficiencia de las diversas fuentes de fertilizantes empleadas. Por tal razón, existe una gran proporción de plantaciones con síntomas visuales de deficiencias nutricionales, bajos rendimiento y poca calidad en la fruta. Las fuentes más frecuentemente citadas por los productores son: Urea (46-00-00), sulfato de amonio (20.5-00-00), fosfato diamónico (18-46-00), sulfato de potasio (00-00-50), cloruro de potasio (00-00-60), 17-17-17, 16-16-16 y complex. Generalmente se realizan entre 2 y 6 aplicaciones de fertilizantes al cultivo, no obstante, la mayoría solo realizan cuatro (43%); una o dos después de inducción floral para incentivar el desarrollo del fruto y el resto durante la etapa vegetativa (primeros 9 o 10 meses de desarrollo de la planta) para promover el crecimiento de la planta. Debido a que los recursos económicos del que disponen la mayoría de los productores es muy limitado la mayor parte de ellos realizan la aplicación del fertilizante en forma líquida. Disuelven fuentes solubles como la urea y el DAP en tanques de 200 L y la aplican con bomba de mochila o de gravedad a “drench” en proporciones cercanas a 50 mL por planta. Esta alternativa resulta más eficiente cuando los productores siembran tarde (noviembre, diciembre y enero) y la planta reinicia su desarrollo vegetativo en los meses de menor precipitación, durante los cuales, la fertilización sólida es poco eficiente por la falta de humedad. Un bajo porcentaje de productores (< 10%) utilizan equipo especializado para la aplicación del fertilizante líquido.



### **Control de maleza**

Debido a una deficiente preparación del suelo, la mayor parte de las plantaciones rápidamente se infesta de maleza. Para mantener sus piñales limpios los productores del PRODETER 19 realizan control manual (de 1 a 12 limpiezas con tarpala “piquetes”), y generalmente entre 4 y 5 limpiezas y la aplicación de herbicidas que contienen los ingredientes activos: Bromacil, Diuron, Haloxifop-r-metil, Ametrina, Metribuzin, Glifosato y Paraquat. Las dosis aplicadas son muy variables, pero los herbicidas más utilizados como Bromacil y Diuron se aplican en dosis de 2 kg por hectárea cada uno. La aplicación se realiza con aspersoras manuales de mochila y boquilla de abanico. Cuando se utilizan herbicidas que no son selectivos al cultivo se utilizan campanas en las boquillas y la aplicación se realiza cuidadosamente para afectar lo menos al cultivo. Los herbicidas generalmente se aplican en la época lluviosa del año; cuando las siembras se realizan en agosto y septiembre la aplicación se realiza en octubre para mantener limpio el cultivo hasta la temporada seca del año. En la temporada de “secas” se realiza el control manual con “tarpala” para eliminar vejucos y zacates que persisten dentro de la plantación. Esta actividad se realiza durante todo el ciclo de cultivo. De acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta, para el control de maleza los productores utilizan entre 3 y 70 jornales por ciclo de cultivo. En promedio se emplean, para mantener limpia una hectárea, 15.75 ( $\pm 15.86$ ) jornales por ciclo de cultivo; de los cuales 32.3% corresponde a la mano de obra familiar y el 67.3% es contratado a un costo de \$170.00 diarios.

### **Control de plagas y enfermedades**

**Plagas.** Las plagas del cultivo de la piña que los productores en primer lugar la más frecuentemente citada (81.25% de los productores entrevistados la mencionaron) fue el piojo harinoso *Dymicoccus brevipes*, homoptero transmisor de los virus (PMWaV1 al PMWaV5 que provoca la marchitez roja de la planta de piña, enfermedad que afecta el sistema radical, foliar y reproductivo de las plantas (Rebolledo *et al.*, 2011). Cincuenta por ciento de los productores entrevistados manifestaron que los daños que ocasiona esta enfermedad en sus parcelas van de moderado a muy alto. Las plagas del suelo: gallina ciega *Phyllophaga* spp, comején *Gnathamitermes tubidormans* Buckley, sínfilidos *Scutigerella sakimurai* Scheller y las especies de hormigas *Selenopsis geminata* Fabricius y *Pheidole megacephala* Fabricius ocuparon los lugares 2, 4, 5 y 6, respectivamente. Los daños ocasionados por estas plagas repercuten negativamente en el sistema radical de las plantas, que conlleva a una menor absorción de



agua y nutrientes por la planta, limitando el desarrollo vegetativo. La mayor parte de los productores (54.2 a 91.5%) manifestaron que los daños que ocasionan estas plagas al cultivo son bajas. De acuerdo con los productores, el ácaro rojo o araña roja *Dolichotetranychus floridanus* Banks es considerada como la tercera plaga más importante. Otras plagas de menor incidencia, que causan daño a la planta y fruto son el gusano barrenador del fruto *Thecla basilides* Geyer, la tuza mexicana *Thomomys umbrinus*, mayates de los géneros *Metamasius callizona* Chevrolat y *Carpophilus hemipterus* L., grillos y langosta *Schistocerca piceifrons* Walker y *Acheta assimilis* (F.) y ratas del género *Sigmodon hispidus* Say and Ord.

En los recorridos realizados no se observaron indicios del uso de herramientas para el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. No existen medidas preventivas, tampoco se usan métodos de muestreo para definir la presencia de umbrales económicos de una determinada plaga, ni el uso de estrategias dirigidas al control biológico, legal y cultural de las plagas antes citadas. El control químico es la única estrategia de control de las plagas que se presentan en los piñales. Los ingredientes activos comúnmente utilizados son: Clorpirifos, citado por el 75% de los productores, Dimetoato (62.5%), Terbufos (31.25%), Diazinon (18.75) e imidacloprid (18.75%). Otros productos que utilizan con menor frecuencia por los productores fueron: carbofuran, carbarilo, e incluso, DDT y metomilo. Las dosis utilizadas por aplicación son muy variadas: Clorpirifos de 1 a 10 L/ha, Dimetoato de 1 a 2 L/ha, Terbufos 5 a 10 kg/ha y Diazinon de 2.5 a 10 L/ha. El 100% de las aplicaciones de insecticidas líquidos se realizan con bombas aspersoras de mochila en diferentes etapas del cultivo mezclando la dosis correspondiente en tambos de 200 L. Generalmente ocupan de 1000 a 1200 litros de agua por hectárea. Los productores utilizan entre 4 y 24 jornales, con un valor promedio 13.53 jornales para el control de plagas, de los cuales 13.8 corresponde a la mano de obra familiar y el restante 86.2% es mano de obra contratada. El costo del jornal varía entre \$160.00 y \$180.00 con un valor modal de \$170.00.

**Enfermedades.** En general se observó un fuerte desconocimiento de los productores al abordar este tema. Sus respuestas fueron ambiguas y poco confiables. La enfermedad que más frecuentemente citada (68.8%) en la entrevista a los productores fue la pudrición de cogollo causada por *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *Parasitica* Dast. Waterh y *P. cinnamomi* Rands., 18.75% de los productores manifestaron la presencia de la enfermedad ojo de gringa ocasionada por *Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium moniliforme* Sheld, así



mismo, el 6.25% de los productores mencionaron a los nematodos, como un problema, se clasificó como una enfermedad que causa daños muy fuertes a la planta de piña, no obstante, el 12.5% de los productores afirmó que en sus plantaciones no se presenta ningún tipo de enfermedad. Sin embargo, investigaciones realizadas por el Inifap (Uriza *et al.*, 2018) en la región piñera de la cuenca del Papaloapan citan alrededor de 15 enfermedades que afectan al cultivo. Los productores sólo controlan químicamente la presencia de esta enfermedad; el ingrediente activo más utilizado es el Fosetil-Al en dosis que van desde un 1.0 a 4.0 kg/ha; el número de aplicaciones para controlar esta enfermedad depende del número de brotes infecciones, aunque la mayor parte de los productores (66.6%) mencionaron que sólo realizan una aplicación, el resto dos o tres aplicaciones. Todos los productores aplican este producto con aspersora de mochila, dirigiendo el producto a todo el follaje de la planta. Otras moléculas mencionadas fueron: Azoxystrobin en dosis de 0.25 kg/ha y Terbufos en dosis de 15 kg/ha para el control de nematodos.

### **Inducción floral**

Aproximadamente el 93% de los productores realizan la práctica de la inducción floral para homogenizar su cosecha, programar su fecha de corte de acuerdo con las expectativas de mercado e incluso acortar el ciclo de cultivo de 16 a 14 meses. Sólo el 7% indicaron que no realizaban esta práctica. Los principales criterios que utilizan los productores para decidir el momento en que se debe realizar esta práctica son: tamaño de la planta (53.0%), edad de la planta (47.0%).

Para forzar la floración del cultivo de la piña el 73% de los productores utilizan carburo de calcio, 17% gas etileno mezclado con carbón activado y sólo el 3% utiliza Etephon. La mayor parte de las carburaciones se realizan por la tarde y noche: 11% entre 16:00 a 18:00 horas, 32% entre las 18:00 a 20:00 horas, 28% entre 20 y 22 horas y sólo un 29% aplica en la madrugada (de 3:00 a 4:00 horas). El número de aplicaciones que realizan los productores para asegurar una alta eficiencia de esta práctica (mayor porcentaje de plantas paridas) varía de 1 a 4, con un promedio de 2.9 veces y un valor modal de 3 (82.3% de los productores realizan tres aplicaciones de carburo). Los índices de eficiencia de esta práctica van del 70 al 95%. Se puede observar que los niveles de prendimiento son menores al 85% en el 54% de los casos, mientras que 46% restante el número de plantas paridas es superior al 90%. Los bajos niveles de eficiencia observados en el 47% de los productores (70 y 80%) pueden estar



asociados a varios factores: el estado nutricional de la planta, peso de la planta, hora del día en que se realiza la aplicación (se recomienda aplicar en la madrugada), mala calidad de los insumos y deficiencias operativas al momento de realizar esta práctica. Sólo 17% de los productores utilizan equipo especializado (Spray boom) para aplicar gas etileno mezclado en agua con carbón activado; el resto lo aplica manualmente o utiliza bombas de mochila, sin boquillas, que operan por gravedad.

### **Protección del fruto**

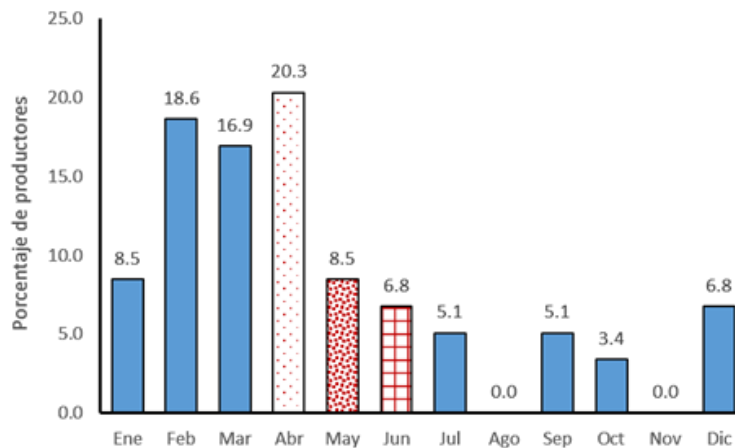
La protección del fruto de la incidencia de los rayos solares es una práctica necesaria para evitar quemaduras en la cáscara que prácticamente limitan la comercialización de los frutos en el mercado nacional y de exportación. Los frutos son más susceptibles en los últimos dos meses de desarrollo, Los frutos quemados algunas veces se comercializan a muy bajo precio en la industria juguera. El 87% de los productores protegen el fruto con las hojas de la planta, el 10% con papel y sólo un 3% con malla sombra. Esta última casi siempre rentada a otro productor. El uso de malla sombra en el periodo de desarrollo del fruto suele traer mayores ventajas que cuando se utilizan las hojas de las plantas de piña para tapar sus propios frutos; en este último caso las hojas reducen su tasa fotosintética y algunos casos los frutos pierden calidad al presentarse áreas de diferente color (verde y amarillo alternado) cuando las hojas no alcanzan a proteger el frutos al 100%, en otros, la fruta se ladea ocasionando un mayor crecimiento en la parte sombreada del fruto. De acuerdo con la información proporcionada el 33.9% de los productores protegen la piña tres meses después de la inducción floral, 57% a los cuatro meses y un 3.6% realiza esta práctica cinco meses después de la inducción floral; es decir, durante el último mes de desarrollo del fruto. Cuando se tapa la fruta con la misma hoja de la planta se utiliza rafia para sujetar las hojas, esta actividad normalmente requiere de 40 jornales.

### **Cosecha**

El 100% de la cosecha se realiza manualmente. Es una práctica que corre a cuenta de los compradores quienes generalmente contratan una cuadrilla integrada por tres cargadores y uno o dos estibadores que realizan también la función de seleccionar el tamaño, tipo y madurez del fruto requerido por el comprador. De acuerdo con los datos recabados el ciclo de cultivo lleva en promedio 16 meses ( $\pm 2.42$ ) con periodos mínimos de 10 meses y máximos de 20 meses. La moda para esta variable fue de 18 meses ( $n=30$ ). Los productores piñeros del



PRODETER 19 cosechan frutas durante casi todo el año, 35.6% de ellos comercializan sus frutas en la época de temporada cuando los precios del mercado son muy bajos. El resto lo hacen durante todo el año (Figura 2). El rendimiento promedio es de 49.3 t/ha ( $\pm 16.59$ ) con rendimientos mínimos de 20.0 t/ha (11.53%) y máximos de 82 t/ha (3.8%). El 59.7 % cosecha más de 60 t/ha. Estos estos últimos rendimientos son superiores a la media nacional de 47.44 t/ha reportada por el SIAP para el año 2020b.

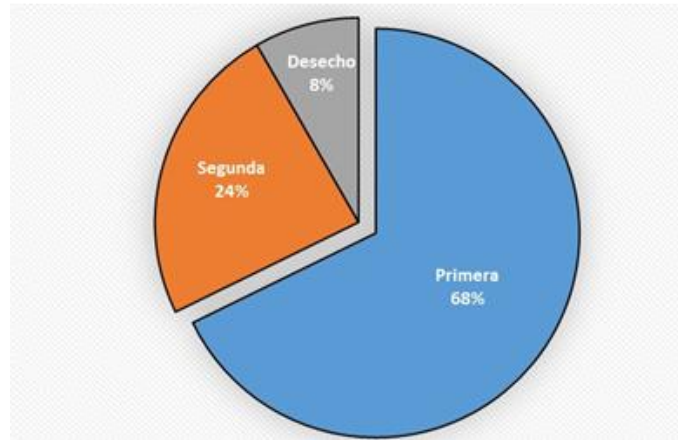


**Figura 2. Frecuencia de productores del PRODETER 19 que cosechan piña en los diferentes meses del año.**

No obstante, los rendimientos de piña obtenidos en las huertas de los productores de la PRODETER 19 de Veracruz, la proporción entre fruta de primera (68%) con respecto a las frutas de segunda (24%) y las de desecho (8%) es baja (Figura 3). Debe trabajarse en aumentar la producción de fruto de primera para mejorar la rentabilidad de las huertas. Algunas estrategias son: la selección de los vástagos utilizados en la siembra, la nutrición adecuada del cultivo, uso de fechas optimas de siembra y practicas dirigidas a mejorar la eficiencia de la inducción floral.

Aproximadamente 59.25% de los productores manifestaron haber realizado, en al menos una ocasión, la cosecha anticipada para obtener precios más altos en la comercialización del fruto. Por tal razón la mayor parte de los productores comercializan su fruta cuando esta ha alcanzado su madurez fisiológica, condición conocida localmente como “piña sazona”.





**Figura 3. Proporción de calidad de fruta con respecto a la producción total de piña cultivada por los productores del PRODETER 19 de Veracruz.**

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que: 1. El grupo de productores de piña del PRODETER Juan Rodríguez Clara son pequeños productores de edad avanzada y que llevan sembrando piña en monocultivo entre 13 y 40 años, no obstante, pese a tener tantos años sembrando, tienen poca o mediana experiencia en el cultivo de piña, ya que los problemas identificados como: Escasas prácticas de conservación de suelo, mala preparación del terreno, suelos compactados, material vegetativo de mala calidad, nulo uso de análisis de suelo y de tejido vegetal como herramientas de diseño de dosis de fertilización, control inadecuado de maleza, nulas prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, baja disponibilidad de infraestructura, por mencionar algunas, son problemas severos, que afectan directamente el rendimiento de los productores de dicha región, los cuales tienen rendimientos promedio es de 49.3 t/ha lo cual es mayor a la media nacional (47.44 t/ha), sin embargo, pese a esta situación en comparación con rendimiento promedio obtenido por algunos productores líderes del vecino municipio de Isla Veracruz, los cuales han obtenido hasta 110 t/ha bajo condiciones de buen temporal y altas densidades (Uriza *et al.*, 2018), lo cual no maraca la existencia de una brecha tecnológica en la producción de piña del 45%. 2. Se ha observado que las practicas constantes realizadas a través de los años por el sistema de producción actual de esta región han provocado un fuerte deterioro de los recursos suelo,



agua, vegetación y fauna que componen el bioma local. Los principales problemas observados se mencionan a continuación: a) La erosión hídrica del suelo. b) La acidificación, compactación y empobrecimiento de la capa arable de los suelos agrícolas. c) La eutrofización de los cuerpos de agua. d) Azolve de ríos. e) Disminución de áreas de bosques y selvas. f) Disminución de la diversidad y abundancia de especies vegetales. g) Comportamiento errático de las lluvias por cambio climático y h) Disminución de la cantidad y diversidad de especies de animales silvestres.

### Literatura Citada

- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adecuarlos a las condiciones de la República Mexicana). 4<sup>a</sup>. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos José Azueta, Veracruz de Ignacio de la Llave *Clave geoestadística 301692009*. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30169.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30169.pdf) [consultado el 15 de junio de 2021].
- 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. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2020a. Cierre de la producción agrícola (1980-2020): Producción agrícola (piña) 2020-Municipio José Azueta. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 15 de julio de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2020b. Cierre de la producción agrícola (1980-2020): Producción Agrícola Nacional (piña) 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 15 de julio de 2021].
- Uriza-Ávila, 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. México: UACH.



## RESPUESTA DEL FRIJOL NEGRO INIFAP A LOS BIOFERTILIZANTES EN VERACRUZ

Arturo Durán Prado<sup>1\*</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>1</sup>, Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>1</sup>, Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>1</sup> y Juan Francisco Aguirre Medina<sup>2</sup>

### Resumen

En el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP se desarrolló un experimento de campo con el objetivo de evaluar la respuesta en altura de planta, número de vainas planta<sup>-1</sup> y rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>), con el empleo de biofertilizantes (BF) con base en micorriza arbuscular *Rhizophagus intraradices* (MA) y *Rhizobium leguminosarum* Biovar. *phaseoli* (*Rlbp*), brasinoesteroides (BR) y fertilización química (FQ) reducida en el cultivo de frijol variedad Negro INIFAP. El diseño de los tratamientos fue factorial 2 x 10, en total 20 tratamientos derivados de la combinación de los siguientes niveles: 1. *Rlbp*, 2. MA, 3. BR, 4. *Rlbp* + MA, 5. *Rlbp* + BR, 6. MA + BR, 7. *Rlbp* + MA + BR, 8. Testigo absoluto, sin BF y sin FQ, 9. Sin BF + 40-40-00 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, 10. 1/3 del tratamiento 9 (13-13-00 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente). Como factor A, a los tratamientos del 1 al 7 no se les aplicó FQ y en los tratamientos del 11 al 20, como factor B se aplicó el 50% de la fertilización recomendada por el INIFAP. La dosis de *Rlbp* fue de 350 g/ha, de MA de 1.0 kg/ha y de BR de 10 g/ha. Se cuantificaron las variables: altura de planta a los 90 días después de la siembra (DDS), número de vainas por planta y el rendimiento de grano (kg/ha). El mejor tratamiento fue con BR sin FQ, con un rendimiento de 1,583 kg/ha en dos condiciones de FQ. Los BF estudiados solos (*Rlbp*) o co-inoculados (*Rlbp* + MA) contribuyeron en aumentos del rendimiento de 7.69% y 7.56% respectivamente sobre el tratamiento FQ (40-40-00). Con estos resultados se contribuye con opciones ecológicas y rentables de producción sustentable del frijol en el centro de Veracruz.

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. duran.arturo@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Campo Experimental Rosario Izapa. INIFAP.



**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizophagus* INIFAP, *Rhizobium*, brasinoesteroides

## Introducción

En México, en 2019 se cosecharon 1 037,594.55 ha del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); el volumen de producción obtenido fue de 58,701.34 t con un precio medio rural de \$13,875.75 t y un valor de la producción de 8,064,632.34 miles de pesos; el rendimiento promedio nacional fue de 0.56 t/ha. En Veracruz, se cosecharon 34,427.74 ha, las cuales produjeron 30,330.83 t con un valor de la producción de 421,410.36 miles de pesos; el rendimiento medio estatal fue de 881 kg/ha (SIAP, 2019). La agricultura de temporal en Veracruz, atraviesa desde los últimos 20 años, una seria crisis de productividad en cultivos básicos como maíz, frijol y arroz, ya que el productor actualmente carece de apoyos económicos para adoptar e implementar tecnologías de vanguardia, debido a los elevados costos de producción, principalmente en la nutrición vegetal de sus cultivos, debido a que las fuentes de fertilización química derivadas del petróleo tienen un alto costo en el mercado. Con base en esta problemática, el INIFAP ha desarrollado investigación en microorganismos benéficos, como los biofertilizantes, como estrategia en la búsqueda de alternativas de nutrición biológica, que ayuden a mantener e incrementar la productividad de cultivos leguminosos como el frijol, al realizar la inoculación de las semillas antes de la siembra, una práctica sencilla, económica y eficiente, que aporta de manera gradual micorrizas, las cuales sirven a la planta a tener un mejor desarrollo de raíz, incrementando su capacidad de captación agua y nutrientes, principalmente fósforo, calcio y magnesio. El frijol tiene una gran facilidad de asociación con diversos microorganismos en su sistema radical para mejorar su nutrición. Howeler (1980) asevera que, aunque el frijol es una leguminosa y por lo tanto, capaz de fijar simbióticamente nitrógeno con la cepa apropiada de *Rhizobium*, las dificultades edáficas, varietales o de inoculación pueden limitar la fijación, y de paso obligan a la planta a depender del nitrógeno del suelo o de los fertilizantes nitrogenados. La deficiencia de nitrógeno es más frecuente en los suelos con bajo contenido de materia orgánica. También ocurre en suelos ácidos, en los que los niveles tóxicos de aluminio o manganeso, o las deficiencias de calcio y magnesio, restringen la descomposición microbiológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por *Rhizobium*. A su vez,



Graham (1981), menciona que el frijol es un cultivo del pequeño agricultor, comúnmente cultivado en condiciones de baja fertilidad del suelo y con insumos técnicos mínimos. Los inoculantes de *Rhizobium* rara vez se utilizan para reducir la dependencia del nitrógeno combinado, ya que la respuesta de los frijoles a la inoculación ha resultado ser demasiado variable. El autor revisó el potencial de fijación de nitrógeno en frijoles y los principales factores genéticos, edáficos y agronómicos que limitan este potencial. Enfatiza las condiciones de producción de América Latina y propone áreas en las que se necesita investigación para superar las limitaciones actuales a la fijación de nitrógeno en el cultivo. Piha y Munns (1987), mencionan que el rendimiento simbiótico generalmente deficiente del frijol cultivado en el campo, se ha atribuido a la dificultad para establecer una simbiosis eficaz y a la variabilidad genética en la capacidad de fijación de N. La ontogenia de la acumulación de N por frijol común simbiótico y fertilizado con N seleccionado por su alto potencial de fijación de N se comparó con las variedades comerciales de frijol caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] y soya [*Glycine max*, (L.) Merr.] en un campo deficiente en N (franco arenoso de Reiff, Typic Xerorthent). El caupí y la soya acumularon N a niveles más altos y a tasas más rápidas que el frijol común, ya sea simbiótico o fertilizado con nitrógeno. La acumulación relativa de N (acumulación de N en plantas simbióticas en relación con la de las plantas fertilizadas) durante el crecimiento vegetativo fue más alta para el caupí, intermedia para la soya y frijol de maduración tardía y más baja para las variedades comerciales de frijol de maduración temprana. La acumulación relativa de N durante las últimas etapas de crecimiento fue siempre mayor que en las primeras. Las tasas absolutas de acumulación de N disminuyeron después de la floración en plantas, tanto simbióticas como fertilizadas con nitrógeno. El frijol de maduración temprana y el caupí alcanzaron la madurez fisiológica al mismo tiempo, pero el frijol acumuló más de su N durante el desarrollo temprano y tuvo un período de crecimiento vegetativo más corto. A pesar de la débil capacidad vegetativa de fijación de N, algunos cultivares de frijol de maduración tardía lograron una acumulación de N de la cosecha final y un rendimiento de semillas similares, tanto si se fertilizaron o no con N.

Durán *et al.* (1997) evaluaron 14 cepas de *Rhizobium leguminosarum* Biovar *phaseoli* en el cultivo de frijol variedad Negro Cotaxtla-91, en tres localidades del estado de Veracruz, encontrando que la mejor cepa fue IPAGRO-487 con un rendimiento de 1,211 kg/ha, seguida por el tratamiento sin inocular, fertilizado químicamente con 40 kg/ha de nitrógeno, el cual rindió



1,179 kg/ha; les siguieron las cepas CIAT-274 e IPAGRO-4064 con 1,088 y 1,059 kg/ha respectivamente. En quinto lugar, se ubicó el testigo absoluto sin inocular y sin fertilizante con 1,039 kg/ha, el cual fue superado por la mejor cepa en 16.55%, mientras que el tratamiento fertilizado lo hizo con el 13.47%.

Durán *et al.* (1993), evaluaron 13 cepas de *R. leguminosarum* Biovar *phaseoli* de diferentes Centros Internacionales de Investigación: 1899 y 116 de la Universidad de Minnesota; 182, 1797 y 1865 del Niftal Project-University Hawaii; 2667, 2669, 2674 y 2676 de USDA; CM-01 y CM-12 de Piracicaba, Brasil; 899, 274, y 652 del CIAT Cali, Colombia y 487, 4064 y 4077 de MIRCEN Porto Alegre, Brasil. La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 1991-1992 en dos localidades: Papantla y el Campo Experimental Papalopan (CEPAP), localizadas en el norte y sur del estado de Veracruz, respectivamente. Los resultados mostraron que los rendimientos de grano en todos los tratamientos en ambas localidades fueron estadísticamente similares. En Papantla, el mejor rendimiento fue obtenido con la cepa USDA-2674 con 1,721 kg/ha, seguido por la cepa USDA-2667 con 1,541 kg/ha; estos tratamientos fueron 24% y 11% mayores que el testigo sin fertilizante nitrogenado respectivamente. En el CEPAP los rendimientos variaron de 487 a 868 kg/ha, siendo el promedio de rendimiento de 668 kg/ha, el cual es bajo debido a la acidez del suelo acrisol (pH 4.7). El rendimiento más alto se obtuvo con la cepa 487 con 868 kg/ha, seguida por la cepa CM-12 con 839 kg/ha y la cepa 4064 con 696 kg/ha; esos tratamientos fueron 29, 25 y 19% superiores en rendimiento al testigo sin fertilizante nitrogenado.

Tosquy *et al.* (2014) establecieron dos módulos experimentales en otoño-invierno 2009/2010, para determinar el efecto de sistemas de fertilización en el rendimiento del frijol. Los módulos se establecieron en José Azueta y Medellín, en el sur y centro de Veracruz, respectivamente. Se evaluaron los tratamientos: 1. Sin fertilización, 2. Inoculación de 1 kg de *R. intraradices* en 45 kg de semilla/ha (Gi) + la dosis 40N-20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0K<sub>2</sub>O (Fq) y 3. Gi + Fq + fertilización foliar orgánica con Nutripro Xtra-Alga, Nutripro Forte y Aminofit Xtra a 1 L/ha cada uno. En José Azueta se obtuvo un rendimiento promedio de 1,471.33 kg/ha, significativamente superior al de Medellín (826.67 kg/ha). La inoculación a la semilla con *R. intraradices*, en combinación con la dosis 40N-20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0K<sub>2</sub>O, incrementó en 87.6% el rendimiento de grano, en relación con el testigo sin fertilización, pero con la aplicación complementaria de fertilizantes foliares orgánicos, no se obtuvo un incremento adicional en el rendimiento.



Durán *et al.* (2015), validaron en el centro de Veracruz la respuesta a la inoculación de la Micorriza INIFAP (1 kg/ha), la bacteria fijadora de nitrógeno *R. leguminosarum* Biovar *phaseoli* (*R/Bp*) (350 g/ha), comparadas tanto individualmente como combinadas, y los tratamientos sin biofertilizantes + (40-40-00 kg/ha de N-P-K respectivamente), el testigo absoluto (TA) sin biofertilizante y sin fertilización química, en cuatro variedades de frijol: Negro INIFAP, Negro Tropical, Negro Tacaná y Negro Cotaxtla-91; se encontró que con la Micorriza INIFAP, el promedio de rendimiento de las variedades estudiadas se incrementó en promedio 55.3% con respecto al testigo absoluto, seguido por el tratamiento sin biofertilizantes + 40-40-00 kg/ha, el cual aumentó 40.6% el rendimiento sobre el testigo absoluto; después se mostró que el *R/Bp*, también logró incrementos de 25.5% sobre el testigo absoluto. Cabe mencionar que, con la adición de Micorriza INIFAP, las variedades Negro Tropical, Negro Cotaxtla-91 y Negro Tacaná incrementaron su rendimiento sobre el testigo absoluto en 127.01, 49.18 y 16.55%, respectivamente.

Lara-Capistrán *et al.* (2019), al evaluar la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), *Rhizobium etli* (*Re*) y una dosis reducida de fertilizante inorgánico en la producción y calidad de frijol Negro Michigan bajo condiciones de campo, encontraron que el mejor tratamiento fue HMA + *Rhizobium* + 50% F, donde su interacción simbiótica mejoró la calidad del grano de frijol, concluyendo que el manejo biológico de la nutrición vegetal puede ser una alternativa viable para sustituir o al menos reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y de esta manera, minimizar los costos a los productores agrícolas en la región de Actopan, Ver. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto la aplicación de la fertilización química, biofertilizantes y brasinoesteroides en la altura de planta, número de vainas por planta y el rendimiento de grano de frijol en condiciones de humedad residual en el centro de Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

Durante el ciclo otoño-invierno de 2000-2001, se estableció bajo condiciones de humedad residual, un experimento de frijol en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT), en un suelo fluvisol eútrico. El experimento se sembró el 16 de octubre de 2000, en diseño



experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y diseño de tratamientos de factorial 2 x 10 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos de biofertilizantes en la variedad de frijol Negro INIFAP.**

Sin Fertilización Química (Factor A)	Con 50% Fertilización Química (Factor B)
<i>Rhizobium</i>	<i>Rhizobium</i>
<i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Rhizophagus intraradices</i>
Brasinoesteroide	Brasinoesteroide
<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i>
<i>Rhizobium</i> + Brasinoesteroide	<i>Rhizobium</i> + Brasinoesteroide
<i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide	<i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide
<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide	<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide
Testigo absoluto	Testigo absoluto
Sin biofertilizante + 40-40-00 <sup>1</sup>	Sin biofertilizante + 40-40-00 <sup>1</sup>
1/3 del Trat. 9 (13-13-00)	2/3 del Trat. 9 (26-26-00)

<sup>1</sup>= kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente.

El tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 0.60 m de separación de 6.0 m de longitud (14.4 m<sup>2</sup>); a su vez, la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 0.6 m de separación y 5.0 m de longitud, eliminándose 0.5 m de cada cabecera (6.0 m<sup>2</sup>). Se utilizó la variedad de frijol Negro INIFAP. El manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del CECOT para el cultivo de frijol (López *et al.*, 1994). La dosis de *Rhizobium* fue de 350 g/ha y la de *R. intraradices* de 1.0 kg/ha; en el caso del brasinoesteroide fue de 10 g/ha por aplicación en tres dosis: la primera en la semilla, la segunda antes de la floración del cultivo y la tercera al 50% de la floración. La siembra se realizó en forma manual a una densidad de 45 kg de semilla/ha. La distancia entre plantas fue de 5 cm y depositando a “chorrillo” de 19 a 22 semillas por metro lineal, siendo la densidad de siembra establecida de 200,000 a 250,000 semillas/ha. Se usó la fórmula de fertilización química para los testigos (40-40-00; 13-13-00 y 26-26-00 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente), empleando como fuentes urea (46.0% de N) y fosfato diamónico (18-46-00) aplicada al momento de la siembra. Para la inoculación de la semilla con los biofertilizantes se utilizó la dosis recomendada por los fabricantes.





Se realizó control químico de malezas a los 15 y 32 días de la emergencia del cultivo y también se efectuaron dos pasos de cultivadora, a los 30 y 45 días después de la siembra (DDS). Durante la etapa vegetativa del cultivo se realizaron cuatro aplicaciones de cipermetrina en dosis de 50 g/ha, para el control de doradillas (*Diabrotica balteata* Le Conte y *Ceratomona ruficornis* Olivier) y chicharritas (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore).

Se tomaron datos de temperatura del ambiente, humedad relativa y de precipitación pluvial ocurrida durante el ciclo del cultivo con la estación climatológica del CECOT. Las variables medidas fueron: 1. Altura de planta final: cuantificada a los 90 DDS, en 20 plantas tomadas al azar en cada parcela útil, 2. Número de vainas por planta: también contabilizadas en 20 plantas tomadas al azar de cada parcela y 3. Rendimiento de grano: después de la cosecha entre los 90 a 92 DDS, el grano cosechado en cada parcela útil se transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Los datos se analizaron mediante el programa SAS Ver. 8.0.

## Resultados y Discusión

Durante la conducción del ensayo se tuvo una temperatura promedio mensual de octubre a diciembre de 2000, que varió de 25.49 a 26.41°C, siendo los meses de octubre y noviembre los más calurosos, cuando el cultivo de frijol se encontraba en la etapa vegetativa, mientras que en el mes de diciembre prevalecieron temperaturas promedio ligeramente más bajas, cuando el cultivo de frijol se encontraba en la etapa reproductiva (de inicio de floración al llenado de grano) y en diciembre se tuvieron las temperaturas promedio más bajas, cuando el cultivo se encontraba en las etapas de llenado de grano y maduración. La precipitación pluvial ocurrida durante el ciclo del cultivo fue de 627.6 mm, de la cual el cultivo requiere 85.7 mm en la etapa vegetativa y a partir del inicio de floración y reproductiva requiere en promedio 143.2 mm, los cuales fueron superados por las lluvias de noviembre y diciembre que, acumularon 278 mm; esta cantidad de humedad se considera ligeramente menor a la que reportan como suficiente para esta variedad, que de acuerdo con Villar y López (1994) es de 700 a 1,200 mm anuales y de acuerdo a Díaz *et al.* (2012) es de 450 a 900 mm. No obstante, el cultivo dispuso de 181 mm de lluvia durante el inicio de la floración, lo cual contribuyó a la formación de vainas y llenado de grano.



## Análisis de suelo

El análisis de suelo indicó que la textura del suelo es migajón limoso de 0 a 15 cm de profundidad y franco de 15 a 30 cm de profundidad. El pH fue de 6.04, el cual es medianamente ácido; el contenido de materia orgánica fue de 2.27% (mediano) para la profundidad de 0 a 15 cm y de 1.56% (medianamente pobre) para la profundidad de 15 a 30 cm. El contenido de nitrógeno total fue de 0.114% y 0.078% (mediano a medianamente pobre) para las profundidades de 0 a 15 cm y 15 a 30 cm, respectivamente. El fósforo disponible con Bray P-1 mostró valores de 45.5 a 72.0 mg/kg respectivamente, para las mismas dos profundidades antes indicadas, correspondiendo a un nivel extremadamente rico en ambas muestras.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variable altura de planta final, cuyos valores fueron de 69.80 cm y 70.75 cm para los niveles sin fertilización química SFQ y con 50% de fertilización química (FQ) respectivamente. Tampoco hubo diferencias significativas en el número de vainas/planta, que tuvo valores de 9.86 y 11.00 para SFQ y 50% FQ, respectivamente. En los análisis de varianza del rendimiento de grano no se detectaron diferencias significativas para la parcela grande (factor A) y la parcela chica (factor B). En el Cuadro 2, se observa que en las dos condiciones de fertilización al suelo, el tratamiento 3 (Brasinoesteroides), obtuvo el rendimiento promedio más alto con 1,583 kg/ha, siguiendo el tratamiento 8 (Testigo absoluto) con un rendimiento de 1,551 kg/ha, indicando que el nivel de fertilidad de este sitio experimental es de mediano a alto, lo cual se confirma con los rendimientos promedio generales obtenidos de ambos niveles de fertilización química al suelo, en el cual, la condición sin fertilización química (SFQ) produjo en promedio 1,574 kg/ha, mientras que el rendimiento con 50% de fertilización química (50% FQ) fue de 1,452 kg/ha o sea 122 kg menos, equivalente al 8.4%. Estos resultados no son tan significativos, al compararlos con los reportados por Tosquy *et al.* (2014). La inoculación a la semilla con *R. intraradices*, en combinación con la dosis 40N-20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0K<sub>2</sub>O, incrementó en 87.6% el rendimiento de grano, en relación con el testigo sin fertilización. El brasinoesteroide en combinación con la inoculación con *Rhizobium* (Tratamiento 5), produjo un rendimiento de 1,536.5 kg/ha. Por otra parte, los menores rendimientos se obtuvieron con las dosis de fertilización del tratamiento 10, 2/3 y 1/3 de la FQ que produjeron en promedio 1,380 y 1,494 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, y cuyo rendimiento promedio fue de 1,466 kg/ha; es importante mencionar que el rendimiento promedio de este sitio experimental fue de 1,513 kg ha<sup>-1</sup>, el cual



supera al rendimiento medio de frijol en el estado de Veracruz de 881 kg ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019), siendo un aumento de 632 kg/ha. Lo anterior representa un 71.73% de incremento al emplear la variedad Negro INIFAP en comparación a las variedades criollas que siembran los productores veracruzanos; también supera al potencial de rendimientos promedio de 1,175 y 1,151 kg/ha para el estado de Chiapas y a nivel sureste de México (Veracruz, Yucatán y San Luis Potosí) respectivamente.

**Cuadro 2. Rendimiento de grano de frijol Negro INIFAP (kg/ha) obtenido en respuesta a los biofertilizantes y brasinoesteroides en dos condiciones de fertilización química.**

N°	Tratamiento	SFQ	Increment. (%) / trat. Testigo <sup>1</sup>	50% FQ	Increment. (%) / trat. Testigo <sup>1</sup>	Promedio
3	Brasinoesteroide	1,639	9.70	1,527	2.89	1,583.0
8	Testigo absoluto	1,590	6.42	1,511	1.81	1,550.5
5	<i>Rhizobium</i> + Brasinoesteroide	1,567	4.88	1,506	1.48	1,536.5
2	<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,563	4.61	1,507	1.54	1,535.0
4	<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i>	1,607	7.56	1,432	-3.50	1,519.5
1	<i>Rhizobium</i>	1,609	7.69	1,374	-7.41	1,491.5
9	Sin biofertilizante + 40-40-00*	1,494	0.00	1,484	0.00	1,489.0
6	<i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide	1,587	6.22	1,375	-7.34	1,481.0
7	<i>Rhizobium</i> + <i>Rhizophagus intraradices</i> + Brasinoesteroide	1,529	2.34	1,415	-4.64	1,472.0
10	1/3 del Trat. 9 (13-13-00)	1,494	0.00	1,380	-7.00	1,437.0
	Media	1,574	6.17	1,452	-1.60	1,513.0
	ANOVA	N. S.		N. S.		

<sup>1</sup>= Tratamiento testigo fertilizado.

## Conclusiones

1. En las dos condiciones de fertilización al suelo, el tratamiento con brasinoesteroides sin fertilización química produjo el mayor rendimiento promedio de 1,583 kg/ha. 2. Los biofertilizantes *Rhizophagus intraradices* y *Rhizobium* solos o combinados aplicados a la



semilla antes de la siembra, pueden contribuir en incrementos en el rendimiento de frijol de 7.69% y 7.56% respectivamente sobre el tratamiento fertilizado con 40-40-00 de N-P-K. 3. Con estos resultados se puede contar con alternativas ecológicas y rentables de producción sustentable del frijol en condiciones de humedad residual el centro de Veracruz.

## Literatura Citada

- Díaz, P. G., R. A. Guajardo P., G. Medina G., I. Sánchez C., J. Soria R., J. M. P. Vásquez A. *et al.* 2012. Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. Publicación Especial Núm. 8. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. Sitio Experimental Teocelo. Xalapa, Ver., México. 137 p.
- Durán, A., J. Espinosa, J. Cumpián and R. Rodríguez. 1993. Evaluation of selected strains of *Rhizobium leguminosarum* Biovar *phaseoli* in beans in Veracruz-Mexico. p. 717. *In*. Palacios, R., J. Mora and W. E. Newton (eds.). New horizons in nitrogen fixation. Proceedings of the 9th International Congress on Nitrogen Fixation. Cancún, Q.R., México.
- Durán, P. A., F. J. Espinosa de los M., J. R. Rodríguez R. y J. Cumpián G. 1997. Inoculación de frijol con cepas de *Rhizobium leguminosarum* Biovar *phaseoli* en Veracruz, México. *Agric. Téc. Méx.* 23(1):49-68.
- Durán, P. A., J. F. Aguirre M. y O. A. Grageda C. 2015. Biológicos (Biofertilizantes). p. 133-140. *In*: Hernández-Tejeda, T. (ed.). Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. INIFAP. CENID COMEF. México, D. F.
- Graham, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. *Field Crops Res.* 4:93-112.
- Howeler, H. R. 1980. Desórdenes nutricionales. p. 350-355. *In*: Howard, F. S. y E. Gálvez G. (eds.). Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Lara-Capistrán, L., L. G. Hernández-Montiel, J. J. Reyes-Pérez, P. Preciado R. y R. Zulueta-Rodríguez. 2019. Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *REMEXCA* 10(5):1035-1046.



- López S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores Núm. 7. División Agrícola. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Piha, M. I. and D. N. Munns. 1987. Nitrogen fixation capacity of field grown beans plants compared to other grain legumes. *Agron. J.* 79:690-696.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Frijol. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. [consultado el 27 de julio de 2021].
- Tosquy, V. O. H., V. A. Esqueda E., R. Zetina L., A. Durán P. y J. R. Rodríguez R. 2014. Efecto de diferentes sistemas de fertilización en el rendimiento de frijol de humedad residual en Veracruz. *Rev. Biol. Agropec. Tuxpan* 2(1):160-164.
- Villar, S. B. y E. López S. 1994. Negro INIFAP, nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones tropicales similares. Folleto Técnico Núm. 4. División Agrícola. SARH. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 8 p.



## DETERMINACIÓN DE LA TASA DE TRANSPIRACIÓN DIARIA DEL CULTIVO DE JITOMATE MEDIANTE EL METODO DE BALANCE

Antonio Martínez Ruiz<sup>1\*</sup>, Genaro Pérez Jiménez<sup>1</sup>, Candido Mendoza Pérez<sup>2</sup>, Jose Luis Pons Hernández<sup>3</sup> y Enrique Gonzales Pérez<sup>3</sup>

### Resumen

La medición de la dinámica de la transpiración es crucial y necesario para entender la relación entre la planta-suelo-atmósfera, entender su relación con la planta en general y el dosel del cultivo en respuesta al ambiente, procesos químicos y biológicos. El método de balance es el más utilizado para estimar de manera directa la transpiración de un cultivo, para ello se instalan lisímetros de drenaje, que consisten en contenedores donde se regulan las variables que tienen que ver con el agua-suelo-planta-atmósfera, con el fin de manejar y programar apropiadamente el riego. En el presente trabajo, se evaluó el consumo hídrico del jitomate hidropónico en invernadero, durante tres etapas de desarrollo: etapa inicial, vegetativa-floración y floración-fructificación, aplicando el método de balance para determinar la transpiración diaria. Para tal efecto, se cultivó jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de crecimiento indeterminado, cultivar "CID F1". El trasplante se realizó el 24 de abril de 2016, en un invernadero de plástico con ventilación natural, con ventilas cenitales y laterales, de dimensiones de 8 m de ancho y 15 m de largo. El sistema de producción fue un sistema hidropónico, en el que se empleó como sustrato tezontle (roca volcánica), en bolsas con volumen de 10 litros de capacidad (35 x 35 cm) a una densidad de 3.5 plantas m<sup>-2</sup>, con un arreglo topológico a marco real. De acuerdo con la curva de consumo evaluado, se encontró que el consumo en los primeros 13 días correspondiente a la etapa inicial el cultivo consumió en promedio 710.6 L/m<sup>2</sup>. Durante la etapa vegetativa-floración, la planta extrajo 1.856 L/m<sup>2</sup> y en la etapa de floración-Fructificación fue de 2.710 L/m<sup>2</sup>. El método de balance es un procedimiento bastante útil y preciso para determinar la tasa de transpiración diaria de un

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) <sup>1</sup>CIRGOC, CE-San Martinito. \*Autor por correspondencia: [martinez.antonio@inifap.gob.mx](mailto:martinez.antonio@inifap.gob.mx).

<sup>2</sup> Postgrado de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados.

<sup>3</sup> CIR-Centro, CE-Bajío-INIFAP



cultivo, en sistemas hidropónicos. Para incrementar la precisión es necesario caracterizar la curva de retención del sustrato en cuestión.

**Palabras clave:** uso consuntivo, programación de riego, curva de tensión de humedad, fenología de cultivo

## Introducción

El crecimiento de un cultivo se encuentra fuertemente determinado por las variables climáticas de entorno en el que se encuentran, también por la cantidad de agua absorbida por transpiración y fertilizantes que se les aplica mediante el riego (Sánchez *et al.*, 2008). La transpiración, es un proceso de intercambio gaseoso de las plantas con la atmósfera (Bakker *et al.*, 2001). Este proceso tiene lugar cuando simultáneamente se da el proceso fotosintético. Mientras que, las plantas absorben dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pierden cantidades importantes de agua en forma de vapor a través de sus estomas. La medición de la dinámica de la transpiración es crucial y necesario para entender la relación entre la planta-suelo-atmósfera, entender la planta en general y el dosel del cultivo en respuesta al ambiente (Kamp y Timmerman, 1996), procesos químicos (Marschner, 1995) y biológicos (Stout *et al.*, 1999). Por otra parte, la transpiración ayuda a mantener en equilibrio entre temperatura del cultivo y el ambiente. Además de la transpiración, el monitoreo de la conductancia estomática, el déficit de presión de vapor, la diferencia entre la temperatura del aire y el cultivo, son variables que a menudo son utilizados en la agricultura para optimizar la disponibilidad de agua (Millan-Almaraz, 2010). En México, existe poca información sobre el consumo real de los cultivos en invernaderos, por tal razón, es necesario establecer procedimientos económicos y sencillos para estimar la transpiración de un cultivo en sistemas hidropónicos intensivos. El método de balance es el más utilizado para estimar de manera directa la transpiración de un cultivo, en el que se instalan lisímetros de drenaje, los cuales consisten en contenedores donde se regulan las variables que tienen que ver con el agua-suelo-planta-atmósfera, con el fin de manejar y programar apropiadamente el riego. En el presente trabajo, se evaluó el consumo hídrico del jitomate hidropónico en invernadero durante tres etapas de desarrollo: etapa inicial, vegetativa-



floración y floración-fructificación, aplicando el método de balance para determinar la transpiración diaria.

## **Materiales y Métodos**

### **Establecimiento de la unidad experimental**

Se estableció un ensayo experimental en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, en los terrenos de la estación meteorológica del Departamento de Ingeniería en Irrigación, cuyas coordenadas son: 19° 29' LN, 98° 53' O y 2240 m de altitud. Se cultivó jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de crecimiento indeterminado, cv. "CID F1". El trasplante se realizó el 24 de abril de 2016, en un invernadero de plástico con ventilación natural, con ventilas cenitales y laterales, de dimensiones de 8 m de ancho y 15 m de largo. El sistema de producción fue un sistema hidropónico, en el que se empleó como sustrato tezontle (roca volcánica), en bolsas con volumen de 10 L de capacidad (35 cm x 35 cm), a una densidad de 3.5 plantas m<sup>2</sup>, con un arreglo topológico a marco real. Se determinó la curva de retención de humedad de sustrato con la finalidad de conocer las características físicas del material.

### **Manejo del riego y nutrición**

En la fase de plántula, se regaron con una solución nutritiva al 50% de la solución universal de Steiner (Pineda-Pineda, 2009; Martínez *et al.*, 2019). Después de la emergencia, se utilizó al 100% de la solución. Se realizó 12 riegos diarios de manera constante hasta finalizar el ciclo del cultivo, únicamente variándose el tiempo de riego a medida que fue avanzando el crecimiento y desarrollo del cultivo, iniciando con riegos de un minuto en la primera etapa vegetativa del cultivo, aumentando a 2 minutos al iniciar la etapa reproductiva, 3 minutos a inicios de cosecha y 4 minutos de riego en plena cosecha, reduciendo el tiempo de riego en 1 minuto cada vez que se realizó la labor cultural de poda de hojas. Es importante mencionar que, el procedimiento para ir variando el tiempo de riego se auxilió de un lisímetro de pesada, conectada a una computadora, además de la evaluación de los valores de drenajes diarios. Se instaló un sistema de riego por goteo automatizado, con un tinaco de 5 m<sup>3</sup> de capacidad en donde se realizó la mezcla de los fertilizantes y los ácidos para regular el valor de pH a 6.5. Las mangueras de riego utilizado fueron de 16 mm con goteros de una capacidad máxima de





8 L/h, con adaptadores de cuatro salidas, cada una de estas salidas con su respectivo tubín y estaca colocados en cada maceta. Se suministró un caudal de 2 L/h a cada bolsa. La solución de Steiner (Pineda-Pineda *et al.*, 2009) consistió en las siguientes concentraciones:  $\text{NO}_3^-$ : 168,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : 45,  $\text{K}^+$ : 292.5,  $\text{Ca}^{2+}$ : 180,  $\text{Mg}^{2+}$ : 48.6:  $\text{SO}_4^{2-}$ : 224 y concentración de micronutrientes (mg/L):  $\text{Fe}^{2+}$ : 2,  $\text{Mn}^{2+}$ : 1,  $\text{Zn}^{2+}$ : 0.2,  $\text{Cu}^{2+}$ : 0.1. Se empleó un diseño experimental aleatorio en bloques con tres repeticiones.

### Estimación de la transpiración diaria

Se instalaron siete lisímetros drenaje distribuidos aleatoriamente, en el que se aplicó el método de balance consistente en medir el agua suministrada en el riego, y el agua drenada en las macetas. En ambos tipos de lisímetros fue necesario cubrir las macetas con plástico blanco con la finalidad de desprestigiar los valores de evaporación.

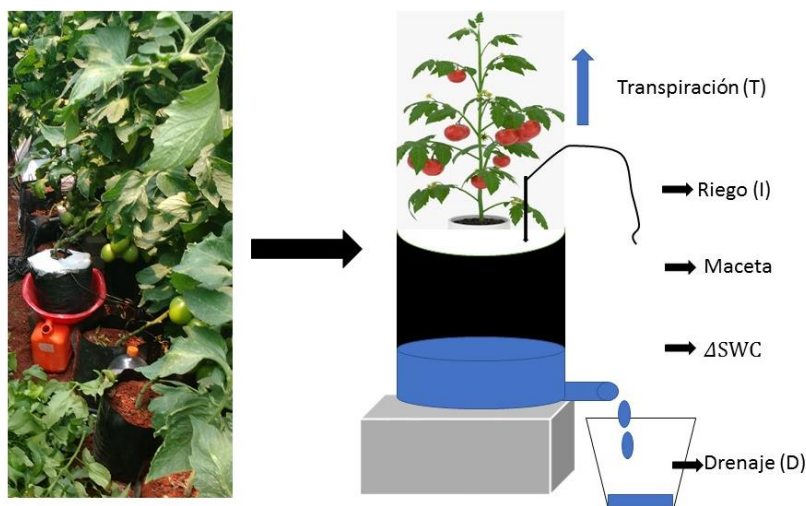


Figura 1. Esquemización de la instalación de los lisímetros de drenaje para medir transpiración.

### Método de balance

La evapotranspiración o transpiración diaria del cultivo en suelo o sustrato se puede determinar con mediciones semanales, o a nivel diario, usando el enfoque de balance (Gallardo *et al.*, 2014; Mendoza-Pérez *et al.*, 2018), basado en la siguiente ecuación (1).

$$ET_c = [(SWC_{t_0} - SWC_{t_1}) + I - D] \quad (1)$$

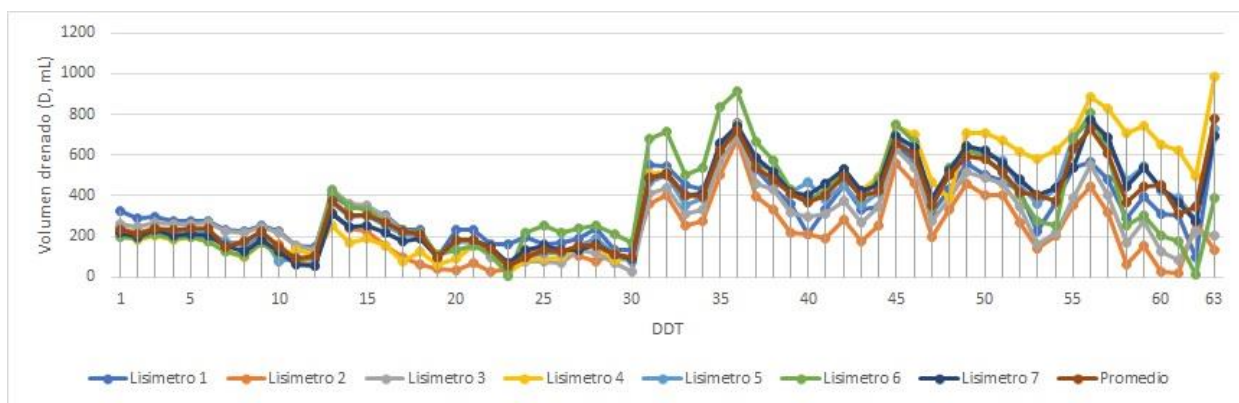
Donde;  $(SWC_{t_0} - SWC_{t_1})$ , es el cambio del contenido de humedad volumétrica ( $SWC$ ) entre dos mediciones sucesivas de humedad ( $t_0$  y  $t_1$ ).  $I$  y  $D$  son el volumen aplicado en el riego y el



volumen drenado para un periodo considerado de una semana o a nivel diario. El contenido de la humedad volumétrica se midió usando un Spectrum TDR-300 (Spectrum Technologies), como el promedio de las mediciones en tres profundidades en el contenedor o en su defecto puede despreciarse ya que, la capacidad de retención de agua de algunos sustratos como el tezontle es muy baja, la medición de esta variable junto con el volumen drenado de la maceta se recomienda realizarlo antes del primer riego del siguiente día. El volumen de riego aplicado se puede estimó con los datos del gotero o micro-aspersor, el número de riegos y el tiempo de riego.

## Resultados y Discusión

En la Figura 2, se muestran los valores medidos de drenaje con cada uno de los siete lisímetros instalados en la unidad experimental.

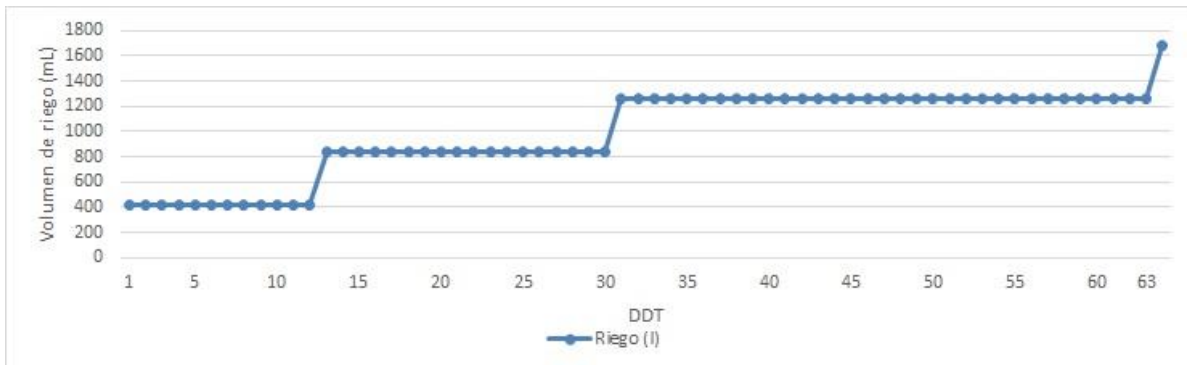


**Figura 2. Volumen de drenaje medido por los lisímetros de pesada instalados en el interior del invernadero, en un cultivo de tomate en condiciones de invernadero.**

También se presenta el valor promedio de todos los lisímetros, estos representan la variable de salida en el balance, como variable de entrada es el volumen de riego que se fue variando conforme fue desarrollando el cultivo, estos volúmenes se ilustran en la Figura 3 donde se observa en los valores de drenaje medidos que se dieron tres cambios en el tiempo de riego. Estos cambios se realizaron a los 13 días después del trasplante (DDT) (2 minutos de riego) y 31 DDT (3 minutos de riego), iniciando con 1 minuto de riego, esto, de acuerdo con Silva *et al.*

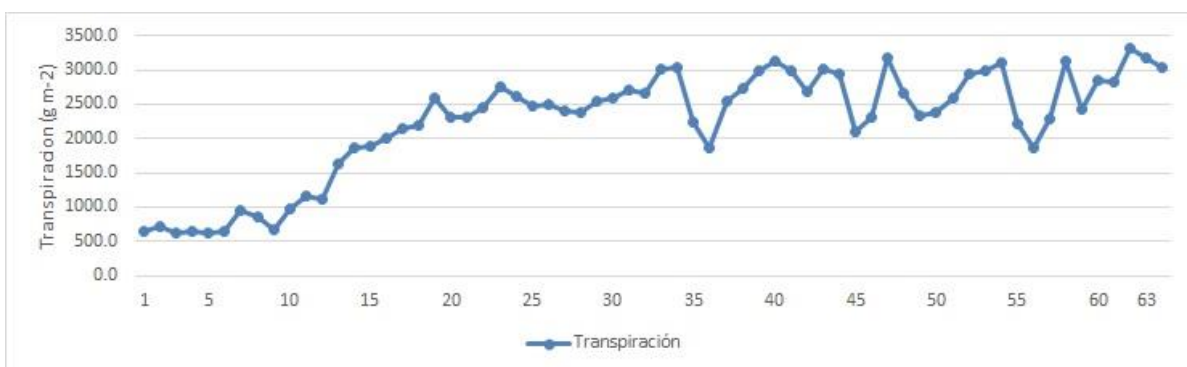


(2018) y Ruiz *et al.* (2020) corresponden a una etapa inicial, vegetativa-floración y floración-fructificación, respectivamente.



**Figura 3. Volumen de riego aplicado durante el ciclo de cultivo de jitomate hidropónico, en condiciones de invernadero.**

En la Figura 4, se muestra la tasa de transpiración diaria ( $g/m^2$ ) resultado de aplicar el método de balance (ecuación 1), en donde, se observa las mayores fluctuaciones de consumo de agua se da durante los días nublados, el consumo en los primeros 13 días correspondiente a la etapa inicial, el cultivo consumió en promedio  $710.6 L/m^2$ , durante la etapa vegetativa-floración la planta extrajo  $1.856 L/m^2$  y en la etapa de floración-fructificación fue de  $2.710 L/m^2$ .

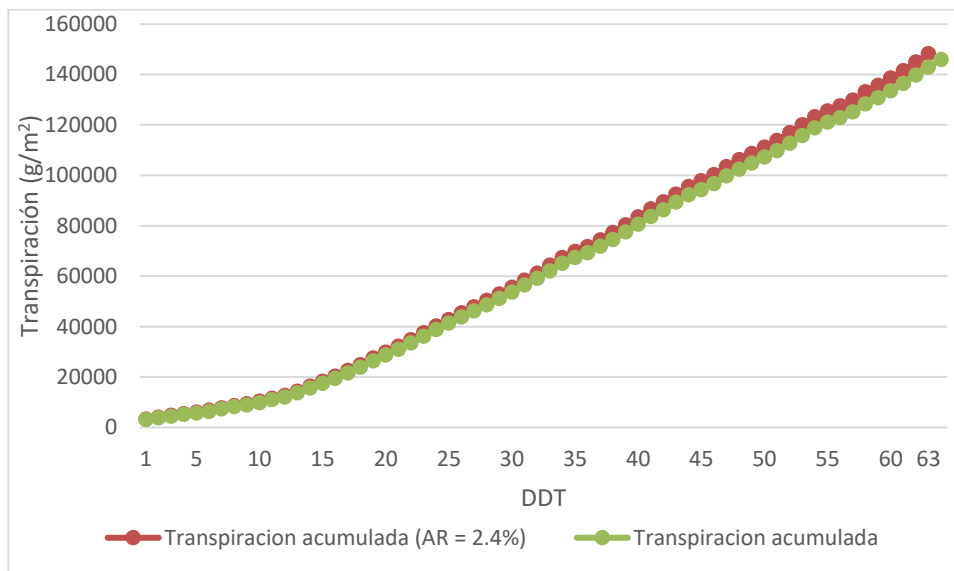


**Figura 4. Transpiración estimada por el método de lisímetros de drenaje en un cultivo de jitomate en condiciones de invernadero.**

Estos valores son ligeramente diferentes en las dos primeras etapas, no obstante, son cercanos al volumen consumido en la etapa de fructificación y llenado de fruto de acuerdo con Mendoza-Pérez *et al.* (2018) quienes evaluaron jitomate a uno, dos y tres tallos por planta para



un ciclo de primavera-verano. De acuerdo con la Figura 4, durante el periodo evaluado se alcanzó una absorción máxima de agua de  $3.320 \text{ L/m}^2$ , el cual puede ser un valor que cobra importancia al momento del diseño del sistema de riego. Para aplicar el método de balance es conveniente conocer las características físicas del sustrato ya que, nos brinda información importante sobre el manejo del volumen de drenaje, en este caso, es necesario conocer el agua retenida (AR) por el sustrato que, para el tezontle resultó un valor de 2.4%, valor característico de este tipo de sustratos que tienen muy baja capacidad de retención de 25% y agua fácilmente disponible para las plantas de 5.4%. Para los casos de no contar con algún sensor para medir el agua retenida en el sustrato, es válido tomar como referencia el valor de %AR que resulta de la evaluación en laboratorio de las propiedades físicas de este sustrato en particular. En la Figura 5, se presentan los valores de transpiración acumulados por el método de balance, sin considerar el factor de corrección del %AR y considerando este valor que resultado de la prueba en laboratorio. La cantidad de agua consumida durante al final del periodo de evaluación fue de 148.245 L considerando %AR y de 145.924 L sin considerar este parámetro del sustrato, el cual no representa demasiada diferencia entre ambos valores.



**Figura 5. Transpiración acumulada estimada con el método de balance sin considerar el porcentaje de agua retenida (%AR) por el sustrato y considerando el %AR.**  
**Conclusiones**



El método de balance es un procedimiento bastante útil y preciso para determinar la tasa de transpiración de un cultivo a nivel diario, en sistemas de producción intensiva donde se manejen diferentes sustratos, el único requisito primordial es asegurar que se tenga un volumen mínimo de drenaje, de lo contrario, el método deja de funcionar. O bien, para alcanzar mayor precisión es recomendable caracterizar la curva de retención de humedad del sustrato en cuestión, o bien, instalar sensores de humedad de suelos para monitorear los niveles de humedad en las macetas. Conocer la absorción máxima de agua de un cultivo nos permite realizar un diseño de los sistemas de riego *ah doc* al sistema de cultivo a establecer en un momento dado. Por otra parte, la curva de absorción de agua en el tiempo nos puede ayudar a optimizar el manejo de riego en sistemas de suelo. Aunque, para la programación de riego en sistemas hidropónicos puede no ser de gran utilidad ya que es valor puntual diario, es posible calibrar algún modelo para redecir la transpiración instantánea a partir de datos medidos diarios de esta variable.

### Literatura Citada

- Bakker, J. C., G. P. A. Bot, H. Challa and N. J. Braak. 2001. Greenhouse Climate Control: An Integrated Approach; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- Gallardo, M., R. B. Thompson, C. Giménez, F. M. Padilla and C. O. Stöckle. 2014. Prototype decision support system based on the VegSyst simulation model to calculate crop N and water requirements for tomato under plastic cover. *Irrig. Sci.* 32(3):237-253.
- Kamp, P. G. H., and G. J. Timmerman. 1996. Computerized Environmental Control in Greenhouses: A Step by Step Approach; IPC Plant: Ede, The Netherlands, 1996.
- 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. Agric. Res.* 79(1):89-102.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants; Academic Press: San Diego, CA, USA.
- Mendoza-Pérez, C., C. Ramírez-Ayala, W. Ojeda-Bustamante, C. Trejo, A. López-Ordaz, A. Quevedo-Nolasco. A. and A. Martínez-Ruiz. 2018. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to water consumption, leaf area and yield with respect to the number of stems in the greenhouse. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 50(2):87-104.



- Millan-Almaraz, J. R., R. D. J. Romero-Troncoso, R. G. Guevara-Gonzalez, L. M. Contreras-Medina, R. V. Carrillo-Serrano, R. A. Osornio-Rios, C. Duarte-Galvan, M. A. Rios Alcaraz and I. Torres-Pacheco. 2010. FPGA-based fused smart sensor for real-time plant-transpiration dynamic estimation. *Sensors*, 10(9):8316-8331.
- Pineda-Pineda. J., A. Ramírez-Arias, F. Sánchez del Castillo, A. M. Castillo-González, L. A. Valdez-Aguilar and J. M. Vargas-Canales. 2009. Extraction and nutrient efficiency during the vegetative growth of tomato under hydroponics conditions. In *International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems-GreenSys2009*, 893. pp. 997-1005.
- Ruíz, A. M., G. P. Jiménez, C. M. Perez, F. R. F. de la Rosa y M. S. Palestina. 2020. Variación temporal de los índices de sensibilidad de un modelo de cultivo para jitomate en invernadero. *Ingeniería y Región* 24:30-40.
- Sánchez, J. A., F. Rodríguez, J. L. Guzmán, M. Berenguel and 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.
- Silva, C. J. D., C. A. D. Silva, C. A. D. Freitas, A. Golynski, L. F. da Silva, L. F. and J. Frizzone. 2018. Tomato water stress index as a function of irrigation depths. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 22 (2):95-100.
- Stout, M. J., A. L. Fidantsef, S. S. Duffey and R. M. Bostock. 1999. Signal interactions in pathogen and insect attack: Systemic plant-mediated interactions between pathogens and herbivores of the tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Physiol. Molec. Plant. Pathol.* 54, 115-130.



## MEDICIÓN DE LA TRANSPIRACIÓN DE JITOMATE EN INVERNADERO MEDIANTE UN LISÍMETRO DE PESADA AUTOMATIZADA

Antonio Martínez Ruiz<sup>1\*</sup>, Candido Mendoza Pérez<sup>2</sup>, Genaro Pérez Jiménez<sup>1</sup>, Jose Luis Pons Hernández<sup>3</sup>,  
Enrique Gonzales Pérez<sup>3</sup> y Julio Torres Sandoval<sup>4</sup>

### Resumen

El jitomate es la principal hortaliza cultivada en todo el mundo, tanto a cielo abierto como en invernadero. Uno de los problemas principales en la producción de jitomate en el centro de México es la escasa información sobre sus requerimientos de riego, en consecuencia, la calendarización del riego es empírica. Cada tipo de invernadero provee diferente microclima, lo cual afecta los procesos físicos incluyendo la transpiración del cultivo. El objetivo del presente trabajo fue medir la tasa de transpiración instantánea del cultivo de jitomate hidropónico de ciclo de primavera-verano, en invernadero, con la utilización de un lisímetro de pesada automatizada. Se cultivó jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de crecimiento indeterminado del cv. 'CID F1'. El trasplante se realizó el 24 de abril de 2016, en un invernadero de plástico con ventilación natural, con ventilas cenitales y laterales, de dimensiones de 8 m de ancho y 15 m de largo. Para medir la transpiración, se instaló un lisímetro de pesada en el que se utilizó una balanza electrónica. La balanza se instaló en el centro del invernadero considerado como el área representativa del cultivo, el tipo de balanza utilizado fue Sartorius modelo QA de capacidad máxima de 120 kg y precisión de  $\pm 5$  g. Se instaló una estación meteorológica dentro del invernadero donde se midió la radiación solar global con un pyranómetro modelo S-LIB-M003 (HOBO, Onset Corporation), este, se colocó a 3 m sobre el cultivo. Los datos se almacenaron cada minuto en un dataloger U-30-NRC (HOBO). Se encontró que la absorción de agua por el cultivo en la etapa inicial fue de 0.5 L/m<sup>2</sup> y de 3.5 L/m<sup>2</sup> durante la etapa de floración-fructificación. Es importante mencionar que, el método de

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CIRGOC, CE-San Martinito. \*Autor por correspondencia: martinez.antonio@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Postgrado de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados.

<sup>3</sup> CIR-Centro, CE-Bajío-INIFAP.

<sup>4</sup> CIR-Centro-CEVAMEX.



medir el agua consumida por un cultivo utilizando balanzas es el método más preciso y ayuda a calibrar algunos métodos indirecto como son la aplicación de modelos. La variable radiación tiene una alta correlación con la transpiración, por lo que, es factible aplicar un modelo sencillo como lo es la ecuación potencial para conocer el consumo diario de agua por las plantas.

**Palabras clave:** radiación acumulada, calor latente, uso consuntivo, fotosíntesis

## Introducción

El jitomate es la principal hortaliza cultivada en el mundo, tanto a cielo abierto como en invernadero. Uno de los problemas principales en la producción de jitomate en el centro de México es la escasa información sobre sus requerimientos de riego, en consecuencia, la calendarización del riego es empírica (Flores *et al.*, 2007). El conocimiento de la Evapotranspiración (ET) o transpiración (Tr) es importante en el modelado del consumo hídrico, crecimiento de cultivo, programación de riegos, y optimización de la producción de cultivos. La medición, estimación y predicción de estas variables, así como el requerimiento de agua por el cultivo, puede resultar en una mejor satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo y mejorar la eficiencia del uso del agua (Fisher, 2012). Un número de métodos se han desarrollado para estimar la ET, principalmente basados en información climática y agronómica (Martínez-Ruiz *et al.*, 2012), sin embargo, la medición de la ET mediante lisímetros de pesada se ha utilizado desde hace mucho tiempo y se considera hasta ahora el método más preciso para estudiar el proceso de Tr o ET de un cultivo (Torres *et al.*, 2012).

Las aplicaciones agronómicas de los lisímetros de pesada son numerosas. Entre ellos está la comparación y análisis diferentes métodos para la estimación de dicha variable, medición y comparación en diferentes cultivares, calibración y validación de modelos (Katsoulas y Stanghellini, 2019), entre otros (Lovelli *et al.*, 2005; López-Urrea *et al.*, 2006). Cada tipo de invernadero provee diferente microclima, esto, afecta los procesos físicos incluyendo la transpiración del cultivo. La estimación de la cantidad de energía que absorbe las plantas depende de múltiples características del invernadero (cubierta plástica) y de los sistemas del control climático si se tiene (Katsoulas y Stanghellini, 2019). El objetivo del presente trabajo





fue, medir la tasa de transpiración instantánea del cultivo de jitomate hidropónico de ciclo de primavera-verano en invernadero, con la utilización de un lisímetro de pesada automatizada.

## **Materiales y Métodos**

### **Datos del cultivo**

Se estableció un ensayo experimental en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, en los terrenos de la estación meteorológica del departamento de ingeniería en irrigación, cuyas coordenadas son: 19 ° 29 'LN, 98 ° 53' O y 2240 m de altitud. Se cultivó jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de crecimiento indeterminado, cv. 'CID F1'. El trasplante se realizó el 24 de abril de 2016, en un invernadero de plástico con ventilación natural, con ventilas cenitales y laterales, de dimensiones de 8 m de ancho y 15 m de largo. El sistema de producción fue un sistema hidropónico, en el que se empleó como sustrato tezontle (roca volcánica), en bolsas con volumen de 10 litros de capacidad (35 cm x 35 cm) a una densidad de 3.5 plantas/m<sup>2</sup>, con un arreglo topológico a marco real.

### **Manejo del riego y nutrición**

En la fase de plántula, se regaron con una solución nutritiva al 50% de la solución universal de Steiner (Pineda-Pineda *et al.*, 2009). Después de la emergencia, se utilizó el 100% de la solución. Se realizó 12 riegos diarios de manera constante hasta finalizar el ciclo del cultivo, únicamente variándose el tiempo de riego a medida que fue avanzando el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se inició con riegos de 1 minuto en la primera etapa vegetativa del cultivo, aumentando a 2 minutos al iniciar la etapa reproductiva, 3 minutos a inicios de cosecha y 4 minutos de riego en plena cosecha. Se redujo el tiempo a 1 minuto cada vez que se realizó la labor cultural de poda de hojas. El procedimiento para ir variando el tiempo de riego se auxilió de un lisímetro de pesada, conectada a una computadora, además de la evaluación de los valores de drenajes diarios. Se instaló un sistema de riego por goteo automatizado, con un tinaco de 5 m<sup>3</sup> de capacidad, en donde, se realizó la mezcla de los fertilizantes y los ácidos para regular el valor de pH a 6.5. Las mangueras de riego utilizado fueron de 16 mm con goteros de una capacidad máxima de 8 L/h con adaptadores de cuatro salidas, cada una de estas salidas con su respectivo tubín y estaca, colocados en cada maceta. Se suministró un



caudal de 2 L/h a cada bolsa. La solución de Steiner (Pineda-Pineda *et al.*, 2009) consistió en las siguientes concentraciones:  $\text{NO}_3^-$ : 168,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : 45,  $\text{K}^+$ : 292.5,  $\text{Ca}^{2+}$ : 180,  $\text{Mg}^{2+}$ : 48.6:  $\text{SO}_4^{2-}$ : 224 y concentración de micronutrientos (mg/L):  $\text{Fe}^{2+}$ : 2,  $\text{Mn}^{2+}$ : 1,  $\text{Zn}^{2+}$ : 0.2,  $\text{Cu}^{2+}$ : 0.1. Se empleó un diseño experimental aleatorio en bloques con tres repeticiones.

### **Medición de la transpiración**

Para la medición de la transpiración, se instaló un lisímetro de pesada en el que se utilizó una balanza electrónica (Sánchez *et al.*, 2011; Medrano *et al.*, 2005; Martínez-Ruiz 2021a, 2021b). La balanza se instaló en el centro del invernadero considerado como el área representativa del cultivo, el tipo de balanza utilizado fue Sartorius modelo QA de capacidad máxima de 120 kg y precisión de  $\pm 5$  g. Se diseñó un sistema de soporte para aislar las plantas evaluadas del sistema de tutor en general dentro del invernadero. El lisímetro se conectó a una computadora de escritorio en el que se almacenaron los datos cada minuto. La siguiente expresión se aplicó para obtener los valores de transpiración (Ecuación 1).

$$Tr = \frac{1}{\Delta t} \left[ \frac{P_S(t) - P_S(t + \Delta t)}{S} \right] * \frac{d}{Np} \quad (1)$$

Donde:  $\Delta t$  = intervalo de tiempo (min);  $P_S(t + \Delta t)$  y  $P_S(t)$  representan las masas (kg) registradas entre dos intervalos sucesivos de tiempo (t).  $S$  es la superficie equivalente de invernadero ( $\text{m}^2$ ) correspondiente a las plantas situadas sobre la balanza, que será la relación entre el número de plantas ( $Np$ ) situadas sobre la balanza y su densidad de plantación  $d = 2.6$ .

### **Variable del clima**

Se instaló una estación meteorológica dentro del invernadero, donde, se midió la radiación solar global con un piranómetro modelo S-LIB-M003 (HOBO, Onset Corporation), este se colocó a 3 m sobre el cultivo. Los datos se almacenaron cada minuto en un datalogger U-30-NRC (HOBO). Estos valores se integraron a nivel diario para ser utilizado en el análisis de la transpiración del cultivo.

## **Resultados y Discusión**

En la Figura 1, se describe los pasos para instalar un lisímetro de pesada para medir la transpiración instantánea de jitomate hidropónico en invernadero, en el que se diseñó un

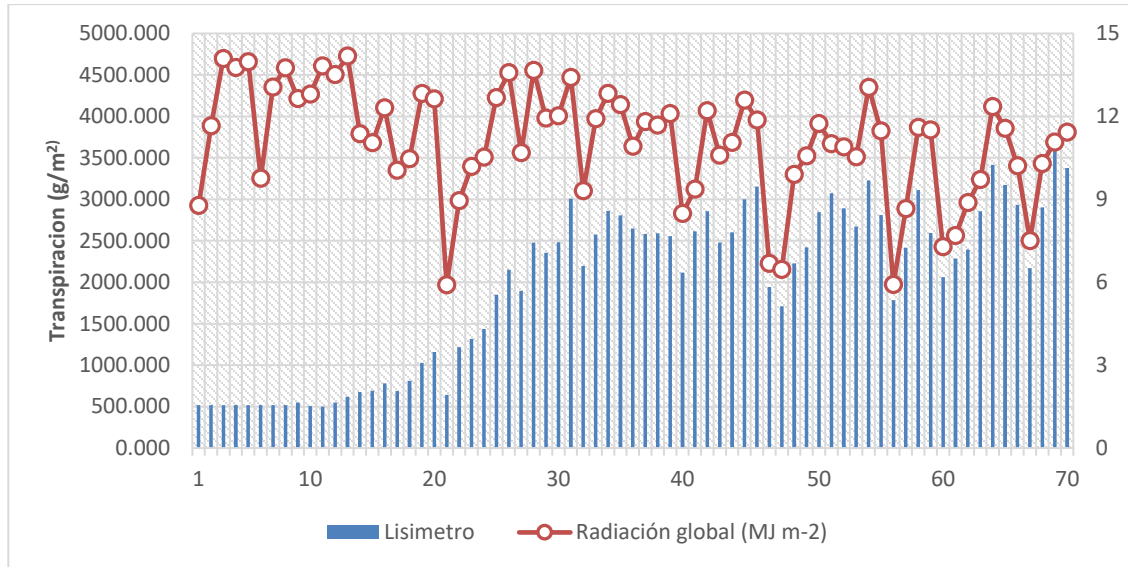


soporte para la unidad experimental, con este procedimiento solo se necesita de una sola balanza para el registro de los pesos.



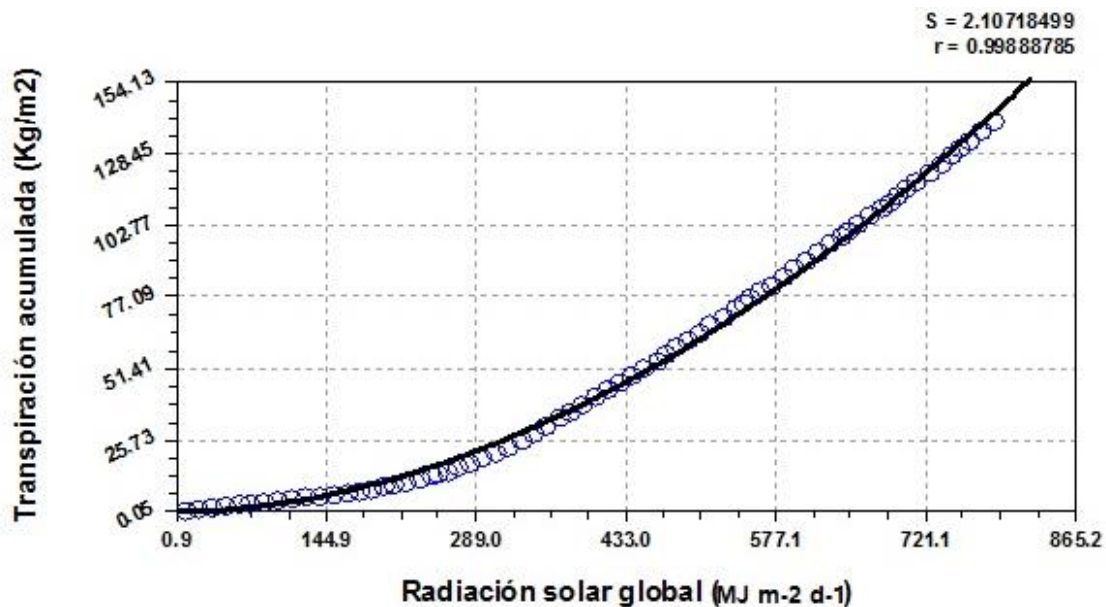
**Figura 1. Procedimiento para la instalación de un lisímetro de pesada para medir la transpiración en cultivos en sistemas intensivos.**

En la Figura 2, se muestran los valores de la integral de la radiación diaria y la transpiración diaria para el cultivo de jitomate hidropónico de ciclo primavera-verano, donde, se muestra que en los días mas soleados se acumularon entre 12 y 14 MJ/m<sup>2</sup>/d y en días nublados se alcanzó un valor de 6 MJ/m<sup>2</sup>/d. Para el caso de la transpiración, alcanzan un valor máximo de 3.5 L/m<sup>2</sup> y valor mínimo de 1.5 L/m<sup>2</sup> para la etapa de floración y fructificación, respectivamente. Al respecto, Flores *et al.* (2007) encontró valores que superan el doble del consumo hídrico por este. Para los primeros 15 días después del trasplanta (DDT), los valores no superaron los 0.5 L/m<sup>2</sup>, estos valores son ligeramente superiores a 0.8 L/m<sup>2</sup> reportados por Flores *et al.* (2007) para una etapa inicial en jitomate en invernadero. Mendoza-Pérez *et al.* (2018) encontró valores cercanos de absorción de agua para el mismo cultivo para producción a un tallo durante la etapa inicial, aunque, para la etapa de floración-fructificación reportó valores ligeramente menores.



**Figura 2. Transpiración diaria acumulada y radiación solar global de jitomate hidropónico en invernadero.**

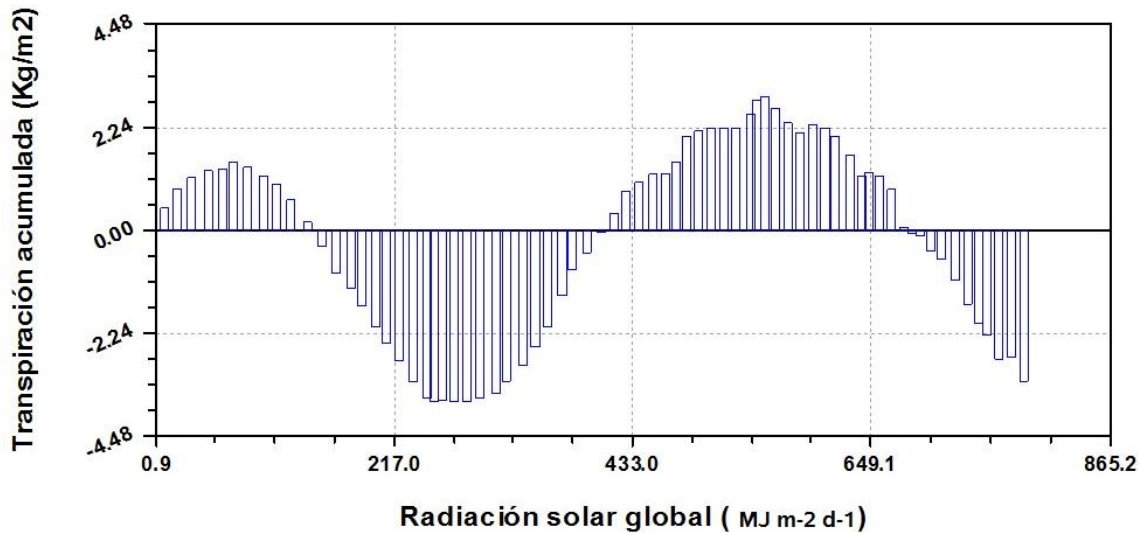
Con los datos acumulados de transpiración del cultivo y la integral de la radiación, se buscó la correlación existente entre ambas variables y se encontró una relación potencial del tipo  $Tr = 0.0005 * Rg^{1.871}$ , con un coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0.998 y un error estándar ( $S$ ) de 2.107 (Figura 3).



**Figura 3. Correlación de la tasa de transpiración diaria acumulada con la integral de los valores de la radiación solar global diaria acumulada, la línea continua es la línea de regresión potencial.**



Así mismo, en la Figura 4 se presenta el grafico de residuales como respuesta a la calibración del modelo potencial. Flores *et al.* (2007) argumenta que el manejo y programación de riego mediante radiación acumulada es posible siempre y cuando se tenga la calibración del método con valores medidos de la transpiración del cultivo en cuestión.



**Figura 4. Graficas de residuales de la correlación de la transpiración acumulada diaria y la integral de la radiación solar global diaria en un cultivo de jitomate en condiciones de invernadero.**

## Conclusiones

Los lisímetros de pesada es el método mas preciso para determinar el consumo hídrico de un cultivo, ya sea en campo a cielo abierto o en invernaderos. La desventaja de este método es que puede resultar costoso y requiere de un nivel de capacitación más riguroso, no obstante, es una herramienta indispensable para calibrar otros métodos indirectos como son: la aplicación del modelado de la transpiración, fotosíntesis, rendimientos entres otros. Actualmente en la programación de riego se están empleando métodos bastantes sencillos pero prácticos como lo es el manejo del riego con la radiación acumulada. No obstante, para hacer valido dicho procedimiento es necesario calibrar el método con el apoyo de un lisímetro de pesada.



## Literatura Citada

- Fisher, D. K. 2012. Simple weighing lysimeters for measuring evapotranspiration and developing crop coefficients. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 5(3):35-43.
- Flores, J., W. Ojeda-Bustamante, I. López, A. Rojano y I. Salazar. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoam.* 25(2):127-134.
- Katsoulas, N. and C. Stanghellini. 2019. Modelling crop transpiration in greenhouses: Different models for different applications. *Agronomy* 9(7):392.
- López-Urrea, R., F. Martín De Santa Olalla, C. Fabeiro and A. Moratalla. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. *Agr. Water. Manage.* 85:15-26.
- Lovelli, S., S. Pizza, T. Caponio, A. R. Rivelli and M. Perniola. 2005. Lysimetric determination of muskmelon crop coefficients cultivated under plastic mulches. *Agr. Water. Manage.* 72:147-159.
- 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., A. Ruiz-García, J. Prado-Hernández, I. L. López-Cruz, J. Valencia-Islas, and J. Pineda-Pineda. 2021a. Global sensitivity analysis and calibration by differential evolution algorithm of HORTSYST crop model for fertigation management. *Water* 13(5):610.
- Martínez-Ruiz, A., I. López-Cruz, A. Ruiz-García, J. Pineda-Pineda, P. Sánchez-García and C. Mendoza-Pérez. 2021b. Uncertainty analysis of the HORTSYST model applied to fertigated tomatoes cultivated in a hydroponic greenhouse system. *Span. J. Agric. Res.* 19(3):e0802.
- Medrano, E., P. Lorenzo, S. Cruz and M. Ignacio. 2005. Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Sci. Hort.* 105:163-175.
- Mendoza-Pérez, C., C. Ramírez-Ayala, W. Ojeda-Bustamante, C. Trejo, A. López-Ordaz, A. Quevedo-Nolasco and A. Martínez-Ruiz. 2018. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to water consumption, leaf area and yield with respect to the number of stems in the greenhouse. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 50(2):87-104.



- Pineda-Pineda, J., A. Ramírez-Arias, F. Sánchez del Castillo, A. M. Castillo-González, L. A. Valdez-Aguilar and J. M. Vargas-Canales. 2009. Extraction and nutrient efficiency during the vegetative growth of tomato under hydroponics conditions. In International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems-GreenSys2009, 893. p. 997-1005.
- Sánchez, J. A., F. Rodríguez, J. L. Guzmán and M. Berenguel. 2011. Modelling of tomato crop transpiration dynamics. *Acta Hortic.* 893:729-738.
- Torres, I. L., C. Santos, L. Testi, and E. F. Castiel. 2012. Design and construction of a large weighing lysimeter in an almond orchard. *Span. J. Agric. Res.* 1:238-250.



# EFECTO DE LA FITOPLASMOSIS EN EL DESARROLLO DEL CHAYOTE (*Sechium edule*, Jacq. Sw)

Ana Laura Ambrosio López<sup>1</sup>, Eucario Mancilla Álvarez<sup>1</sup>, Norma Mora Collado<sup>1</sup>, Luz Irene Rojas Avelizapa<sup>1</sup>,  
Régulo Carlos Llarena Hernández<sup>1</sup> y Rosalía Núñez Pastrana<sup>1\*</sup>

---

## Resumen

El chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) es un cultivo importante a nivel nacional, sus frutos cuentan con importantes propiedades nutricionales y diversos beneficios medicinales. Esta especie es hospedera de un fitoplasma. Los fitoplasmas son bacterias de la clase de los Mollicutes que afectan a las plantas a nivel sistémico, causando anomalías en el desarrollo de la planta y sus frutos, ocasionando pérdidas económicas para los agricultores. La enfermedad se conoce comúnmente como escoba de bruja, plantas chinas o plantas machas. Esta enfermedad necesita caracterizarse con mayor detalle, describiendo el efecto que tiene sobre el desarrollo de las plantas y determinando su presencia en diversas zonas productoras en el estado de Veracruz. Por ello, el objetivo de este trabajo fue caracterizar los síntomas que presentan las plantas de chayote infectadas por un fitoplasma y determinar la presencia de la enfermedad en las distintas zonas productoras de chayote. Se visitaron zonas productoras de chayote en los municipios de Coscomatepec, Orizaba y Actopan, Veracruz. Se obtuvieron los siguientes datos morfológicos en plantas sanas y enfermas: cantidad de hojas en un segmento de tallo de 40 cm (medido desde el extremo apical caulinar); diámetro del tallo a los 5 y 40 cm del extremo apical caulinar; y diámetro y longitud de los peciolo de las hojas 6 y 7. Los resultados mostraron que las plantas enfermas tenían mayor número de hojas, el diámetro de su tallo y de los peciolo fue significativamente menor en las plantas enfermas, y la longitud de los peciolo fue mayor en las plantas enfermas. Se lograron localizar más plantas enfermas en Rincón Grande, municipio de Orizaba, seguido de Actopan, aunque no se pudieron encontrar plantas enfermas en las huertas de Coscomatepec, los productores mencionaron

---

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, Camino Peñuela-Amatlán S/N, Peñuela, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, CP. 94945. \*Autor por correspondencia: ronunez@uv.mx





que la enfermedad si llega a presentarse en esa zona. Estos resultados mostraron que, esta enfermedad afecta a las diversas zonas productoras de chayote del estado de Veracruz y los síntomas comunes son la presencia excesiva de hojas y tallos, así como tallos y peciolo delgados y alargados.

**Palabras clave:** proliferación masiva, escoba de bruja, hojas pequeñas

## Introducción

El chayote (*Sechium edule*, Jacq. Sw.) pertenece a la familia de las cucurbitáceas, su importancia radica en su valor nutricional y la derrama económica que genera (Díaz-de-Ceiro *et al.*, 2019). Se cultiva en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, los principales productores son México, Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, El Salvador, Brasil, Estados Unidos, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia (Avendaño *et al.*, 2010). En la República Mexicana, la producción importante se agrupa en los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, Estado de México y San Luis potosí. Dentro de Veracruz, los municipios con mayor producción son Coscomatepec, Ixtaczoquitlán y Actopan (SIAP, 2018).

Este cultivo se ve afectado por diversas enfermedades, dentro de las que se encuentran las enfermedades fitoplasmáticas (Jiménez y Montano, 2010). Los fitoplasmas son organismos procariotas sin pared celular, son parásitos obligados de la clase Mollicutes, conocidos como “organismos similares a los micoplasmas”. Los fitoplasmas colonizan el floema de las plantas y la hemolinfa de los insectos, se han identificado 33 grupos y más de 100 subgrupos de fitoplasmas (Bertaccini *et al.*, 2014).

Los fitoplasmas son transmitidos por insectos vectores que se alimentan del floema de la planta, por donde ingresan al intestino del insecto, posteriormente el vector puede transmitir el fitoplasma a otra planta mediante la inoculación por alimentación, luego se multiplican y establecen una infección sistémica (Namba, 2019). La fitoplasmosis causa serios problemas en toda la planta, afectando la morfología de las hojas y tallos, la pigmentación, floración y fructificación. Los fitoplasmas, al estar adentro de la planta causan un desbalance hormonal y la circulación dentro de la planta se puede bloquear, en general, las enfermedades de las



plantas asociadas a la presencia de fitoplasmas se reconocen por un conjunto de síntomas: clorosis, virescencia (enverdecimiento de los tejidos florales), filodio (los órganos florales se transforman en estructuras foliares), proliferación de tallos u hojas, guías delgadas, entrenudos cortos, hojas muy pequeñas, pueden presentarse grandes cúmulos de hojas o flores sin desarrollarse que se acumulan generalmente en lugar de las yemas axilares, entre otros síntomas (Camarena y De la Torre, 2008; Pérez-López *et al.*, 2018).

Las plantas de chayote afectadas por fitoplasmas muestran síntomas como la proliferación masiva de brotes, producción de flores pequeñas y frutos deformes, pudiendo ocasionar la pérdida total de la planta conllevando a pérdidas económicas. Los productores de chayote suelen aplicar ácidos fúlvicos y húmicos, o realizar una poda extrema de la planta o la eliminación completa de la misma (Montano *et al.*, 2000; Camarena y De la Torre, 2008).

La información disponible sobre el daño ocasionado por fitoplasmas en chayote es muy limitada, por lo que, se necesita realizar una caracterización más detallada de esta enfermedad. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar en chayote la enfermedad conocida como escoba de bruja, que es provocada por un fitoplasma, describir los síntomas que ocasiona en la planta y determinando su presencia en distintas zonas productoras de chayote.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación de las zonas de estudio**

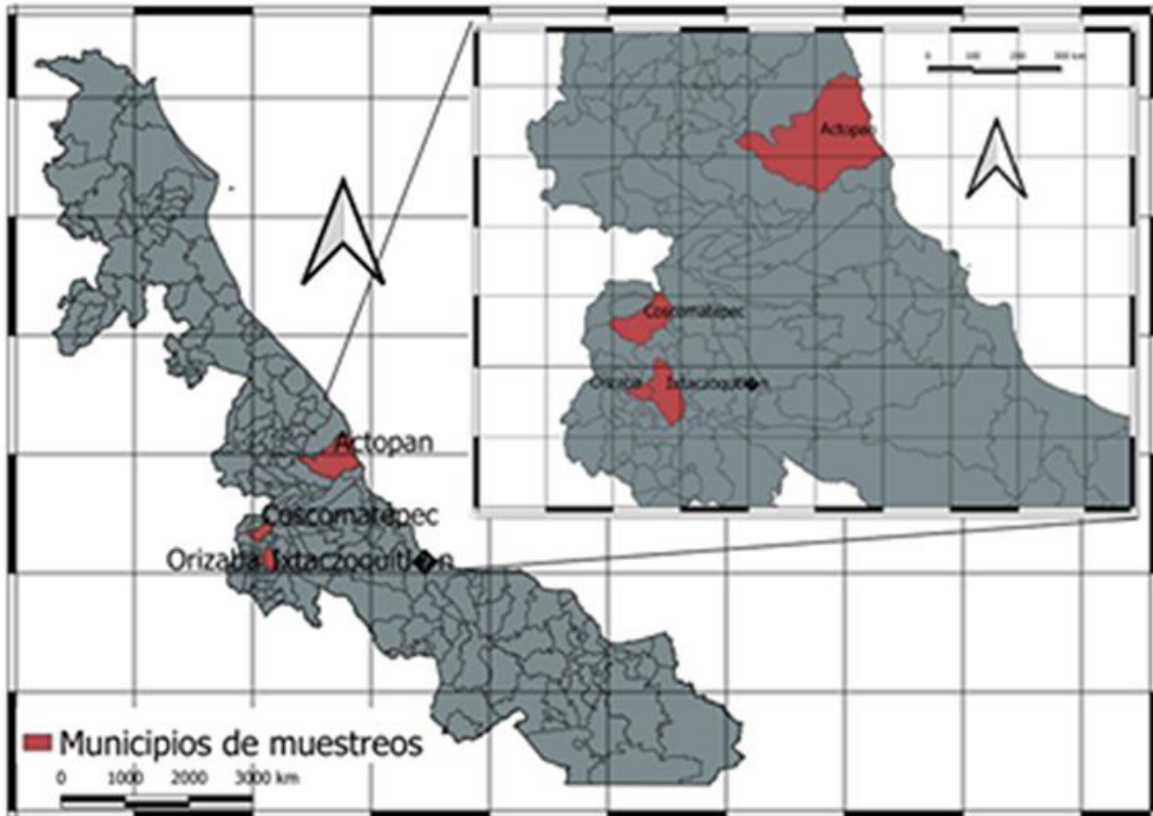
Se visitaron las zonas productoras de chayote: Coscomatepec, Orizaba y Actopan, ubicadas en las coordenadas: 19°04'14.6"N 97°02'44.3"W, 18°50'51.8"N 97°05'41.6"W, 19°30'20.3"N 96°36'54.0"W, respectivamente (Figura 1). Se visitaron las huertas a lo largo del 2020, en los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, para localizar plantas que presentaran síntomas de la enfermedad.

### **Material vegetal**

Se colectó tejido sano y enfermo para la obtención de datos morfométricos, estas plantas fueron obtenidas de dos huertas en el municipio de Rincón Grande, municipio de Orizaba,



Veracruz. Para los datos morfométricos se utilizaron seis plantas sanas y seis plantas con síntomas de fitoplasmosis, se evaluaron cinco tallos de cada una de las plantas.



**Figura 1. Zonas productoras de chayote visitadas para determinar la presencia de plantas enfermas con fitoplasmosis.**

### **Obtención de datos morfométricos**

Las variables que se midieron fueron: cantidad de hojas, se cortaron los tallos y a partir del extremo apical, se midieron 40 cm, en los cuales se cuantificó el número de hojas. Diámetro de los tallos a los 5 y 40 cm desde el extremo apical. Diámetro y longitud de los peciolo de las hojas 6 y 7, contadas desde el extremo apical. Para determinar si había diferencias estadísticamente significativas, los datos obtenidos fueron analizados a través de un Análisis de Varianza, seguido de una Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el software estadístico IBM SPSS (versión 21 para Windows). También se tomaron fotos de las sintomatologías que presentaban las plantas en los lugares visitados.



## Resultados y Discusión

### Localización de plantas enfermas en las distintas zonas productoras de chayote

En Orizaba, las plantas presentaban anomalías en su morfología a simple vista, las cuales eran: proliferación masiva de tallos, deformación en las hojas, hojas pequeñas y de los nudos emergían varias hojas, a diferencia de una planta sana, donde generalmente emerge una hoja por nudo, además, algunas plantas presentan amarillamiento y retraso en su crecimiento. En Coscomatepec, no se pudieron encontrar plantas sintomáticas, sin embargo, los productores comentaron que si conocen a la enfermedad y se ha presentado en sus huertas. En las huertas de Actopan, se lograron identificar muy pocas plantas con la sintomatología característica de fitoplasmosis, posiblemente, debido a que esas huertas presentan mayor manejo agronómico, lo que podría indicar que la incidencia es menor y/o que las plantas se eliminan inmediatamente después de que se identifican como enfermas. Las pocas plantas enfermas encontradas, presentaron producción excesiva de tallos delgados, producción excesiva de hojas, además de hojas pequeñas y deformes.

La mayor incidencia de la enfermedad se localizó el 3 de diciembre de 2020, en una huerta abandonada en Rincón Grande, Orizaba, en la huerta se encontraban aproximadamente 286 plantas, de las cuales, 13 presentaban los síntomas característicos de fitoplasmosis, lo que representó una incidencia del 4.5% de plantas enfermas. En otras huertas, generalmente se encontró un máximo tres plantas enfermas por hectárea, las plantas mostraban falta de pigmentación, proliferación masiva de tallos, tallos delgados y proliferación masiva de hojas pequeñas (Figura 2).

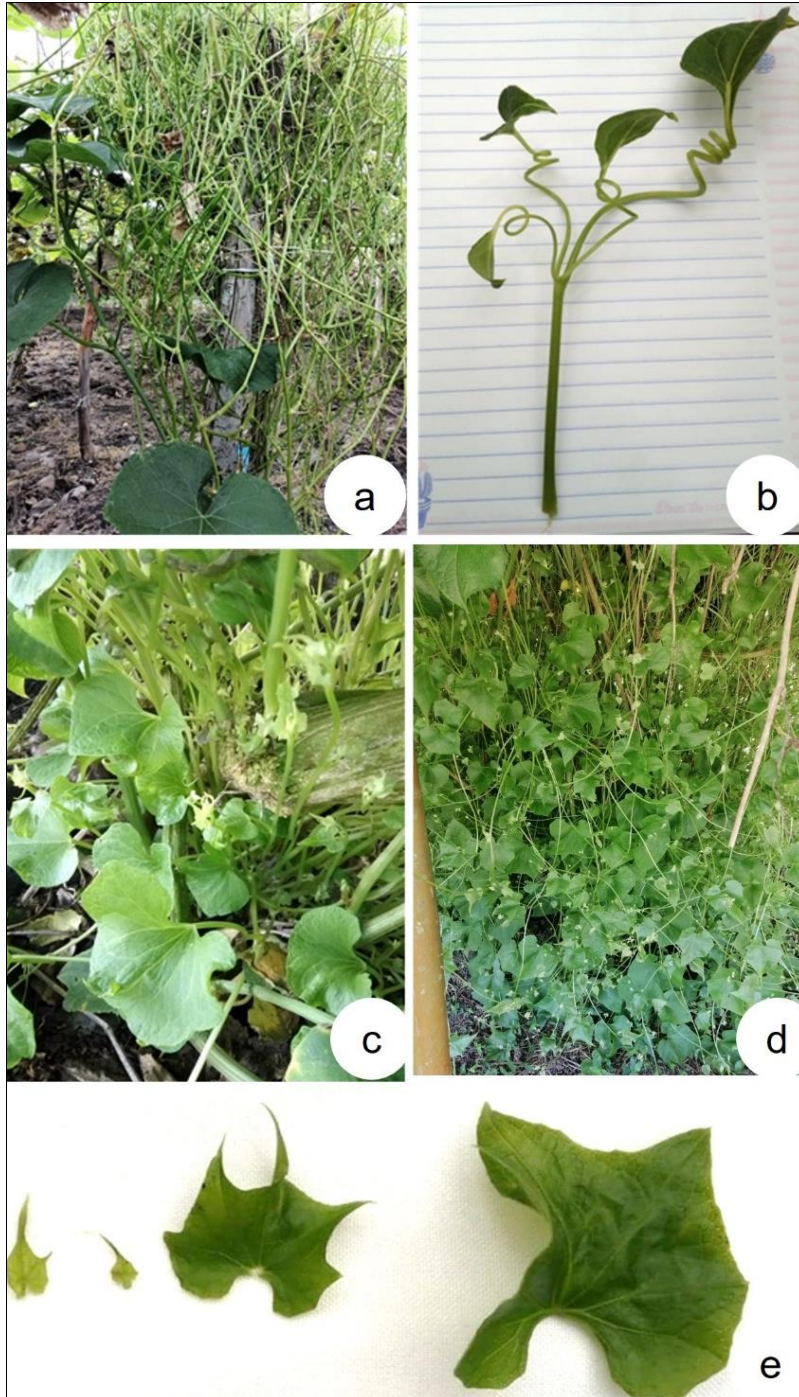
La fitoplasmosis en chayote, se ha reportado previamente como la enfermedad “escoba de bruja”, en otras regiones del mundo, como en Brasil, donde, además de detectar que ocasiona pérdidas importantes en el cultivo, incluso, se ha llevado a cabo la identificación molecular del patógeno (Jiménez y Montano, 2019).



**Figura 2. Proliferación masiva de tallos delgados y de hojas en una planta enferma de fitoplasmosis en chayote.**

### **Comparación morfométrica de las plantas sanas y con síntomas de fitoplasmosis en chayote**

En las diferentes zonas se lograron observar las sintomatologías características de fitoplasmosis (Figura 3). En la Figura 3a, se muestra una planta de *S. edule*, cuyos tallos acababan de ser defoliados, se aprecia que son muchos y delgados. En la Figura 3b, se muestra que a partir de un nudo emergieron cuatro hojas deformes y con un peciolo enrollado, característica que no presentan las plantas sanas, donde generalmente a partir de un nudo emerge una sola hoja, la flor femenina y la inflorescencia masculina. Por otra parte, también se observó que, a partir de la parte inferior de los tallos de plantas enfermas de dos años de edad, emergían múltiples brotes (Figura 3c). Otro síntoma observado fue la producción excesiva de hojas, con menor tamaño respecto a las plantas sanas (Figura 3d), muchas hojas de las plantas enfermas mostraron deformidades y enrollamientos (Figura 3e).

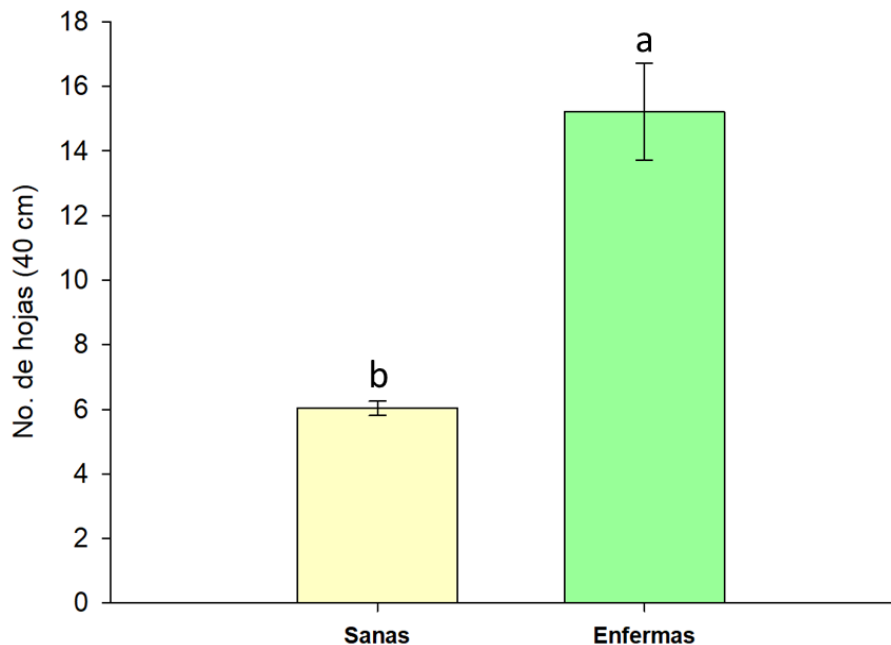


**Figura 3. Plantas de chayote afectadas por fitoplasmosis. a) Proliferación masiva de tallos delgados, b) producción excesiva de hojas, deformes y con peciolo enrollados, c) proliferación masiva de brotes a partir de la parte inferior de tallos de plantas adultas (dos años de edad), d) producción excesiva de hojas pequeñas, e) hojas con morfología anormal y enrollamiento.**



Los fitoplasmas afectan a diferentes tipos de cultivos, ocasionando síntomas similares a los que se presentan en el chayote, por ejemplo, en *Brassica napus* las plantas enfermas muestran proliferación de brotes axilares, hojas más pequeñas, flores no desarrolladas, entre otros (Tang *et al.*, 2019). En otras especies, los síntomas pueden incluir cambios en la coloración del tejido vegetativo, como el enrojecimiento de las hojas de la pera (*Pyrus communis*), de la murtila (*Ugni molinae*) y de la fresa (*Fragaria* spp) (Atala y Moya-Urrutia, 2014; Fernández *et al.*, 2015; Fernández y Conci, 2019). También, se ha reportado el amarillamiento de las hojas y retraso en el crecimiento de las plantas (Omar *et al.*, 2020). Por otra parte, esta enfermedad se ha reportado en diversas cucurbitáceas como la calabaza (*Cucurbita pepo*) y la calabaza amarga (*Momordica charantia*), donde, los síntomas incluyen hojas engrosadas y arrugadas, y entrenudos cortos (Win *et al.*, 2014; Rao *et al.*, 2017).

El número de hojas en los segmentos de tallo de 40 cm de longitud, medidos desde la punta apical, fueron en promedio  $6.03 \pm 0.22$  hojas en las plantas sanas, mientras que, las plantas enfermas presentaban en promedio  $15.22 \pm 1.50$  hojas (Figura 4), esto quiere decir que, en promedio hay 9.19 más hojas en cada tallo de las plantas enfermas respecto a las sanas.



**Figura 4. Número de hojas (promedio ± error estándar) en un segmento de tallo de 40 cm de longitud de plantas sanas y enfermas de chayote. Barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).**



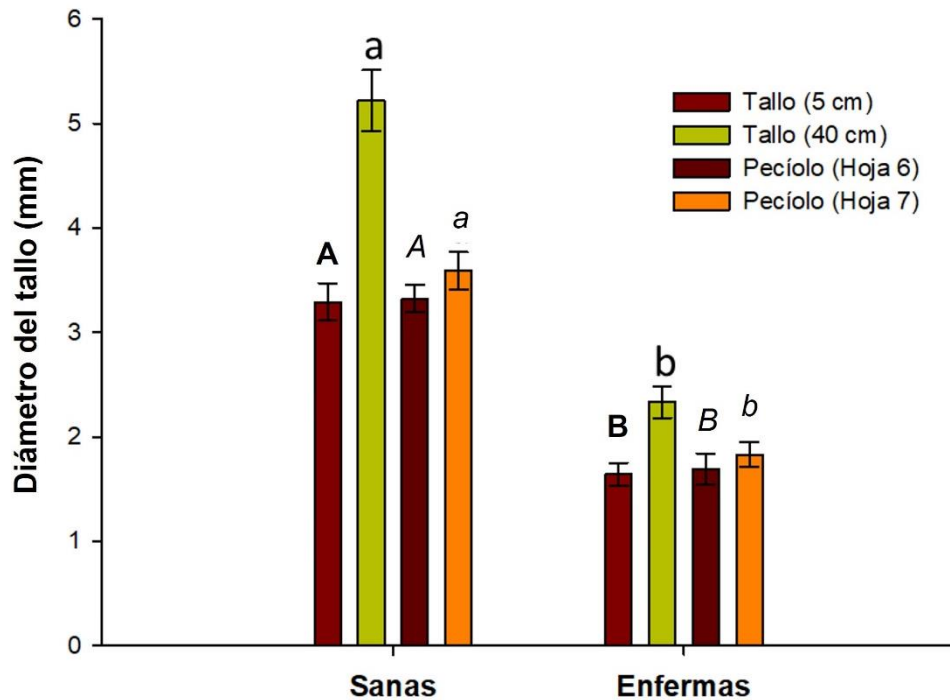
A pesar de que en este estudio no se midió el tamaño de las hojas, fue notorio que las plantas enfermas presentaban hojas de menor tamaño respecto a las plantas sanas, este síntoma se ha reportado en otras especies vegetales, como en la azalea (*Rhododendron* spp.), la calabaza amarga y la berenjena (*Solanum melongena*) (Wei et al., 2011; Win et al., 2014; Rao y Kumar, 2017).

En la Figura 5, se muestran los promedios del diámetro del tallo a los 5 y 40 cm desde la punta apical y el diámetro de los peciolos de las hojas 6 y 7 (contadas desde la punta apical). En las plantas sanas, el diámetro de tallo a los 5 cm tuvo una media de  $3.29 \pm 0.18$  mm, mientras que, en las plantas enfermas se obtuvo una media de  $1.64 \pm 0.11$  mm. Por otro lado, el diámetro de los tallos a los 40 cm en las plantas sanas fue de  $5.22 \pm 0.29$  mm y en las plantas enfermas fue de  $2.33 \pm 0.15$  mm, esto quiere decir que, los tallos de plantas enfermas son evidentemente más delgados que los de plantas sanas. En maíz, también se ha reportado que uno de los síntomas asociados a un fitoplasma es la presencia de tallos delgados (Alcántara-Mendoza et al., 2010), más aún, se ha determinado que la presencia de fitoplasmas en uva (*Vitis vinifera*) ocasiona una inhibición del crecimiento del xilema y proliferación del floema, dañando además el desarrollo de los tallos (Jelmini et al., 2021).

Respecto al diámetro de los peciolos de las hojas 6 y 7, la media fue  $3.32 \pm 0.13$  mm en las plantas sanas, y en las enfermas, la media fue de  $1.69 \pm 0.15$  mm, esto indica que, los peciolos de las plantas enfermas son más delgados que los de las plantas sanas (Figura 5).

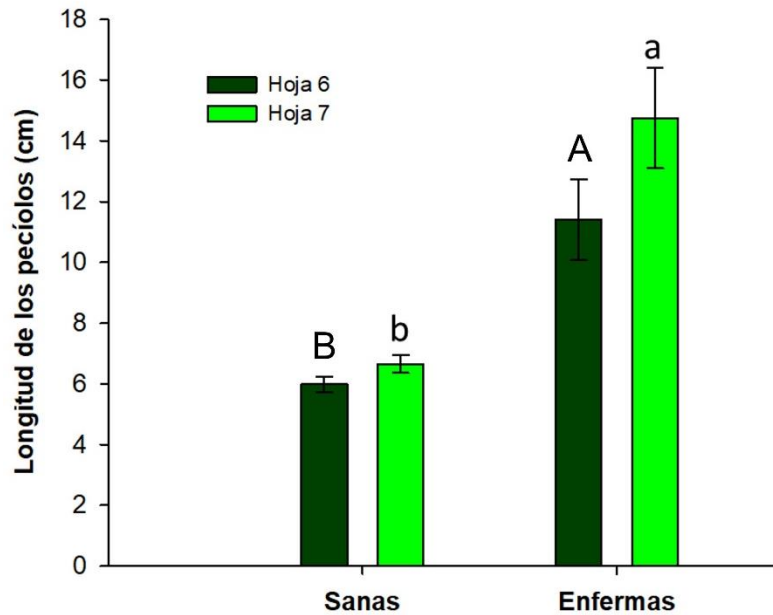
En la Figura 6, se muestran las longitudes de los peciolos de las hojas 6 y 7. En el peciolo de la hoja 6 sana se obtuvo una media de  $5.48 \pm 0.24$  cm y en la enferma una media de  $11.40 \pm 1.34$  cm. Por otro lado, la media del peciolo de la hoja 7 fue de  $6.66 \pm 0.30$  cm en las plantas sanas y una media de  $14.75 \pm 1.66$  cm en las plantas enfermas, mostrando que, en promedio las hojas de las plantas enfermas tenían peciolos 8.09 cm más largos que los peciolos de las hojas sanas.





**Figura 5. Diámetro del tallo y del pecíolo (promedio  $\pm$  error estándar) de plantas sanas y enfermas de chayote. El diámetro del tallo se midió a los 5 y 40 cm desde el extremo apical, el diámetro de los pecíolos se midió en las hojas 6 y 7 (cuantificando las hojas desde el extremo apical). Barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

En la revisión de literatura sobre esta enfermedad, no encontramos información que describiera de manera detallada las características de los pecíolos de las plantas enfermas; sin embargo, es un tejido que suele utilizarse para extraer el DNA del patógeno, para su posterior identificación molecular o que, también se utiliza para observar los fitoplasmas en diversos microscopios, indicando la presencia del patógeno en todo el floema de la planta (Caicedo *et al.*, 2015; Xue *et al.*, 2018).



**Figura 6. Longitud de los peciolo (promedio  $\pm$  error estándar) de hojas en plantas sanas y enfermas de chayote. Se midieron los peciolo de las hojas 6 y 7, contando como primera hoja, la localizada en el extremo apical del tallo. Barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

## Conclusiones

1) La fitoplasmosis en cultivos de chayotes se pudo observar en diversas épocas del año y está presente en las tres zonas de estudio (Orizaba, Coscomatepec y Actopan). 2) Los síntomas coinciden con los descritos en otras especies vegetales: hojas pequeñas y muy numerosas, alto número de brotes axilares, hojas con morfología anormal y enrollamientos, proliferación masiva de tallos, peciolo alargados, presentando una diferencia clara y cuantificable entre las plantas sanas y las enfermas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al PRODEP por el apoyo brindado al Cuerpo Académico UV-CA-489, a través de la Convocatoria 2019 “Fortalecimiento de Cuerpos Académicos” para el desarrollo



del proyecto “Prospección de enfermedades de chayote (*Sechium edule*) en el centro de Veracruz y diseño de alternativas sustentables para su control”; y al Sr. Esteban Luna González por el valioso apoyo brindado en campo.

### Literatura Citada

- Alcántara-Mendoza, S., D. Téliz-Ortíz, C. De León, E. Cárdenas-Soriano, A. M. Hernández-Anguiano, D. Mejía-Sánchez y R. De La Torre–Almaraz. 2010. Detección y evaluación de fitoplasma Maize Bushy Stunt en el estado de Veracruz, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 28(1):34-43.
- Atala, C. and V. Moya-Urrutia. 2014. Phytoplasma infection alters morpho-anatomical and physiological traits in *Ugni molinae* Turcz. *Gayana Bot.* 71(1):24-29.
- Avendaño, C. H., J. Cadena, M. L. Arévalo, E. Campos, V. M. Cisneros y J. F. Aguirre. 2010. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A. C. Ciudad de México, México. 47 p.
- Bertaccini, A., B. Duduk, S. Paltrinieri and N. Contaldo. 2014. Phytoplasmas and phytoplasma diseases: A severe threat to Agriculture. *Am. J. Plant Sci.* 5(12):1763-1788.
- Caicedo, J., M. Crizón, A. Pozo, A. Cevallos, L. Simbaña, L. Rivera and V. Arahana. 2015. First report of ‘*Candidatus* Phytoplasma aurantifolia’ (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Dis. Rep.* 32:20.
- Camarena, G. y R. De la Torre. 2008. Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Ambiente.* 14(2):81-87.
- Díaz-de-Ceiro, E., V. Verardo, A. Fernandez-Gutiérrez and A. M. Gómez-Caravaca. 2019. New insight into phenolic composition of chayote (*Sechium edule* Jacq Sw). *Food Chem.* 295:514-519.
- Fernandez, F. D. and L. R. Conci. 2019. First report of ‘*Candidatus* Phytoplasma pyri’-related strain causing pear decline in Argentina. *Crop Prot.* 121:28-33.
- Fernández, F. D., N. G. Meneguzzi, F. A. Guzmán, D. S. Kirschbaum, V. C. Conci, C. F. Nome and L. R. Conci. 2015. Detection and identification of a novel 16SrXIII subgroup phytoplasma associated with strawberry red leaf disease in Argentina. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 65:2741-2747.



- Jelmini, L., A. Rizzoli, M. Jermini, O. Schumpp, M. Conedera. 2021. Phloem and xylem modifications of *Vitis vinifera* stems in response to flavescente dorée phytoplasma infection. *Plant Pathol.* 70(4):970-979.
- Jiménez, N. Z. A. and H. G. Montano. 2010. Detection of phytoplasma in desiccated tissue of *Momordica charantia*, *Catharanthus roseus* and *Sechium edule*. *Trop. Plant Pathol.* 35(6):381-384.
- Montano, H. G., R. E. Davis, J. P. Pimentel and P. S. Brioso. 2000. Identification and phylogenetic analysis of a new phytoplasma from diseased chayote in Brazil. *Plant Dis.* 84:429-436.
- Namba, S. 2019. Molecular and biological properties of phytoplasmas. *Proc. Jpn. Acad., Ser. B* 95(7):401-418.
- Omar, A. F., A. S. Alsohim, T. J. Dumonceaux T. J. and E. Pérez-López. 2020. Molecular characterization of 'Candidatus Phytoplasma australasia' 16SrII subgroups associated with eggplant, cabbage, beetroot, and celery in Saudi Arabia. *Crop prot.* 127:104970.
- Pérez-López, E., T. Wist, T. Dumonceaus, M. Luna-Rodríguez, D. Nordin, A. Castro-Luna, L. Iglesias-Andreu and C. Olivier. 2018. Detection of maize bushy stunt phytoplasma in leafhoppers collected in native corn crops grown at high elevations in southeast Mexico. *Fla. Entomol.* 101(1):12-19.
- Rao, G. P., Gopala, S. Goel and A. Rao. 2017. First report of a 'Candidatus Phytoplasma asteris'-related strain (16SrI-B subgroup) associated with witches' broom disease in *Cucurbita pepo* in India. *New Dis. Rep.* 35:33.
- Rao, G. P. and M. Kumar. 2017. World status of phytoplasma diseases associated with eggplant. *Crop Prot.* 96:22-29.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre de producción Agrícola 2018. Obtenido de: [http://www.veracruz.gob.mx/agropecuario/estadisticasveracruz/?fbclid=IwAR3A352b3fQ\\_PzyZaYaXGxDNu3gKtF8BO7MwqsihZbiDUsmq2HAtrL4](http://www.veracruz.gob.mx/agropecuario/estadisticasveracruz/?fbclid=IwAR3A352b3fQ_PzyZaYaXGxDNu3gKtF8BO7MwqsihZbiDUsmq2HAtrL4) [consultado el 30 de noviembre de 2018].
- Tang, Q., Y. Fu, M. Ma, Y. Yao, Z. Qu, J. Xie, J. Cheng and D. Jiang. 2019. First report of phytoplasma groups 16SrI and 16SrV infecting *Brassica napus* in China. *Crop Prot.* 126:104921.
- Wei, W., H. Cai, Y. Jiang, I. M. Lee, R. E. Davis, Y. Ding, E. Yuan and H. Chen. 2011. A new phytoplasma associated with little leaf disease in azalea: multilocus sequence characterization reveals a distinct lineage within the aster yellows phytoplasma group. *Ann. Appl. Biol.* 158:318-330.



- Win, N. K. K., Y. H. Kim and H. Y. Jung. 2014. Bitter gourd little leaf disease associated to '*Candidatus Phytoplasma asteris*'. Trop. Plant Pathol. 39(1):82-88.
- Xue, C., Z. Liu, L. Dai, J. Bu, M. Liu, Z. Zhao, Z. Jiang, W. Gao and J. Zhao. 2018. Changing host photosynthetic, carbohydrate, and energy metabolisms play important roles in phytoplasma infection. Phytopathology 108:1067-1077.



# EFECTO DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.) PARA LA ZONA URBANA DE CUITLÁHUAC, VERACRUZ

Jennifer López Hernández<sup>1</sup>, Yesenia Núñez Galindo<sup>1\*</sup>, Eucario Mancilla Álvarez<sup>1</sup>, Julio Díaz José<sup>1</sup>,  
María Alva Ángel Lara<sup>1</sup> y Alejandro Valdés Ordoñez<sup>2</sup>

---

## Resumen

Con el propósito de generar información sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo en traspatio de rábano (*Raphanus sativus* L.) en zonas urbanas de Cuitláhuac, Veracruz, sin fertilización, con Nitrofoska® azul y estiércol de borrego con solución de miel al 1%, se llevó a cabo un ensayo entre mayo y julio de 2021, utilizando un diseño de bloques completo al azar con tres tratamientos y dos repeticiones. El ensayo se realizó en la Comunidad del Maguey, Cuitláhuac, Veracruz. Durante la fase de crecimiento y desarrollo se midieron las siguientes variables: Longitud de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y ancho de hoja; y durante la cosecha: longitud de raíz, diámetro de raíz, peso de raíz y peso de tallo y hoja, las cuales fueron sometidas a un análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0.05$ ). Los diferentes tratamientos mostraron diferencias significativas para la variable longitud de planta en la etapa de crecimiento y desarrollo (7, 15 y 24 DDS), para el número, longitud y ancho de hojas se presentaron diferencias significativas en la etapa de maduración (30 y 40 DDS). En la etapa de cosecha se obtuvo un diámetro y peso de raíz de (1.7 cm y 5.0 g) para el estiércol de borrego con solución de miel al 1%, de (1.5 cm y 5.4 g) para Nitrofoska® azul y de (1.1 cm y 2.4 g) para el testigo. Los mejores resultados se obtuvieron para el tratamiento con estiércol de borrego con solución de miel al 1%, ya que favoreció el desarrollo foliar y radicular de la planta de rábano. Por lo tanto, para mitigar los efectos que se viven en la actualidad derivadas de la pandemia COVID-19 si se implementa el

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuaria, Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba. Camino Peñuela-Amatlán S/N Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94500. \*Autor de correspondencia: yenuñez@uv.mx

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México, TES de Ixtapaluca, Km 7, Carretera Ixtapaluca-Coatepec, Ixtapaluca, Estado de México, C.P. 56580



cultivo de traspatio de hortalizas, como el rábano, se tiene la posibilidad de mejorar la seguridad alimentaria de las familias en zonas urbanas como las de Cuitláhuac, Veracruz.

**Palabras clave:** crecimiento, estiércol, maduración, miel, borrego

## Introducción

El Rábano (*Raphanus sativus* L.) es un cultivo de origen asiático; sin embargo, ya se cultivaba desde la antigüedad en Grecia y Egipto. En la época de los griegos y romanos se convirtió en un alimento muy apreciado, fueron éstos últimos quienes extendieron el cultivo por toda Europa, donde se cultivaba el rábano grande, especialmente en la parte norte de Inglaterra. (Gómez, 2001; Infoagro, 2010).

Anualmente en México se producen 55 mil 640 t de rábano, en 20 estados de la república, siendo Puebla (más de 25 mil t), Baja California (con más de 4 mil t) y Jalisco (que rebasa las 7 mil t) los líderes de producción pues en conjunto aportan 80 por ciento del total nacional. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) señala que, aunque se conoce la existencia de seis especies de rábano, en México sólo se cultiva el conocido con el nombre científico de *Raphanus sativus* (SADER, 2020).

El rábano se consume crudo, solo o en ensaladas, bocadillos y otras preparaciones, puede hervirse para suavizar su sabor. Las hojas se consumen cocinadas de forma similar a las de espinaca, y también en infusiones y guisos. En cuanto a usos medicinales el consumo de rábano en crudo se emplea para tratar deficiencias de vitamina C, urticarias y artritis; el caldo de su cocimiento es un excelente auxiliar en enfermedades respiratorias y desordenes gástricos. (SADER, 2019 y Domínguez, 2020). Es una planta anual, de raíz gruesa y carnosa, de tamaño y forma variable, piel color rojo, rosado, blanco u oscuro, según la variedad; posee hojas basales, pecioladas, lámina lobulada con uno a tres pares de segmentos laterales con bordes dentados (Casimir, 2001). Esta verdura se desarrolla bien en climas medios, aunque las altas temperaturas pueden originar sabores picantes en sus raíces, con una alta temperatura optima de 18 a 22°C; se adapta a cualquier tipo de suelo por lo que suelos



profundos, arcillosos y de reacción neutra son los ideales (Montero y Taylor., 2006 y Cando, 2016).

A finales de 2019, el mundo estuvo marcado por el inicio de un brote viral, que inicialmente se extendió por toda China, y luego se trasladó rápidamente a otros países donde también mostró un comportamiento letal, este agente infeccioso se denominó el nuevo SARS-CoV-2 Coronavirus que causa la enfermedad denominada COVID-19, acrónimo en inglés de Coronavirus Disease 2019, que aún en el primer mes de 2020 ganó el estatus de pandemia mundial (Croda y García, 2020). La pandemia de Covid-19, que se estableció en todo el mundo, trajo consigo una grave crisis económica, lo que llevó a la gente a consumir y buscar productos esenciales (Anacleto *et al.*, 2020).

De acuerdo con Datos del Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL, 2012) se señala que en México la pobreza alimentaria aumentó desde 2009 en seis millones de mexicanos, pasando así de 14 a casi 20 millones. En el Estado de Veracruz de 2008 a 2018, el porcentaje de la población en situación de pobreza se incrementó, pasando de 51.2 a 61.8%, diferencia que representa alrededor de 800 mil personas, mismas que se suman a esta condición (CEIEG, 2019). En el municipio de Cuitláhuac, donde se realizó la presente investigación el 53.9% de población se encuentra en situación de pobreza (SEIGVER, 2021).

Las hortalizas son un producto de alta demanda, dada su importancia en la nutrición familiar por su gran cantidad de vitaminas, minerales y proteínas que aportan (FAO, 2011); lo que las vuelve ideales para ser cultivadas en módulos de cultivo, los cuales tienen como principal innovación, poder cultivar cualquier hortaliza en espacios muy reducidos de los hogares, sin importar las condiciones climáticas en las que se encuentre el entorno (Traxco, 2012; Beltrano y Giménez, 2015). Este tipo de cultivos tienen múltiples ventajas ya que, produce en menor tiempo en comparación a los cultivos convencionales, mayor producción (se puede duplicar o triplicar), sólo se usa sustratos o agua, los nutrientes que necesitan se proporcionan por soluciones directas a la planta y se evitan la utilización de químicos que son nocivos para el ser humano (Beltrano y Giménez, 2015).

Por lo anterior, lo presente investigación consistió en evaluar el efecto del tipo de fertilización sobre las etapas de crecimiento, desarrollo y maduración del cultivo de rábano en traspatio para la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz; ya que en esa región se cuenta con las características climáticas que el cultivo requiere. Además, con este trabajo se puede generar





información para la implementación de cultivo en traspatio de hortalizas como el rábano para que las familias mitiguen los efectos de la pandemia COVID-19.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en la Comunidad el Maguey, municipio de Cuitláhuac, Veracruz; el cual colinda al norte con los municipios de Yanga, Atoyac, Paso del Macho y Carrillo Puerto; al este con los municipios de Carrillo Puerto, Cotaxtla y Tierra Blanca; al sur con los municipios de Tierra Blanca, Omealca y Cuichapa; al oeste con los municipios de Cuichapa y Yanga. Teniendo su ubicación geográfica en las siguientes coordenadas: latitud, 18°50'01.0" N y longitud: 96°43'58.7" W. Cuitláhuac, Veracruz cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (84%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (14%) y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (2%). Se tiene una temperatura promedio de 24 a 26°C y una precipitación de 1 400 a 2 100 mm.

Para la siembra se utilizaron semillas de rábano Hortaflor H676 variedad "Champion" de polinización abierta de forma tipo globo redonda; la cual, de acuerdo a la ficha técnica produce alta calidad con bulbos uniformes y de tamaño grande, de color rojo brillante, pared lisa y piel fina, la pulpa es tierna, blanca con textura crujiente. El sustrato se preparó mezclando 50% de tierra con hojarasca y 50% de tierra local. Posteriormente el sustrato se dispuso en bolsas plásticas negras de polietileno, con una medida de 15 x 7.5 cm con la ayuda de una pala de jardinería.

El ensayo se llevó a cabo entre mayo y julio de 2021 y los tratamientos se aplicaron al momento de la preparación del suelo en una sola aplicación. El Cuadro 1 se muestra la descripción de la fertilización de plantas de rábano las cuales corresponde al testigo (T), Fertilización 1 (F1) y Fertilización 2 (F2). Para el abono orgánico se emplearon 75 g de estiércol de borrego por planta y se aplicó en suelo y de manera foliar solución de miel al 1% cada siete días cuando las plantas alcanzaron 12 cm de altura, y para el fertilizante químico se utilizaron 2 g de Nitrofoska® azul (12-12-17) por planta.

Con la finalidad de evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo en traspatio de rábano (*Raphanus sativus* L.) utilizando diferentes abonos para la zona urbana de Cuitláhuac, Ver. Se



aplicó un diseño de experimentos por bloques competo al azar. El factor empleado fue el tipo de fertilización (con tres niveles, T, F1 y F2) y los bloques correspondieron a la ubicación (dos niveles), dando un total de 6 tratamientos, con 6 repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 1. Descripción de la fertilización del cultivo de rábano en traspatio para la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz.**

Fertilización	Descripción del tratamiento
T	Tierra con hojarasca + tierra local
F1	Tierra con hojarasca + tierra local + Nitrofoska® azul
F2	Tierra con hojarasca + tierra local + estiércol de borrego + solución de miel al 1%

Las variables agronómicas evaluadas para la etapa de crecimiento y desarrollo fueron: longitud de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y ancho de hoja, para la etapa de cosecha se midió: la longitud de raíz, diámetro de raíz y el peso de raíz y tallo con hojas. Las longitudes, ancho y diámetro fueron medidas con un calibrador vernier digital Steren HER-411 con precisión de 0.02 mm (Electrónica Steren, Ciudad de México, México) y el peso se obtuvo con una balanza electrónica Rhino BAPRE-3 de 0.02 g de precisión (Rhino Maquinaria, Estado de México, México), de acuerdo con lo descrito por Tito (2005) y Ochoa y Mendoza (2015).

Para el análisis de datos fue usando el programa estadístico InfoStat/L versión 2020, utilizando los valores promedio de las variables en estudio por cada tratamiento y por cada repetición. Se hizo análisis de varianza y separación de medias de rangos múltiples de Tukey al 95% de confiabilidad.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se puede observar para la variable longitud de planta se presentan diferencias significativas entre el tipo de fertilización aplicada, obteniéndose la mayor altura cuando no se fertiliza con  $38.5 \pm 3.4$  cm, seguida de la fertilización con estiércol de borrego y solución de miel al 1%, el coeficiente de variación fue de 13.6%. En cuanto a la variable diámetro de tallo se encontró que no hay diferencias significativas entre el tipo de fertilización aplicada, obteniéndose en promedio un valor de  $0.9 \pm 0.1$  cm con un coeficiente de variación de 13.2%.



**Cuadro 2. Características agronómicas del crecimiento y desarrollo del rábano en cultivo en traspatio en la zona urbana de Cuitláhuac, Ver.**

Fertilización	Longitud de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	No. Hojas	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)
T	38.5 ± 3.4 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	6.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	11.6 ± 2.5 <sup>a</sup>	5.6 ± 1.0 <sup>a</sup>
F1	30.8 ± 4.4 <sup>b</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	5.9 ± 1.6 <sup>a</sup>	12.0 ± 3.4 <sup>a</sup>	5.8 ± 1.5 <sup>a</sup>
F2	32.4 ± 5.9 <sup>b</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	6.6 ± 1.6 <sup>a</sup>	10.0 ± 1.9 <sup>a</sup>	5.2 ± 1.2 <sup>a</sup>
CV (%)	13.6	13.2	23.8	23.8	22.63
Modelo	0.0007	0.5734	0.7570	0.2517	0.4887
Bloque	0.0913	0.1980	0.8306	0.4353	0.3183
Fertilización	0.0006	0.8619	0.5711	0.1760	0.4911

Media ± desviación estándar. Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

En el caso de la variable número de hojas, no se encontraron diferencias significativas entre el tipo de fertilización aplicada, en promedio las plantas de rábano presentaron seis hojas, el coeficiente de variación fue de 24.21%. Con lo que respecta a la longitud de hoja, de igual forma, no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, numéricamente la mayor longitud se alcanzó cuando se aplica Nitrofoska® azul, con  $12.0 \pm 3.4$  cm, el coeficiente de variación fue de 23.8%. Por otro lado, el ancho de hoja tampoco mostro diferencias significativas en cuanto al tipo de fertilización, obteniéndose anchos de alrededor de cinco centímetros con un coeficiente de variación del 22.7%.

La variable longitud de raíz presento diferencias significativas para el tipo de fertilización aplicada, obteniendo la mayor longitud cuando no se aplica fertilización con  $5.3 \pm 3.0$  cm, el coeficiente de variación en este caso fue alto. En cuanto al diámetro de raíz no se presentaron diferencias significativas para el tipo de fertilización, sin embargo, se observó una alta variabilidad en el desarrollo de la raíz, encontrándose que cuando las plantas son fertilizadas con Nitrofoska® azul se presentaba mayor desarrollo en la misma y cuando no se fertiliza únicamente hay desarrollo del sistema radicular, de ahí que las mayores longitudes se presenten para el caso donde no se aplica fertilización (Cuadro 3). Para la variable peso de la raíz, tallo y hoja, no se presentaron diferencias significativas, sin embargo, se observó de la misma forma que en el caso anterior una alta variabilidad en los resultados influenciado por el desarrollo de la raíz, encontrándose que el mayor peso se presenta cuando se fertiliza con Nitrofoska® azul, seguida del estiércol de borrego y solución de miel al 1%, por lo que, para



tener un mejor desarrollo de la parte comestible de rábano se recomendaría el uso de la fertilización química o el uso de estiércol con solución de miel al 1%, el cual ayuda a favorecer el desarrollo foliar de las plantas de rábano (Cuadro 3).

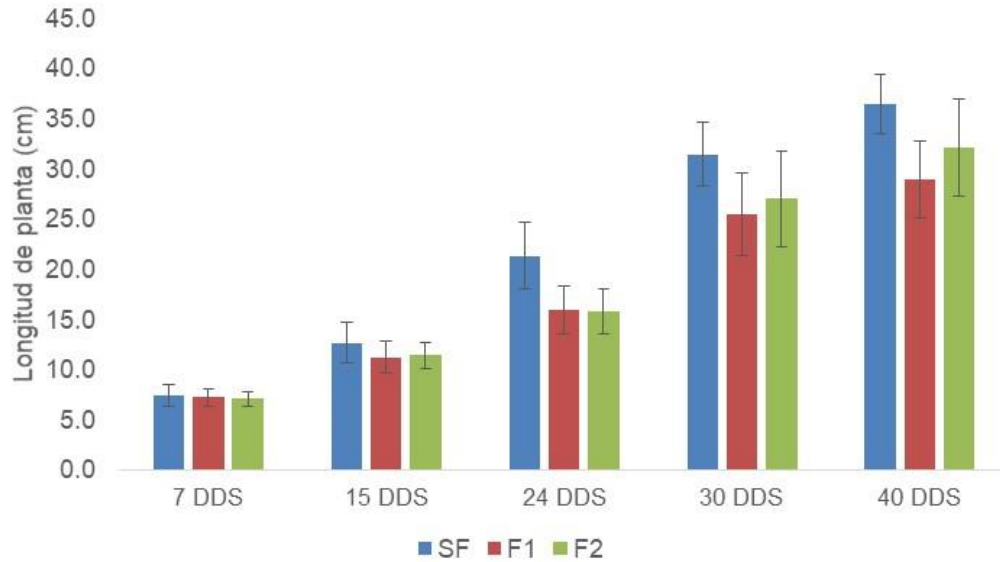
**Cuadro 3. Características agronómicas de la raíz de rábano en cultivo en traspatio en la zona urbana de Cuitláhuac, Ver.**

Fertilización	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)	Peso raíz (g)	Peso tallo con hoja (g)
T	5.3 ± 3.0 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	2.4 ± 1.4 <sup>a</sup>	9.4 ± 3.6 <sup>a</sup>
F1	3.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	1.5 ± 0.8 <sup>a</sup>	5.4 ± 4.7 <sup>a</sup>	12.0 ± 5.7 <sup>a</sup>
F2	2.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	1.7 ± 1.1 <sup>a</sup>	5.0 ± 5.7 <sup>a</sup>	13.3 ± 8.0 <sup>a</sup>
CV (%)	41.8	61.1	97.4	51.7
Modelo	0.0002	0.1446	0.0621	0.2683
Bloque	0.0051	0.1264	0.0461	0.2422
Fertilización	0.0011	0.2055	0.1667	0.2732

Media ± desviación estándar. Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

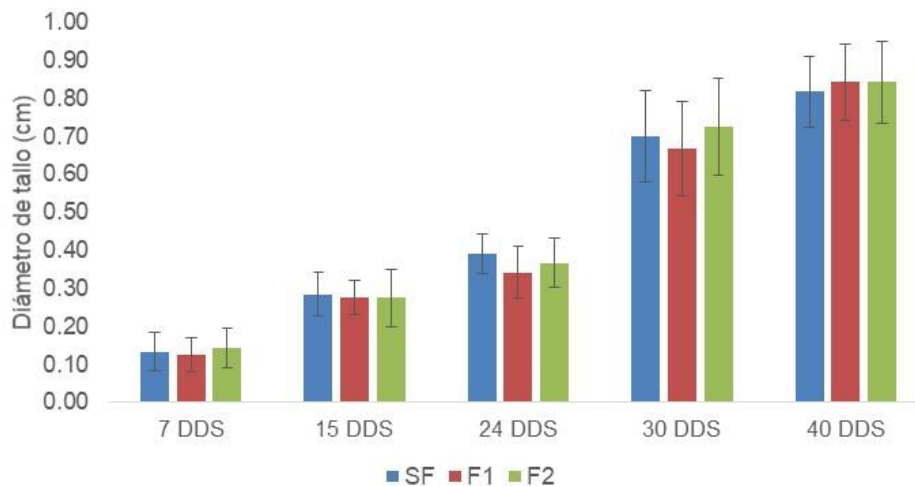
En la Figura 1 encontró que los diferentes tratamientos influyeron de manera similar sobre la altura de la planta durante la etapa de crecimiento del cultivo (7 y 15 DDS), sin embargo, en la etapa de desarrollo (24 DDS) maduración (30 y 40 DDS) se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos donde el testigo (sin aplicación de fertilización) alcanzó la mayor altura, mientras que las menores alturas se presentaron con la fertilización con Nitrofoska® azul.

Somarriba (1998), Ochoa y Mendoza (2015) mencionan que la altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento de misma. La altura de la planta depende principalmente de la acumulación de nutrientes en el tallo que se produce durante la fotosíntesis, que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: luz, calor, humedad y nutrientes. Además de que esta variable puede verse influenciada por el tipo de suelo y el manejo agronómico. En cuanto a los resultados obtenidos en esta investigación, se puede destacar que cuando no se fertilizan las plantas de rábanos tienen un mayor desarrollo foliar alcanzando por lo tanto mayores alturas.



**Figura 1. Efecto de la fertilización sobre la altura (cm) del cultivo de rábano a los 7, 15, 24, 30 y 40 días después de la siembra.**

En la Figura 2 muestra que el rábano se comporta de manera similar empleando el tratamiento con Nitrofoska® azul, el estiércol de borrego con solución de miel al 1% y el testigo para los 7 y 15 DDS, mientras que para los 24 DDS es mayor el diámetro de tallo para el testigo. Cuando transcurren 30 y 40 DDS destaca el tratamiento con estiércol de borrego y solución de miel al 1%.



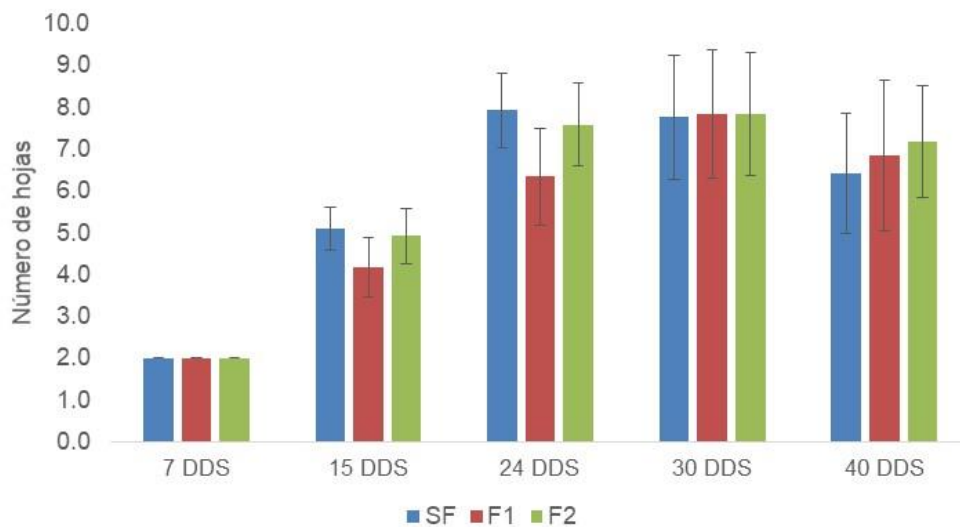
**Figura 2. Efecto de la fertilización sobre el diámetro de tallo (cm) del cultivo de rábano a los 7, 15, 24, 30 y 40 días después de la siembra.**



Autores como Ochoa y Mendoza (2015) indican que el diámetro de tallo es un factor de calidad importante que está determinado por el tamaño de las hojas y el largo de los pecíolos. Domínguez (1989), menciona que el diámetro de tallo varía de acuerdo con la edad de la planta y la variedad, mientras que el alto rendimiento en raíces depende del grosor del tallo, lo cual concuerda con los resultados obtenidos donde el mayor diámetro de tallo y raíz para este trabajo se obtuvo cuando se aplica estiércol de borrego y solución de miel al 1%, lo cual puede indicar que al agregar tanto al suelo como de manera foliar la solución de miel al 1% favorece el aumento en el diámetro tanto del tallo como de la raíz.

En la Figura 3 se encontró que a los 7 DDS los tres tratamientos presentan en promedio dos hojas, mientras que para la etapa de crecimiento y desarrollo para los 15 y 24 DDS las plantas testigo y las fertilizadas con estiércol de borrego con solución de miel al 1% presentaron el mayor número de hojas, con 8 hojas aproximadamente. En la etapa de maduración a los 40 DDS disminuye el número de hojas para los tres tratamientos.

De acuerdo con Ochoa y Mendoza (2015) el número de hojas es un parámetro importante en el crecimiento de las plantas debido a que la luz es uno de los factores determinantes en el crecimiento, principalmente en el diámetro y la altura de las plantas. Romo (2005) indica que el desarrollo y llenado de los frutos, en el caso rábano la raíz, depende principalmente de la actividad fotosintética de las hojas funcionales.

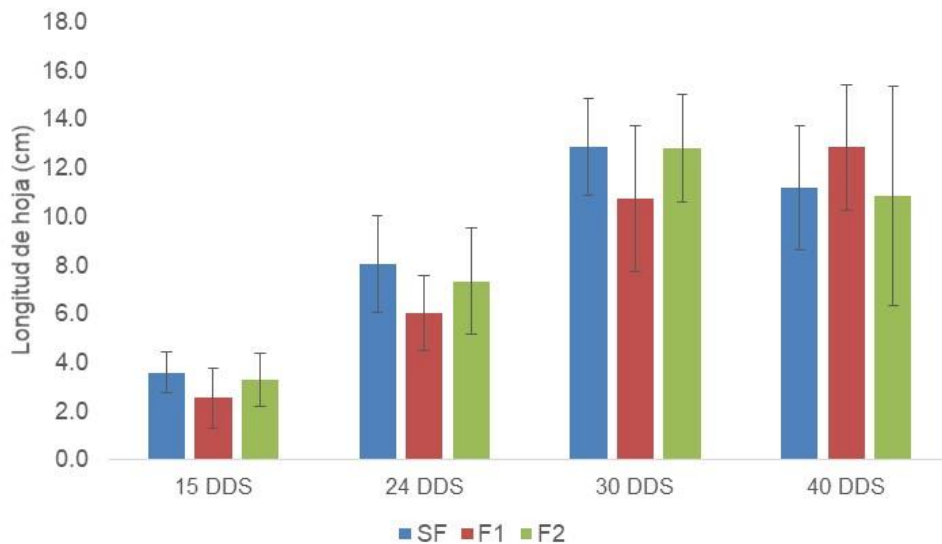


**Figura 3. Efecto de la fertilización sobre el número de hojas del cultivo de rábano a los 7, 15, 24, 30 y 40 días después de la siembra.**



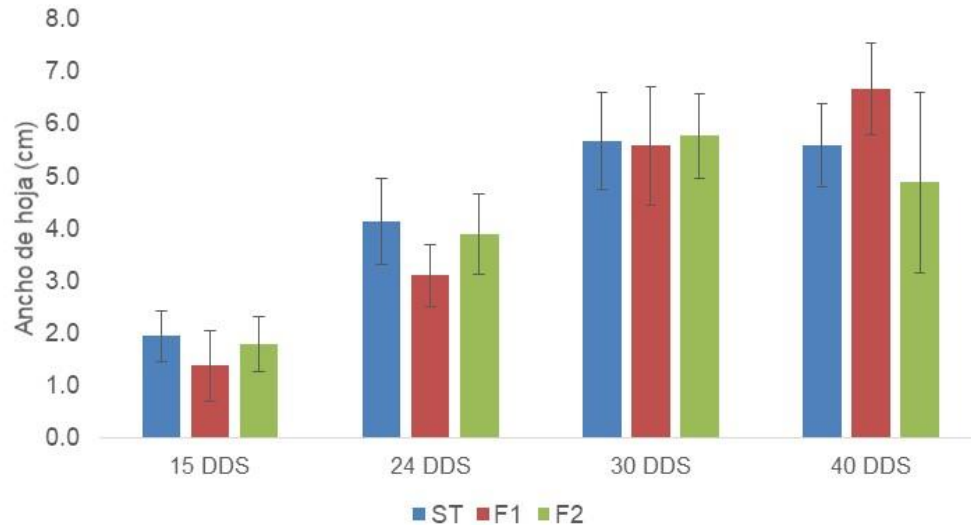
Por otro lado, Somarriba (1998) menciona que la variación que tienen las hojas en cuanto al tamaño y el color está estrechamente relacionados con la variedad, la posición de las hojas con respecto al tallo, la edad y las condiciones ambientales como la luz y la temperatura. De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo cuando se aplica estiércol de borrego con solución de miel al 1% se obtiene mayor desarrollo de las hojas funcionales.

En la Figura 4 muestra que para la etapa de crecimiento y desarrollo que comprende los 15 y 24 DDS que testigo presenta las mayores longitudes de hoja, mientras que para la etapa de madurez a los 30 DDS, el tratamiento de estiércol de borrego con solución de miel al 1% tuvo un mayor efecto sobre esta variable y al final de la etapa de maduración (40 DDS) Nitrofoska® azul obtuvo los mayores valores de longitud de hoja.



**Figura 4. Efecto de la fertilización sobre la longitud de hoja (cm) del cultivo de rábano a los 15, 24, 30 y 40 días después de la siembra.**

En la Figura 5 se encontró que para la etapa de crecimiento y desarrollo a los 15 y 24 DDS el mayor ancho de hoja se tiene para el testigo, mientras que para los 30 DDS, no hay mucha variación entre los tratamientos, y en la etapa final de maduración de la raíz, la hoja alcanza el mayor ancho con la aplicación de Nitrofoska® azul.



**Figura 5. Efecto de la fertilización sobre el ancho de hoja (cm) del cultivo de rábano a los 15, 24, 30 y 40 días después de la siembra.**

El desarrollo y llenado de la raíz depende principalmente de la actividad fotosintética de las hojas funcionales, por lo tanto, en este estudio se presentó mayor desarrollo de las hojas en el tratamiento con estiércol de borrego con solución miel al 1%, la cual favorece el desarrollo foliar de las plantas, seguido del tratamiento con Nitrofoska® azul y por último el testigo.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, para establecer un cultivo de rábano en traspatio para zonas urbanas de Cuitláhuac, Veracruz se recomienda emplear abonos orgánicos como el estiércol de borrego además de la aplicación en suelo y foliar de solución de miel al 1%.

## Conclusiones

1. El estiércol de borrego en mezcla con solución miel al 1% mejora las características agronómicas en el cultivo de rábano para zonas urbanas a pequeña escala.
2. La fertilización con Nitrofoska® azul fue la que presentó el mayor crecimiento y desarrollo de la raíz del rábano (parte comestible); sin embargo, cuando las plantas no son fertilizadas se tiene un buen desarrollo foliar, pero nulo desarrollo radicular.
3. Se recomienda utilizar el estiércol de borrego en mezcla con solución de miel al 1% cada siete días a partir de los 12 cm de altura y hasta la etapa de maduración de estas (30 DDS).





## Literatura Citada

- Anacleto, A., de Araujo, B.A.P., Camilo, M.S.H., & Scheuer, L. 2020. Between flowers and fears: the new coronavirus pandemic (COVID-19) and the flower retail trade. *Ornamental Horticulture*. 27(2), 26-32. Doi: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i1.2232>
- Beltrano, J., y Giménez, D. O. 2015. Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Doi: <https://doi.org/10.35537/10915/46752>
- Cando, C. C. C. 2016. Evaluación de cuatro variedades de rábano (*Raphanus sativus* L.) cultivados en cuatro fases lunares. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador.
- Casimir, A. 2001. Respuesta del crecimiento y productividad del (*Raphanus Sativus* L.). República Dominicana., República Dominicana.: Universidad Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo, Tesis de Maestría.
- CEIEG. 2019. Medición de la pobreza, 2008-2018. Principales resultados para el Estado de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz.
- CONEVAL. 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Recuperado el 17 de mayo de 2021 en: [www.coneval.gob.mx/](http://www.coneval.gob.mx/).
- Croda, J. H. R. & García, L. P. 2020. Resposta imediata da Vigilância em Saúde à epidemia da COVID-19. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [online]. v. 29, n. 1 [Accessed 19 January 2021], e2020002. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000100021>. ISSN 2237-9622. Doi: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000100021>.
- Domínguez, C. E.; Fuentes, de P. C. L., Hershey, C. H.; Amaya, A. & Reyes Q., J. A. 1989. Morfología de la planta de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Domínguez, N. P. 2020. 7 beneficios de los rábanos que no conocías. Recuperado el 18 de noviembre de 2020 en: <https://comefruta.es/beneficios-de-los-rabanos>
- FAO. 2011. Producción de Hortalizas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Recuperado el 17 de mayo de 2021 en: <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>
- Gómez, L. 2001. Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica. Tesis de grado. Ingeniero en microbiología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México.



- Infoagro. 2010. El cultivo del rábano. Recuperado el 18 de noviembre de 2020 en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>
- Montero, S. M., & Taylor, B. S. 2006. Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el trópico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical*. 2: 27-37.
- Ochoa, G. D. & Mendoza, R. J. C. 2015. Evaluar el efecto de enmiendas nutricionales sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (*Raphanus sativus* L) en época seca en la Hacienda experimental Las Mercedes. Managua, Nicaragua, 2015. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua.
- Romo, M. 2005. Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de *Dipteryx micrantha* harms "Shihuahuaco" transplantadas a sotobosque; claros y plantaciones; *Ecología aplicada*. 4(1) 1-8.
- SADER. 2019. El rábano ¿qué sabes de esta hortaliza? Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 17 de mayo de 2021 en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-rabano-que-sabes-de-esta-hortaliza>.
- SADER. 2020. Fresco, picante y algo amargo, es el rábano. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 17 de mayo de 2021 en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/fresco-picante-y-algo-amargo-es-el-rabano?idiom=es>
- Somarriba, R.C.1998 Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. P. 1-57.
- Tito, T.M.E. 2005. Épocas y densidades de plantación de rábano (*Raphanus sativus* L.) para la producción de semilla en el Valle de Bajo de Cochabamba. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.
- TRAXCO. 2012. La contaminación del aire y la agricultura - La lluvia ácida. Recuperado el 17 de mayo de 2021 en: <https://www.traxco.es/blog/noticiasagricolas/la-contaminacion-del-aireafecta-a-la-agricultura>.



## CARACTERES MORFOLOGICOS DE SEIS VARIEDADES DE CAFÉ RESISTENTE A *Hemileia vastatrix* DE LA COLECCIÓN DEL INIFAP

*Edgar Couttolenc Brenis<sup>1\*</sup>, Marco Antonio Toral Juárez<sup>1</sup>, Rosalio López Morgado<sup>1</sup> y Enrique Hernández Reich<sup>1</sup>*

### Resumen

Los caracteres morfológicos permiten identificar las diferencias que existen entre las variedades de un cultivo. En el caso de la colección de variedades de café del sitio experimental Teocelo, Xalapa, Ver., se utilizaron los caracteres morfológicos altura, diámetro tallo, número de tallos, número de internudos, diámetro de copa (Copa), longitud de la rama más larga (LRML), ramas secundarias (RS), ramas con fruto (RCF), ramas sin fruto (RSF), entrenudos con fruto (ECF) y entrenudos sin frutos (ESF) para determinar las diferencias entre las variedades Oro Azteca y Costa Rica 95, Sarchimor T-5296, IAPAR 59, Marsellesa e ICATU. Para estos se realizó un análisis de conglomerado y el análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis. El primero con la finalidad de identificar el grado de similitud entre las variedades y el segundo para determinar cuáles caracteres morfológicos mostraban y explicaban la diferenciación. En el análisis de conglomerados se observó que se distribuyen en tres grupos, el primero agrupa a las variedades Sarchimor, Oro Azteca, Marsellesa y IAPR59; el segundo ICATU y el tercero Costa Rica 95; mientras que en la prueba Kruskal-Wallis se observó que altura, diámetro, diámetro de copa, número de entrenudos del tallo principal, diámetro de copa (Copa), LRML, RS, RCF y ECF tuvieron significancia estadística ( $p < 0.00001$ ). Siendo altura de la planta, diámetro de la copa y LRML los que tendrían mayor influencia en la forma en se agruparon las variedades en el análisis de conglomerados.

**Palabras clave:** diferencias morfológicas, catimores, sarchimores, descriptores de café

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Coaxtla/S.E. Teocelo. \*couttolenc.edgar@inifap.gob



## Introducción

El uso de caracteres de morfológicas para la caracterización de variedades vegetales se basa en que cada variedad vegetal presenta diferentes características, fisiológicas, morfológicas y genotípicas (Ospino *et al.*, 2020). De estas tres características, las que se pueden determinar con mayor facilidad son las morfológicas, ya que se obtiene directamente de las plantas que se quiere caracterizar considerando las estructuras botánicas perceptibles a simple vista que muestran diferencias claras (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2015).

En la mayoría de las variedades vegetales se han desarrollado descriptores con base a caracteres morfológicos que permiten hacer distinciones entre un material y otro, con lo que se asegura que se puedan registrar la obtención de nuevas variedades (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2015). En el caso del café existen los descriptores publicados por el IPGRI (IPGRI, 1996) para el género *Coffea* y las directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad de las UPOV (UPOV, 2008). Las cuales se utilizan como guía para hacer la descripción de las variedades de café que se han desarrollado. Entre los caracteres morfológicos de la planta están: altura de la planta, diámetro de la copa, longitud del entrenudo de la rama primaria plagiotrópica y ramificación de la rama primaria plagiotrópica. Otros autores como Aguiar *et al.* (2004), agregan el tipo de ramificación y la cantidad de ramas ortotrópicas. Además de estos caracteres de la planta, es necesario considerar los caracteres relacionados con la hoja, la flor y el fruto, para poder diferenciar entre las variedades existentes. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar las diferencias entre seis variedades de café resistentes a la roya (*Hemileia vastatrix*) mediante caracteres morfológicos al primer ciclo de cosecha.

## Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el jardín de variedades del Sitio Experimental Teocelo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ubicado en el municipio de Teocelo, Veracruz. Las mediciones se realizaron en el ciclo 2019-2020, cuando las plantas tenían 3 años de establecidas. Las variedades que conforman este jardín de variedades son



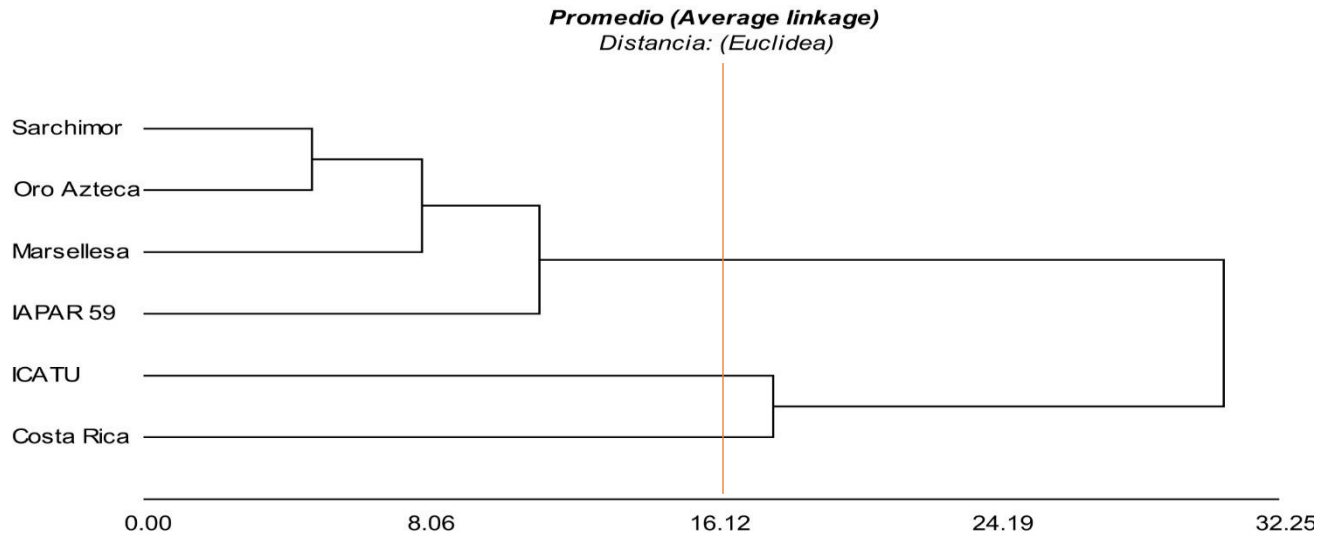
catimores: Oro Azteca y Costa Rica 95; sarchimores: Sarchimor T-5296, IAPAR 59 y Marsellesa; e ICATU la cual es una variedad derivada de la Arabusta (World Coffee Research, 2019; Velásquez, 2021). Las variedades están establecidas en lotes de 60 plantas.

En cada lote se evaluaron los caracteres morfológicos: altura, diámetro de tallo, número de tallos, número de internudos, diámetro de copa (Copa), longitud de la rama más larga (LRML), ramas secundarias (RS), ramas con fruto (RCF), ramas sin fruto (RSF), entrenudos con fruto (ECF) y entrenudos sin frutos (ESF). Estos caracteres se seleccionaron de los descriptores propuestos por el IPGRI (IPGRI, 1996) y las directrices para el examen de distinción, homogeneidad y estabilidad de las variedades vegetales de la UPOV (UPOV, 2008).

Los datos se analizaron con el programa de análisis estadístico Infostat® (Di Rienzo *et al.*, 2011). Primero se realizó un análisis multivariado de conglomerados para conocer la forma en que se agrupaban las variedades de acuerdo a los caracteres morfológicos. A continuación, se corrió una prueba de Kruskal-Wallis para determinar cuáles eran las variables morfológicas estadísticamente significativas para determinar los mejores caracteres para identificar las variedades estudiadas (Hidalgo, 2003; Balzarini *et al.*, 2008).

## Resultados y Discusión

Del análisis de conglomerados al 50% de la distancia máxima se observó que las variedades se distribuyen en tres grupos, el primero agrupa a las variedades Sarchimor, Oro Azteca, Marsellesa y IAPAR59; el segundo ICATU y el tercero Costa Rica 95 (Figura 1). Lo que contrasta con lo esperado por el origen de los materiales, ya que se esperaba que los grupos se formaran agrupando a los catimores (Oro Azteca y Costa Rica 95) por un lado, sarchimores (Sarchimor, IAPAR 59 y Marsellesa) por otro lado y el ICATU independiente de estos dos grupo (Velásquez, 2021). Sin embargo, algunos de los caracteres morfológicos son compartidos entre las diferentes variedades sin importar el origen de las mismas (UPOV, 2008). Incluso es posible hallar diferencias dentro de un mismo grupo de variedades, Julca-Otiniano *et al.* (2018) que mostraron que los caracteres morfológicos fueron diferentes entre la variedad Costa Rica 95 y Catimor.



**Figura1. Nivel de similitud de las seis variedades de café arábica estudiadas con base a las variables morfológicas altura, diámetro, número de tallos, numero de internudos, diámetro de copa (Copa), longitud de la rama mas larga (LRML), ramas secundarias (RS), ramas con fruto (RCF), ramas sin fruto (RSF), entrenudos con fruto (ECF) y entrenudos sin frutos (ESF).**

Del análisis de varianza no paramétrica Kruskal- Wallis se determinó que los caracteres morfológicos que tuvieron significancia estadística ( $p < 0.00001$ ) fueron altura, diámetro, número de entrenudos del tallo principal, diámetro de copa (Copa), longitud de la rama más larga (LRML), ramas secundarias (RS), ramas con fruto (RCF) y entrenudos con fruto (ECF). Al comparar los caracteres entre las variedades se observó que en altura ICATU era estadísticamente diferente a las otras variedades, siendo la de menor promedio. En las demás variedades no se observó diferencias significativas (Cuadro 1, Figura 2 A). El diámetro de copa y la longitud de la rama más larga (LRML) ICATU y Costa Rica 95 se comportaron similar y presentaron los menores promedios para ambas variables. Oro Azteca, Marsellesa y Sarchimor no mostraron diferencias significativas y fueron las variedades con mayor promedio de altura de planta. Sarchimor se diferenció de las demás variedades en estas variables (Cuadro 1, Figura 2 B y D). En lo que se refiere al diámetro del tallo, Costa Rica 95 e ICATU mostraron un desarrollo similar, además ICATU tampoco mostró diferencias estadísticas con respecto a IAPAR 59 y Sarchimor. Oro Azteca y Marsellesa fueron las que tuvieron un mayor diámetro de tallo en promedio y no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero si con el resto de variedades (Cuadro 1, Figura 2 C).



En el número de entrenudos del tallo principal Oro Azteca es estadísticamente diferente al resto de las variedades con un promedio de 23.7 entrenudos. Costa Rica 95 y Marsellesa presentaron el mayor promedio de entrenudos. Sarchimor, IAPAR 59 e ICATU tuvieron un comportamiento similar en el número de entrenudos (Cuadro 1, Figura 3 A). En ramas secundarias Oro Azteca, Costa Rica 95 e ICATU, se comportaron de manera similar con los promedios más altos para esta variable. En cuanto a las otras tres variedades presentaron los promedios menores sin que existieran diferencias significativas entre ellas (Cuadro 1, Figura 3 B). Marsellesa presentó un mayor número de ramas con fruto.

Le sigue Costa Rica 95 que se comportó de manera similar a Marsellesa, que también presentó similitudes con Oro Azteca. Esta última variedad tampoco fue diferente significativamente de Sarchimor y IAPAR 59. ICATU fue la variedad con menor promedio de ramas con fruto, sin embargo, estadísticamente no es diferente de Sarchimor y IAPAR 59 (Cuadro 1, Figura 3 C). En cuanto a los entrenudos con fruto Marsellesa presentó el mayor promedio de las seis variedades. Oro Azteca, Sarchimor y IAPAR 59 le siguieron, y tuvieron un comportamiento similar a Oro Azteca y a Costa Rica 95, aunque entre estas sí existieron diferencias significativas. ICATU fue la variedad que presentó menor promedio de entrenudos con fruto (Cuadro 1, Figura 3 D).

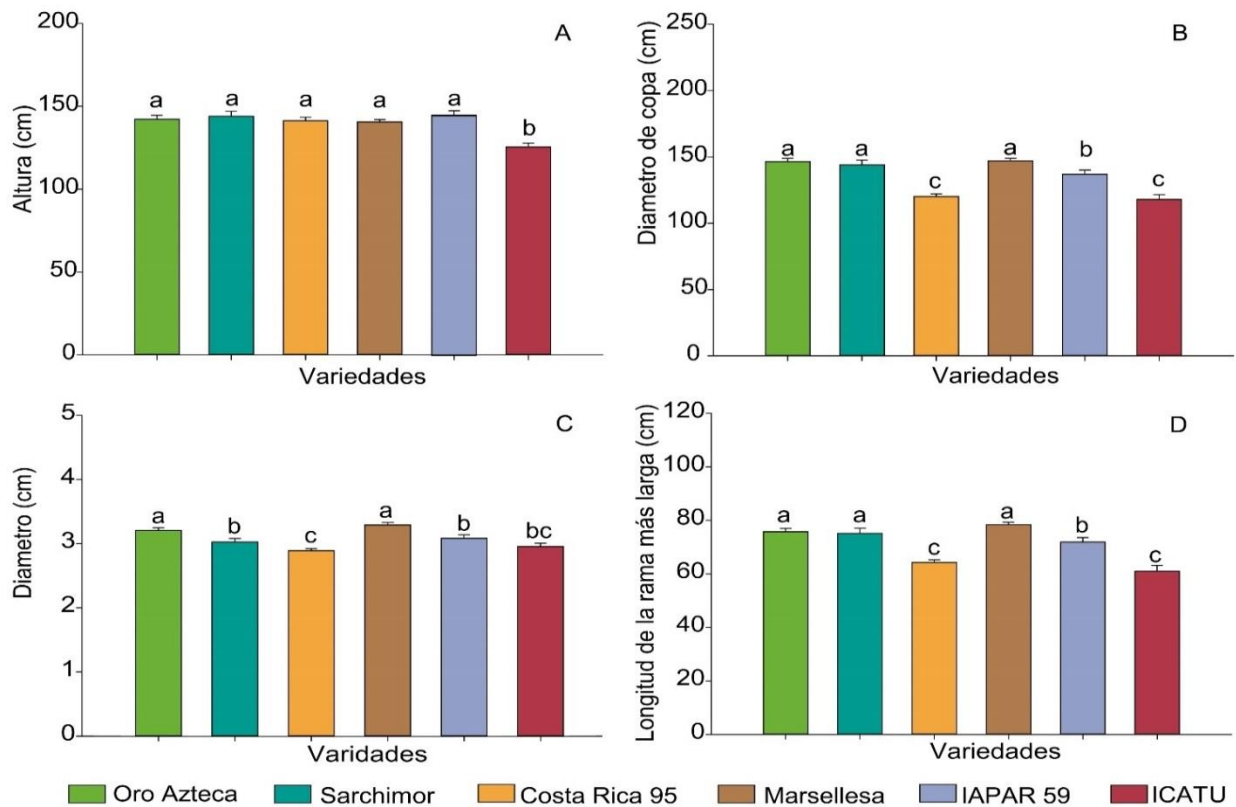
De los caracteres que se evaluaron altura de la planta, diámetro de la copa y la longitud de la rama más larga son las que se consideran como descriptores de la variedad (IPGRI, 1996; Aguiar *et al.*, 2004; UPOV, 2008). Los datos evaluados muestran que estos tres caracteres analizados por separado tienen una tendencia similar al análisis multivariado de conglomerados, principalmente en el diámetro de copa y la longitud de la rama más larga, donde Oro Azteca, Marsellesa, Sarchimor y IAPAR 59 que no presentaron diferencias significativas entre sus promedios. Es importante mencionar que para la fecha de la medición las plantas apenas estaban en su primer ciclo de cosecha por lo que aún no alcanzaban su desarrollo completo como lo recomienda la UPOV (2008) en las directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad de variedades de café. Sin embargo, Terceiro *et al.* (2019), mostró que es posible utilizar la altura de planta, el diámetro de copa y longitud de la rama más larga para identificar diferencias entre las variedades.



**Cuadro 1. Promedios de las variables morfológicas evaluadas para las seis variedades.**

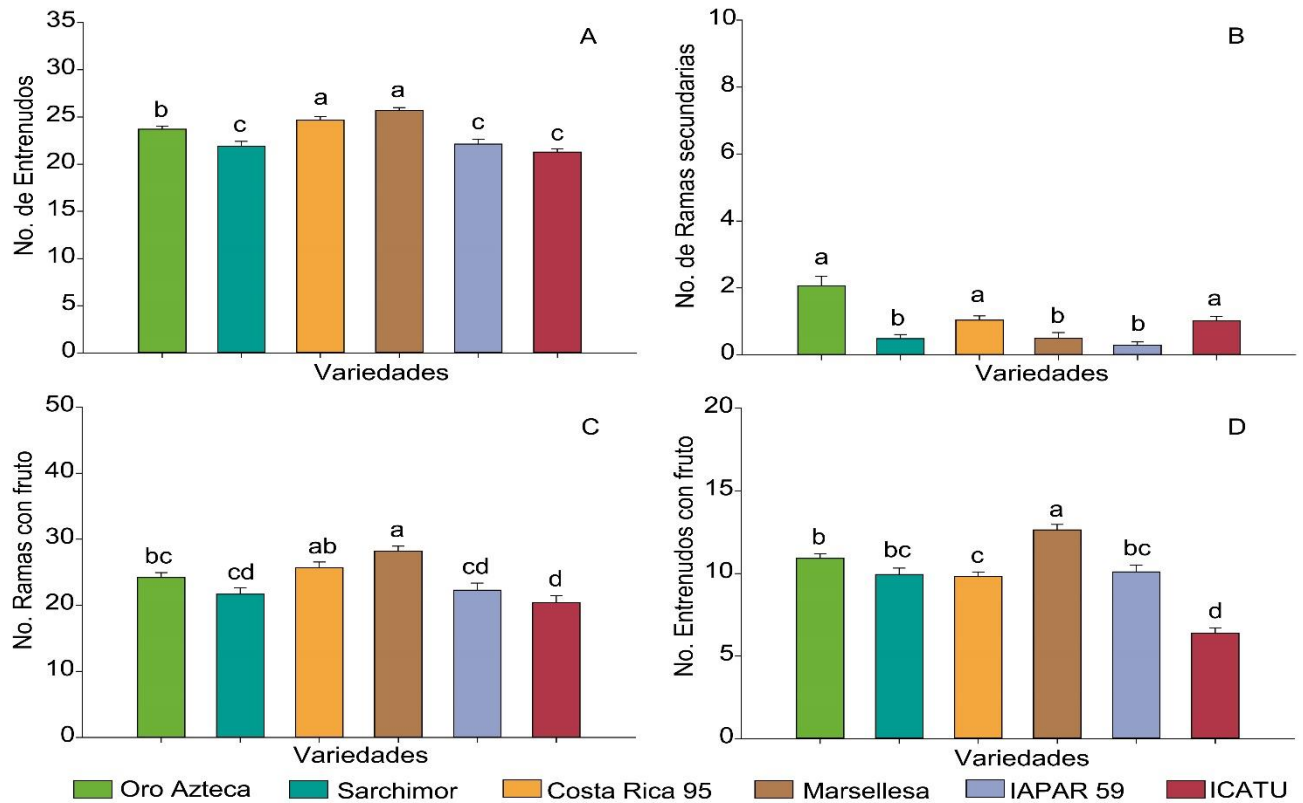
	Altura	Diámetro Tallo	Copa	LRML	Entrenudos	RS	RCF	RSF	ECF	ESF
Oro Azteca	142.25	3.21	146.44	75.78	23.7	2.07	24.2	20.37	10.92	8.32
Costa Rica 95	141.37	2.89	120.23	64.26	24.65	1.03	25.68	20.38	9.82	7.77
IAPAR 59	144.79	3.08	136.93	71.94	22.14	0.29	22.29	19.53	10.1	7.86
Marsellesa	140.5	3.29	147.1	78.35	25.68	0.49	28.22	20.2	12.64	8.46
Sarchimor	144.02	3.03	144.03	75.17	21.9	0.48	21.67	19.82	9.95	8.3
ICATU	125.48	2.96	117.92	60.98	21.28	1.02	20.39	20.37	6.37	8.16

Longitud de la rama mas larga (LRML), ramas secundarias (RS), ramas con fruto (RCF), ramas sin fruto (RSF), entrenudos con fruto (ECF), entrenudos sin fruto (ESF).



**Figura 2. Comportamiento de las variables altura (A), diámetro de copa (B), diámetro de la planta (C) y longitud de la rama más larga (D), en seis variedades de la colección del S.E. Teocelo. Letras distintas indican diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la comparación de medias.**





**Figura 3. Comportamiento de las variables número de entrenudos (A), número de ramas secundarias (B), número de ramas con fruto (C) y entrenudos con frutos (D); en seis variedades de la colección del S.E. Teocelo. Letras distintas indican diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la comparación de medias.**

### Conclusiones

Los caracteres utilizados muestran diferencias morfológicas entre las seis variedades resistentes a roya de la colección del sitio experimental Teocelo. Sin embargo, es necesario ampliar el número de caracteres para realizar una distinción precisa de cada variedad. Es importante mencionar que los caracteres morfológicos no muestran agrupación con relación al origen de las variedades.



## Literatura Citada

- Aguiar, A. T. da E., Guerreiro-Filho, O., Maluf, M. P., Gallo, P. B., y Fazuoli, L. C. 2004. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. *Bragantia*, 63:179-192. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000200003>
- Avendaño-Arrazate, C., Iracheta-Donjuan, L., Gódinez-Aguilar, J., López-Gómez, P., y Barrios-Ayala, A. 2015. Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. *Phyton (Buenos Aires)* 84(1):148–162.
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., y Walter Robledo, C. 2008. *Infostat: Manual del usuario*. Brujas. <https://repositorio.catie.ac.cr/xmlui/handle/11554/10346>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. 2011. *InfoStat (Version 2017) [Windows 10]*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. p. 2-27. *In*: T. L. Franco y R. Hidalgo (eds.). *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- IPGRI, 1996. *Descriptores del café (Coffea spp. Y Psilanthus spp.)*. IPGRI. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptores-del-cafe-coffee-spp-y-psilanthus-spp/>
- Julca-Otiniano, A., Alarcón-Águila, G., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., Julca-Otiniano, A., Alarcón-Águila, G., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., y Castro-Cepero, V. 2018. Comportamiento de tres cultivares de café (catimor, colombia y costa rica 95) en el valle de el perené, junín, Perú. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 34(3), 205–215. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000504>
- Ospino, A. R., Alvaréz, M. G., Machado-Sierra, E., y Aranguren, Y. 2020). Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–17. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1557](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1557)
- Terceiro, M. G., Meirelles, F. C., Cavalcante, A. G., Mingotte, F. L. C., y Lemos, L. B. 2019). Caracteres morfológicos de cafeeiro de porte baixo no primeiro ano de formação em Jaboticabal-SP. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 62. <http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3051>
- UPOV. (2008). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad: Cafeto*. UPOV.



Velásquez, R. A. 2021). Guía de variedades de café | Guatemala (Cuarta). Anacafé.  
<http://demo.anacafe.org/manuales/guia-de-variedades-de-cafe-guatemala/>

World Coffee Research. 2019. Las variedades del café arábica (3rd ed.). World Coffee Research.



# ESTUDIO TECNOLÓGICO DEL CULTIVO DE CHILACAYOTE (*Cucurbita ficifolia*) PARA USO INDUSTRIA

Regina María Medina Sauza<sup>1\*</sup>, Francisco Hernández Quinto<sup>2</sup>, Anayeli González Benito<sup>3</sup> y Marisol Pérez Palestina<sup>4</sup>

---

## Resumen

Se presenta un paquete tecnológico para el cultivo tecnificado del chilacayote a través de su manejo agronómico, con el propósito de obtener insumos necesarios para la elaboración de productos alimentarios de consumo final, que cumplan con características de inocuidad en presentaciones: líquida, polvo y guiso tradicional. Utilizando resultados obtenidos de investigación de mercado y análisis técnico para su cultivo y transformación, además de corridas económicas para la identificación del coste unitario, con lo cual, se establecen los aspectos de factibilidad y viabilidad para la comercialización de tres productos a base de Chilacayote para el aprovechamiento biológico, industrial y económico de este fruto.

**Palabras clave:** mercado, técnico, económico, viabilidad, factibilidad

## Introducción

La agricultura, implica el establecimiento de un sistema de subsistencia humana en el que la producción y el consumo de plantas cultivadas, principalmente las domesticadas, son fundamentales. Representa la culminación de una serie de procesos interrelacionados, ya sean de carácter socioeconómico, biológico o ecológico. Algunas de las especies más importantes son: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.), chile (*Capsicum* spp.), tomate (*Physalis* spp.) y aguacate (*Persea americana*), además de un gran

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Libres. \*Autor por correspondencia [cjie\\_dlibres@tecnm.mx](mailto:cjie_dlibres@tecnm.mx)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Perote

<sup>3</sup> Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario n°86



número de especies secundarias, propias de las diversas regiones y áreas culturales (McClung de Tapia, 2013).

Otra especie importante es el chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), siendo una planta rastrera-trepadora perteneciente a la familia cucurbitácea (Delgado *et al.*, 2014). Se conoce desde tiempos remotos y se distribuye en varios países incluyendo México, donde se cultiva en comunidades rurales y marginadas del estado de Oaxaca. Su fruto se utiliza para elaborar dulces regionales, o para alimentar animales domésticos. En general, es poco utilizado como alimento en donde se cultiva, ya que, es una materia prima poco conocida en cuanto a sus características químicas y funcionales se refiere, dado que, en la actualidad existe poca información de los beneficios que esta cucúrbita podría aportar a la alimentación humana o de sus características tecnológicas.

Asimismo, el chilacayote, es un producto poco utilizado en México por desconocerse sus características y potencialidades biológicas. Es un cultivo poco estudiado y en consecuencia, poco aprovechado en la industria y en la alimentación humana, lo que sugiere, el objetivo de integrar un paquete tecnológico del cultivo de chilacayote para la obtención de materia prima que puede ser utilizada en la elaboración de productos alimentarios, respondiendo a una necesidad de un grupo de productores de San José Alchichica, Puebla. Dicho paquete tecnológico debe impactar en la optimización de los procesos de siembra que se realizan de forma tradicional en la región, hacia su cultivo tecnificado, cosecha, almacenaje, procesamiento y comercialización en los beneficios del fruto, y con esto, lograr un aprovechamiento biológico, industrial y económico para esta especie. Actualmente, las personas que habitan en sitios alejados de las ciudades, por diversas razones, no cuentan con una variedad de alimentos que cubran sus necesidades biológicas (González y Cortes, 2021), o bien, no utilizan los productos y subproductos de los cultivos existentes por desconocimiento de los beneficios que éstos aportan, basando su dieta en granos y semillas (Crocker y Park, 2004). Lo anterior, ha propiciado la búsqueda de alimentos seguros desde el punto de vista biológico, tales como, materias primas naturales con cualidades nutricionales importantes para el organismo, con buenas características físicas, químicas y funcionales tecnológicas para su procesamiento, además, que estén disponibles y económicamente al alcance de toda la población (Antonio-Estrada *et al.*, 2018).



Asimismo, el área de distribución del chilacayote abarca las zonas medias o altas de prácticamente todas las cordilleras o cadenas montañosas de Latinoamérica, desde el norte de México hasta Argentina y Chile, sin embargo, como en el caso de su origen, el centro de domesticación y diversificación, aún representa un enigma a resolver, no obstante, los restos arqueológicos encontrados en Perú pudiesen inclinar la balanza hacia esta zona (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).

También, al ser una planta anual y cultivada, esta especie se maneja tanto en el sistema de agricultura tradicional de temporal (época de lluvias) como en el de riego, o cultivadas sobre terrenos húmedos (época de sequía), siendo la primera de ellas, la practica más común. Debido a lo anterior, esta especie presenta diversas variantes en tiempo para la aparición de flores y frutos. En México, de manera general, se siembran al inicio de la época de lluvias (mayo-junio), floreciendo en julio-septiembre y fructificando de septiembre-enero.

Del mismo modo, se cultiva en algunas regiones del país durante la época de sequía, principalmente en terrenos húmedos o con la ayuda de riego, proporcionado así la fructificación desde abril hasta julio (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).

### **Características del chilacoyote en la producción tradicional o de temporal**

- Inicio de la floración. Esta especie presenta diferentes épocas de floración de acuerdo a la disponibilidad de agua, en la primera época (con ayuda de riego o en terrenos húmedos) es de marzo a mayo y durante la segunda (temporal) es de julio a septiembre (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).
- Número promedio de flores por planta. Las plantas de cucúrbita, generalmente tienen una proporción de flores estaminadas de entre 8:1 y 10:1 con respecto a las pistiladas, aunque, esta proporción puede variar dependiendo de la especie y las condiciones medioambientales (Whitaker, 1931; McGregor, 1976).
- Número total de flores por planta. Se tiene registrado que cada planta puede producir de 24 a 34 flores pistiladas, por lo tanto, deberían desarrollarse entre 192 a 340 flores estaminadas por planta (McGregor, 1976).
- Inicio de fructificación. Esta especie presenta diferentes épocas de fructificación, la primera, inicia en el mes de mayo-junio y la segunda inicia en septiembre-octubre (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).



- Número de semillas por fruto. Se tiene reportado una alta productividad en la cantidad de semillas para esta especie, algunos frutos de tamaño mediano pueden contener más de 500 semillas (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).
- Requerimientos de cultivo. El cultivo de esta especie de manera tradicional es a cielo abierto, en agrosistemas junto con maíz, frijol y otras especies de calabaza, en huertos y otros espacios agrícolas de manejo más intensivo, donde, se cultiva sola (monocultivo) o asociada a otras especies (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).
- Anual. Por ser un cultivo desarrollado dentro del sistema de agricultura tradicional de temporal se presenta un periodo de desarrollo de 5 a 7 meses (Lira y Montes-Hernández, 1992).

### **Manejo agronómico del chilacayote**

- Preparación del terreno. Se realiza una labranza (rastra) en otoño, para eliminar residuos de plantas y desechos en los que, insectos y enfermedades pueden permanecer durante el invierno. En primavera, se realiza una pasada de arado y antes de plantar se da otra pasada de rastra (7 a 10 días antes).
- Marcos de plantación. El área de cada planta es de 56 m<sup>2</sup>, obteniendo una densidad de 180 plantas por hectárea, la siembra se hace al centro del área (Ortiz, 1986).
- Siembra. Con el objeto de asegurar la germinación, se colocan tres semillas por postura en la siembra, posteriormente, se ralea para dejar la planta más robusta. Es recomendable la siembra al inicio de la época de lluvias (abril-mayo), en el sistema de agricultura tradicional de temporal.
- Germinación. La semilla del chilacayote se caracteriza por presentar un rápido proceso de germinación, a los 3 días de la imbibición de la semilla.
- Aparición de hojas. El primer primordio foliar se expande entre los 9 y 10 días a partir de la imbibición de la semilla (Mora, 1988).
- Presencia de yemas. La presencia de yemas florales oscila entre los días 40 y 60 a partir de la germinación de la planta.
- Fertilización. No se tienen datos de esta información para la especie.
- Desarrollo del fruto. A partir del tercer mes, el fruto inicia su desarrollo, aunque, este lapso puede ser menor o mayor dependiendo de la variedad y la región del cultivo (Lira y Montes-



Hernández, 1992). El crecimiento y el desarrollo del fruto, comienza inmediatamente después de la fertilización, entre 2.5 y 3 meses a partir de la siembra (Lira y Montes-Hernández, 1992; Lira, 1995).

- Cosecha. La fecha de cosecha variará dependiendo del inicio de siembra, sin embargo, es común que se presente entre los 4 y 5 meses de haberse sembrado si es para verdura y de 6 a 8 meses si es para semillas y pulpa (Lira y Montes-Hernández, 1992).

## **Materiales y Métodos**

El estudio tecnológico del cultivo de chilacayote para uso industrial se llevó a cabo para determinar los requerimientos que debe cumplir el cultivo de chilacayote de acuerdo a las características ecogeográficas de la Región Libres-Oriental, que se caracteriza por una altitud de 2360 m, clima semiseco templado, con un rango de temperatura media anual de 12 a 16°C y un rango de precipitación de 300 a 600 mm/m<sup>2</sup>. El tipo de cultivo es a cielo abierto, como monocultivo dentro del sistema de agricultura tradicional de temporal, en espacios y zonas territoriales de productores de la región de Alchichica, Puebla. Asimismo, se planteó desarrollar el estudio en una hectárea de tierra en un ciclo de cultivo.

Por su parte, el desarrollo de prototipos de tres productos fue procesado en instalaciones del laboratorio del programa educativo de industrias alimentarias del ITSLibres, donde se realizó los análisis nutrimentales e inocuidad del producto.

### **Cultivo**

1. Preparación del terreno. Para la preparación del terreno (1 ha) se realizó una labranza (rastra) en otoño para eliminar residuos de plantas y desechos en los cuales pueden pasar el invierno insectos y enfermedades. En primavera se realizó una pasada de arado y antes de plantar se da otra pasada de rastra (5 a 7 días antes).
2. Plantación. Se manejan marcos de plantación de 25 m<sup>2</sup>, en camas de 2.5 m de ancho por 10 m de largo, para una densidad de 400 plantas/ha.
3. Siembra. Se utiliza semilla de chilacayote del “tipo fino”, es un fruto pequeño manejado como monocultivo, para producir fruto tierno (hortaliza). Se debe sembrar al inicio de la época de lluvias en la región, en el mes de abril, y con el objeto de asegurar la germinación, se colocan





tres semillas por postura en la siembra, posteriormente se ralea para dejar la planta más robusta.

4. Germinación. Las semillas de *C. ficifolia* se caracteriza por presentar un rápido proceso de germinación, a los 3 días de la imbibición de la semilla (Mora, 1988).
5. Deshierbe. Se realiza el deshierbe cuando la planta presente de 5 a 10 cm de altura, ya que la maleza compite con la planta, posteriormente se debe realizar otro deshierbe si se presenta nuevamente maleza.
6. Floración. Inicio de floración: Masculina día 83.6, Femenina día 94.8 (Valdés, 1994).
7. Producción del Fruto. Producción de fruto tierno para consumo como verdura (hortaliza), inicia en el día 100.6, se hacen 28 cortes, con un periodo de producción de 104 días (promedio de 3.7 días entre cortes), la etapa de mayor producción está comprendida entre los días 62 y 97 después de iniciada. El número de frutos tiernos producidos son alrededor de 1000 por planta. Respecto a la cosecha del fruto maduro, para el día 214, con 125.8 frutos por planta y peso global de 123.246 kg (Valdés, 1994).

Por otro lado, para el análisis de la factibilidad y viabilidad en proyectos de inversión, las micro, pequeñas y medianas empresas no toman decisiones de negocios sobre la base de la experiencia o imitación únicamente, sino que, para tomar decisiones racionales es necesario efectuar estudios profundos para analizar e interpretar los resultados y con esto, satisfacer una necesidad a través de la generación de bienes y servicios.

Así pues, la demanda interna aumenta por el crecimiento poblacional que requiere más productos y/o servicios, además, los gustos y preferencias de los consumidores cambian y surge la necesidad de satisfacer estos propios cambios, lo anterior, provoca la realización de nuevas inversiones a través de innovaciones tecnológicas en los procesos productivos. Por ejemplo, en la clasificación que realizan Hernández *et al.* (2005), uno de los criterios empleados es de acuerdo al sector al que van dirigidos los proyectos: agropecuarios, servicios e industriales, y es precisamente en este último, en el que se ubica al sector de la transformación del chilacayote.

Por lo que se refiere a Baca (2013), esboza una serie de estudios que integran la formulación de proyectos de inversión que sirven como un marco contextual para el análisis desde diferentes enfoques como se muestra en el Cuadro 1.



**Cuadro 1. Estudios para la formulación y evaluación de proyectos.**

Mercado	Técnico	Económico
El estudio de mercado, consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización, así como el análisis de competencia.	Pretende resolver las preguntas referentes a donde, cuanto, cuando, como y con que producir lo que se desea, porque el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto.	La parte del análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el coste total de la operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.

Fuente: elaboración con base en Baca (2013).

## Resultados y Discusión

Los tres productos elaborados de chilacayote: bebida refrescante, polvo para atole y guiso tradicional fueron diseñados para dirigirse a niños y jóvenes de edad escolar, adultos jóvenes y adultos mayores, consumidores en un rango de edades que va desde los 5 años, hasta mayores de 65 años, con base en criterios de segmentación de mercado por edad y estilo de vida.

### Análisis de mercado, técnico y económico del chilacayote

En el marco de los primeros resultados obtenidos se presenta en primer lugar, los costes de fabricación de los tres productos, concretamente en la Figura 1, se muestra un prototipo de bebida líquida con envasado en PET (polietileno tereftalato) para el primer producto del estudio, elaborado en las condiciones tecnológicas del laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSLibres).

Al mismo tiempo, se registraron los materiales e insumos necesarios para el embotellamiento del producto en la presentación de 330 mL, además de enlistar los valores monetarios de cada elemento del coste de fabricación, junto con un margen de ganancia, una vez establecido un precio de mercado aproximado para la región. Por tanto, en el Cuadro 2, se presenta los importes correspondientes para el prototipo de producto.



**Figura 1. Producto 1: bebida refrescante de Chilacayote, con presentación de 330 mL. Fuente: elaboración propia.**

**Cuadro 2. Estimación del margen de ganancia del producto 1. Fuente: elaboración propia.**

Coste de fabricación	Precio mínimo	Ganancia
\$5.40	\$7.56	\$2.16

En segundo lugar, el producto con características alimenticias del Chilacayote en presentación en polvo de 46 g, para la elaboración de atole, contenida en bolsa de plástico de baja densidad (polietileno) se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Producto 2: Polvo para atole, con presentación de 46 g. Fuente: elaboración propia.**



También, fueron registrados los precios de elaboración de la presentación del chilacayote en polvo, con el propósito de estimar los costes y ganancias bajo las condiciones técnicas de producción como se observa en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Estimación del margen de ganancia del producto 2. Fuente: elaboración propia.**

Coste de fabricación	Precio mínimo	Ganancia
\$2.22	\$3.11	\$0.89

Finalmente, en tercer lugar, se procesó un último producto para guiso tradicional derivado del chilacayote, exhibido en un contenedor desechable tipo “bisagra” para introducir una cantidad de 250g de fruto como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3. Producto 3: Guiso tradicional con presentación de 250 gr. Fuente: elaboración propia.**

De la misma manera que en los casos de los productos 1 y 2, en su proceso de producción en laboratorio fueron identificados los costes, precios y ganancia aproximada para el prototipo 3 obtenido del Chilacayote como se observa en el Cuadro 4.

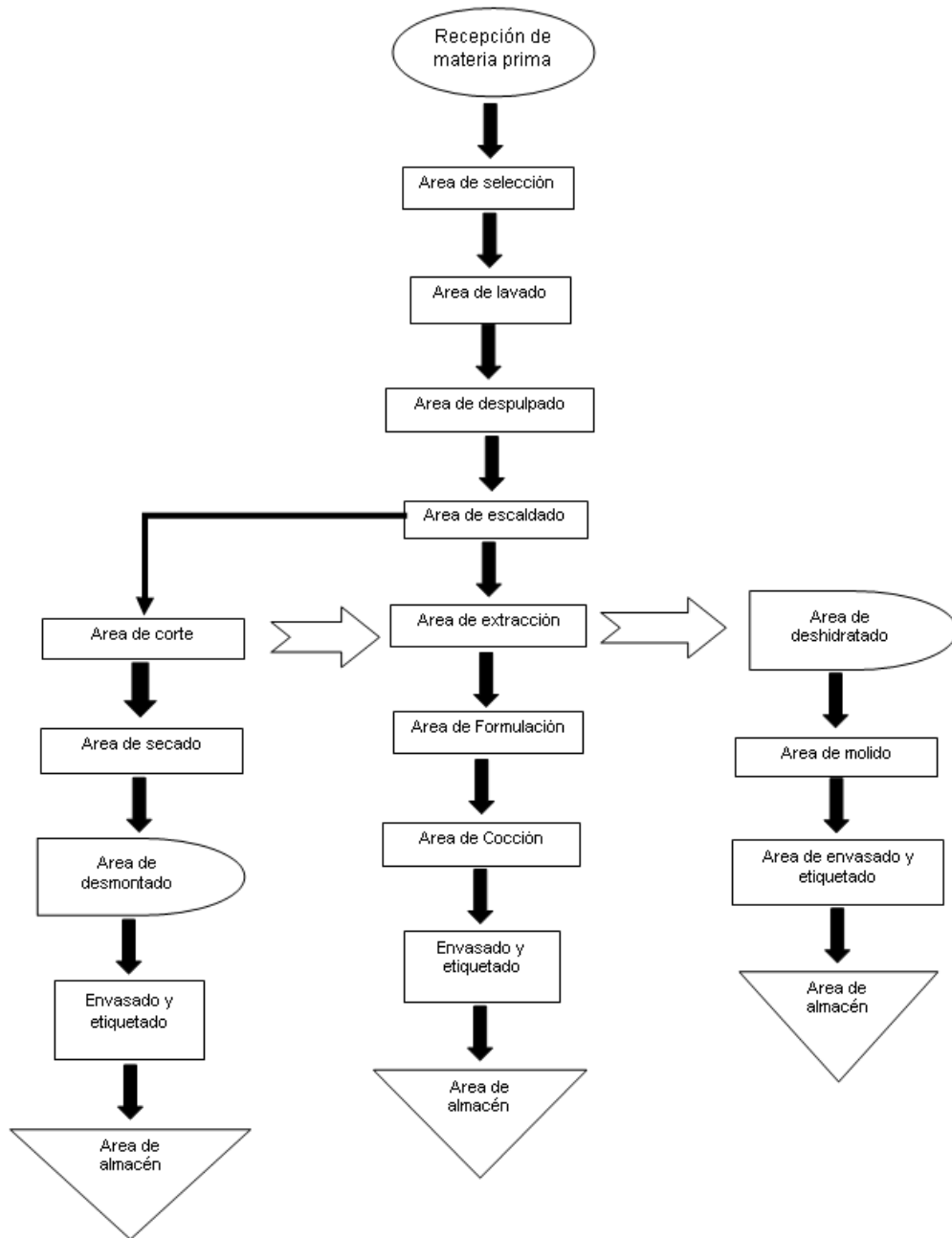
**Cuadro 4. Estimación del margen de ganancia producto 3. Fuente: elaboración propia.**

Coste de fabricación	Precio mínimo	Ganancia
\$28.09	\$39.32	\$11.23

En suma, existe la posibilidad técnica en la fabricación de los tres productos elaborados a partir del fruto de chilacayote, al mismo tiempo, fue necesario documentar el proceso de producción



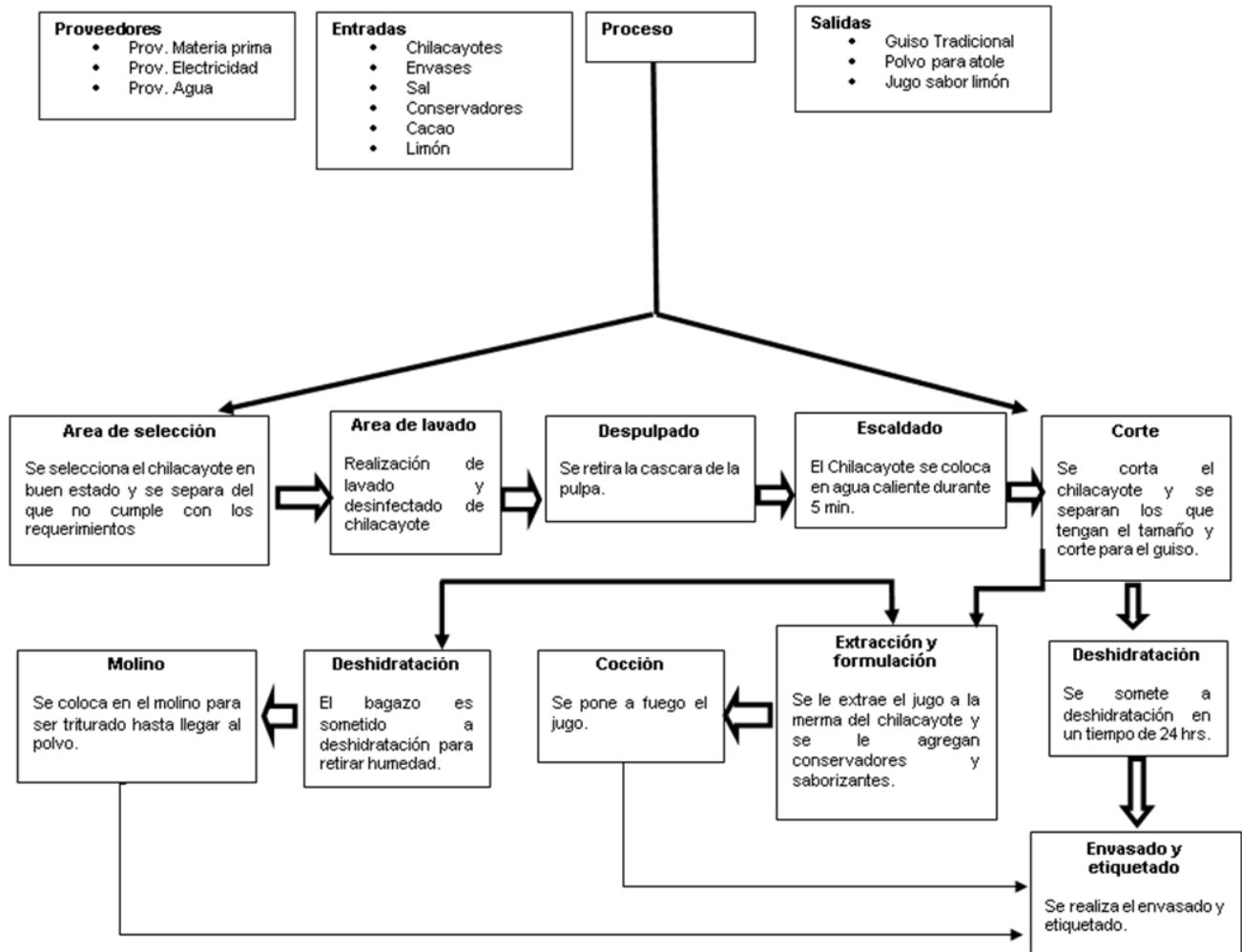
de los tres productos en el mismo número de líneas de fabricación para identificar las fases, actividades y requerimientos técnicos en el procesamiento de cada artículo alimentario, así como, el SIPOC de las condiciones físicas para la puesta en marcha de una planta procesadora de Chilacayote como se muestran en las Figuras 4 y 5.



**Figura 4. Diagrama de flujo de proceso para tres líneas de producción. Fuente: elaboración propia.**



El potencial que muestra el cultivo de chilacayote debido a su alto rendimiento por hectárea, plantea el potencial de aprovechamiento y el interés para su análisis financiero con la finalidad de determinar su viabilidad como un mercado en crecimiento, por tanto, la posibilidad de comercialización en productos de consumo final.



**Figura 5. SIPOC en planta procesadora de chilacayote. Fuente: elaboración propia.**

Conviene subrayar que se determinaron los costes de producción del cultivo de chilacayote como fruto tierno, para un escenario de venta como hortaliza por hectárea como monocultivo, en un ciclo de cultivo de temporal. Concretamente, los costes van desde la materia prima (semilla, composta, herbicida), mano de obra empleada (marcos de plantación, siembra, raleo, labra-cajetes, deshierbe, composta, aplicaciones de herbicida y cosecha) y costes indirectos



(rastra, barbecho, flete). Concretamente, fueron considerados los precios y costes de la región de Libres-Oriental, arrojando un coste total de producción de aproximadamente \$51,400.00/ha. En lo que se refiere a la cantidad de producción del chilacayote como fruto tierno, se registraron los valores obtenidos en el cultivo de plantas/ha, con sus respectivos números de frutos y peso aproximado que se muestra en el Cuadro 5, para la estimación del peso total por hectárea sembrada.

**Cuadro 5. Número y peso de frutos tiernos de chilacayote. Fuente: elaboración propia.**

Fruto tierno				
No. frutos	Peso aproximado de fruto	Peso global/planta	Plantas/ha	Peso total/ha
1000	179 g	182 kg	400	73,000 kg.

En consecuencia, se calculó el coste por kg de chilacayote en fruto tierno con los datos derivados del coste y producción total, con el propósito de identificar los precios unitarios en el aprovechamiento por hectárea como se observa en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Costo de producción por kg de chilacayote. Fuente: elaboración propia.**

Producción en kg	Coste de producción	Coste por kg
73,000 kg.	\$ 51,400.00	\$ 0.7041

El procesamiento de datos para fijar los costes de producción de chilacayote en fruto maduro, se registró para una hectárea, en monocultivo, en condiciones de temporal. Similar al chilacayote para fruto tierno, se consideraron los precios y costes de la región de Libres-Oriental, proyectando un coste total de producción en materia prima, mano de obra y costos indirectos para el cultivo de aproximadamente \$28,200.00/ha. Así pues, en el Cuadro 7, se muestra el número de frutos maduros que produce cada planta, peso y producción total de chilacayote en kg/ha. Asimismo, se realizó el cálculo del coste de producción por kg de chilacayote en fruto maduro, que se ejemplifica en el Cuadro 8, para la estimación de los costes unitarios en la explotación del cultivo por hectárea.



**Cuadro 7. Número y peso de frutos maduros de chilacayote. Fuente: elaboración propia**

Fruto maduro				
Nº frutos	Peso aproximado por fruto	Peso global/planta	Plantas/ha	Peso total/ha
125.8	1,068 g	123.284 kg	400	49,313.60 kg

En suma, los datos revelan el beneficio del cultivo del chilacayote a través de una razón financiera entre producción y costes, para su comercialización en productos alimentarios de consumo final. Es necesario subrayar que, se debe continuar con estudios de mercado una vez definidas las condiciones técnicas y financieras presentadas en los segmentos de la población potencial, asimismo identificar nuevos objetivos que contribuyan a delimitar la factibilidad del proyecto.

**Cuadro 8. Costo de producción fruto maduro por kilo. Fuente: elaboración propia.**

Producción en kg	Coste de producción	Coste de producción/kg
49,314 kg	\$ 28,200.00	\$ 0.5718

## Conclusiones

El cultivo de chilacayote es relativamente sencillo, es una especie importante por tolerancia al frío, enfermedades, plagas, excesos y déficits de humedad, y salinidad, además, la robusticidad de la planta que permite la ausencia de agroquímicos en su producción. El coste de producción en fruto tierno por hectárea es relativamente bajo en comparación con los ingresos por ventas proyectados, que representan el 17.60% de los ingresos, estimando una utilidad del alrededor de 82.40%, con base en estos datos, se afirma la viabilidad en la producción de fruto tierno como productos de consumo final. Respecto al cultivo del chilacayote, se observó que la producción de fruto tierno inicia a partir del día 101, posteriormente del surgimiento de la planta se realizan 28 cortes en la misma, con intervalos de 3.7 días entre cada corte, con un periodo de producción de 104 días. Al mismo tiempo de cosecha, se esperan obtener ingresos cada 3.5 meses en promedio. Se encontró que, la bebida refrescante presenta un margen de utilidad del 28.58%, el polvo para atole un 45.99%





y el guiso tradicional un 28.58%, por tanto, se concluye que los tres productos son viables desde el análisis financiero. La producción de chilacayote en fruto tierno como especie de hortaliza es de mayor rendimiento por las cantidades de producción obtenida, alcanzando 73 t/ha, en comparación con los totales de producción en fruto maduro que se obtienen alrededor de 49 t/ha.

Colocar a disposición del consumidor de manera accesible el producto en los esquemas de presentación diseñados, generan un valor agregado al chilacayote manejado sin ningún procesamiento industrial, es decir, potencializar las características que cada producto. Por ejemplo, un empaque y embalaje que ocupen un mínimo espacio de almacenamiento, un sistema de fácil uso, entre otros aspectos que la investigación de mercado represente en gustos y preferencias de cada uno de los artículos, de manera que, existe la oportunidad de realizar futuras investigaciones que continúen documentando estudios mercadológicos de la potencialidad del producto en su crecimiento de demanda y oferta.

### Literatura Citada

- Baca, U. G. 2013. Evaluación de proyectos. 7ª edición. McGrawHill. México, D. F.
- Crocker, J., and L. E. Park. (2004). The Costly Pursuit of Self-Esteem. Psychol. Bull. 130(3): 392-414.
- Delgado, L., P. Ruelas, J. Aguilar, J. García, R. Valdivia y G. López. 2014. Diversidad morfológica de especies cultivadas de calabaza (*Cucurbita* spp.) en el estado de Nayarit. REMEXCA 6:1845-1856.
- González, C. G. y A. L. Cortes G. 2021. Preguntas sobre alimentación y nutrición planteadas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria. Rev. Eureka Enseñ. Divulg. Cienc. 18(3):3104.
- Hernández, H. A., V. A. Hernández y S. A. Hernández. 2005. Formulación y evaluación de proyectos de inversión. 5ta. Edición. Thomson. México, D. F.
- Lira, S. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.



- Lira, R. S. and S. Montes-Hernández. 1992. Cucurbits (*Cucurbita* spp.) neglected crops: 1492 from a different perspective. FAO, Rome, Italy.
- McClung de Tapia, E. 2013. El origen de la agricultura. *Arqueología Mexicana* 21(120):36-41.
- McGregor, S. 1976. Chapter 6. Common Vegetables for Seed and Fruit. *In* Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. <https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20220500/onlinepollinationhandbook.pdf> [consultado el 4 de octubre de 2021].
- Mora, B. G. 1988. Germinación de *Cucurbita ficifolia* Bouché. *Rev. Biol. Trop.* 36(2B):393-397.
- Ortiz, A. S. E. 1986. Caracterización agromorfológica y bromatológica de 26 cultivares de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Booche) nativos, en el Valle de La Ermita, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 57 p.
- Antonio-Estrada, C., M. A. Sánchez Hernández y J. P. Alcántar Vázquez. Rubio, A. 2018. Caracterización parcial del chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), como alternativa de uso industrial para la región Cañada de Oaxaca. *Temas Cienc. Technol.* 22(66):3-12.
- Valdés, H. T. 1994. Características de interés Agronómico de Dos Tipos de Chilacayote (*Cucúrbita ficifolia*, Bouché). *Rev. Chapingo* 3:119-125.
- Whitaker, T. W. 1931. Sex ratio and sex expression in the cultivated cucurbits. *Am. J. Bot.* 18(5):359-366.



## BIOMASA Y RENDIMIENTO DE PIÑA MD2 EN FUNCIÓN DEL TIPO DE FERTILIZANTE Y ACOLCHADO PLÁSTICO

*Gerardo Montiel Vicencio<sup>1</sup>, Nain Peralta Antonio<sup>1\*</sup>, Andrés Rebolledo Martínez<sup>1</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>1</sup>, María Enriqueta López Vázquez<sup>1</sup>, Rosa Laura Rebolledo García<sup>1</sup> y Daniel Emigdio Uriza Ávila<sup>1</sup>*

---

### Resumen

Los fertilizantes orgánicos elaborados de materiales locales como el bokashi, son una alternativa para sustituir parcialmente a los fertilizantes minerales en el cultivo de piña. Se espera también que la aplicación de los fertilizantes orgánicos, tengan mejor efecto, cuando es acompañado del uso de acolchado plástico total. Aún existen muy pocas evaluaciones realizadas en México sobre el efecto de los fertilizantes orgánicos en el cultivo de piña. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la producción de biomasa y el rendimiento de piña 'MD-2', en función de la aplicación exclusiva del fertilizante orgánico bokashi o combinado con diferentes dosis de fertilización mineral, en presencia y ausencia del acolchado plástico total. Los tratamientos de fertilización consistieron en la combinación del bokashi y fertilización mineral (15-6-15-4 g de N-P-K-Mg por planta), en diferentes proporciones (%): 100/0, 60/40, 40/60, 20/80 y 0/100. Se utilizó como testigo un tratamiento sin fertilización y una dosis de fertilización mineral, superior a la recomendada (18-6-18-4 g de N-P-K-Mg por planta), dando un total de siete tratamientos. El acolchado plástico no afectó al peso total de planta ni al peso de los diferentes órganos. Mayor peso total de planta y peso de tallo se detectó con 40/60 en comparación el testigo. El peso de fruto obtenido con el testigo fue inferior al de los otros tratamientos. Similar peso de hoja y de raíz se detectó entre los tratamientos de fertilización. El peso de pedúnculo de 00/100, 60/40 y 0/100 fueron similares y los tres superaron al testigo. Se concluye que el bokashi es una alternativa de bajo impacto ambiental para reemplazar gradualmente a los fertilizantes minerales. En sistema de producción convencional es posible reemplazar hasta un 40% del fertilizante mineral sin que se reduzca la producción de biomasa

---

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Medellín, Veracruz, México, CP. 94270. \*Autor por correspondencia: peralta.nain@inifap.gob.mx



y rendimiento de frutos, mientras que, en sistemas de producción orgánica, el mejor resultado de la aplicación exclusiva de bokashi se obtiene en presencia de acolchado plástico total.

**Palabras clave:** nitrógeno, orgánico, macronutrientes

## Introducción

La nutrición de la piña en el mundo está basada por el método convencional, que se caracteriza principalmente por el uso de fertilizantes químicos. En México, los principales estudios sobre la nutrición de la piña se han realizado en la región del Bajo Papaloapan, donde, se ha encontrado que, el requerimiento nutrimental aumenta, a media que se incrementa la densidad de plantación. Para una densidad de 30 000 plantas/ha (frutos de 2.5 kg y rendimiento de 70 t/ha), se extrae por hectárea 450, 40, 500, 200, 125 y 115 kg de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Cuando la densidad aumenta a 60 000 plantas/ha (frutos de 2.1 kg y rendimiento de 125 t/ha), la extracción por hectárea es de 600, 60, 750, 280, 180, 170, 6, 0.6, 0.9, 1 y 1 kg de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Cu, Zn, B y Mb, respectivamente. Para poder suplir las necesidades nutrimentales del cultivo, las recomendaciones se han centrado exclusivamente en el uso de fertilizantes minerales. Para una densidad de 30 000 plantas/ha, se recomienda aplicar por planta una dosis de 18-5-18-4 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg, con 80 000 plantas/ha, la dosis por planta disminuye a 8-3-8-2 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg (Rebolledo *et al.*, 2016; Uriza *et al.*, (2018). Por lo tanto, algunos productores que obtienen rendimientos de hasta 110 t/ha de fruta fresca, necesitan la aplicación de grandes volúmenes de fertilizantes sintéticos que oscilan entre 3 y 5 t/ha/ciclo (Uriza *et al.*, 2018). Esto ha contribuido en el deterioro de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, en general estos suelos presentan problemas de acidez, compactación, baja actividad y diversidad microbológica (Espinoza, 2016). Además del deterioro del suelo, estas prácticas generan contaminación, por lo que el cultivo de piña contribuye a la degradación ambiental y a la emisión de gases de efecto invernadero, siendo los nutrientes de origen orgánico una alternativa viable para la solución a este problema (Paungfoo *et al.*, 2012; Rothé *et al.*, 2019).



En áreas productoras de piña donde el suelo no tiene ninguna protección física, la erosión hídrica es otro de los problemas históricos que se suma a la baja fertilidad, es común la presencia de mayores porcentajes de arena y gravilla por la pérdida de arcillas y materia orgánica del suelo (González, 2014; Rebolledo *et al.*, 2016; Crivelli, 2017). Ante esa situación, la práctica del acolchado plástico total, ha sido recomendada como una alternativa para evitar la pérdida del suelo y así promover su conservación e incremento de fertilidad (Uriza *et al.*, 2018).

Los abonos orgánicos tienen gran importancia económica, social y ambiental al reducir los costos de producción en varios cultivos (Sarmiento *et al.*, 2019). La aplicación de fertilizantes orgánicos elaborados con excremento de animales y otros desechos contribuye a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y son usualmente empleados a la mejora de la estructura y estabilidad del suelo, al mismo tiempo que impacta en el rendimiento y la calidad de las plantas (Liu y Liu, 2012). Entre las fuentes orgánicas de nutrición se encuentra el bokashi, que es un producto de la fermentación aerobia de materiales de origen vegetal y animal. Este fertilizante al integrarse al suelo aumenta la diversidad microbiana (Ramos y Terry, 2014), aporta materia orgánica, macro y micronutrientes; mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, y actúa como una importante fuente de carbohidratos para los microorganismos favoreciendo el desarrollo normal de las cadenas tróficas del suelo, al mismo tiempo que favorece la formación de agregados mejorando la permeabilidad del suelo (Mendivil-Lugo *et al.*, 2019). Pero sobre todo incrementa la producción de los cultivos generando una agricultura más sostenible (Medina *et al.*, 2010; Bzdyk *et al.*, 2018; Ney *et al.*, 2018; Van *et al.*, 2018). En un estudio realizado en China se observó que piñas manejadas orgánicamente fueron calificadas sensorialmente con aroma más dulce y con mejor fragancia (Liu y Liu, 2012). Por otra parte, en Francia evaluaron el efecto de tres fertilizantes (inorgánico, de residuo agroindustrial y de composta), en el peso de piña “Queen Victoria”, sin encontrar diferencias (Rothé *et al.*, 2019). A pesar de los estudios existentes en otras regiones del mundo, en México aún es limitado, y se desconoce la respuesta de la piña MD-2 ante la nutrición con bokashi, por lo que, el objetivo del estudio fue evaluar la producción de biomasa y rendimiento de piña ‘MD-2’ en función de la proporción de fertilización orgánica y mineral, en presencia y ausencia del acolchado plástico total.



## Materiales y Métodos

Se estableció un lote experimental con hijuelos tipo clavo de piña 'MD-2' de 600 g el 01/12/2019, con una densidad de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, en el municipio de Isla, Veracruz (18°06'57.2" N y 95°33'30.6" W). El suelo utilizado se clasifica con textura de migajón arenoso (63.2% de arena, 9.8% de arcilla y 27% de limo), 4.02 de pH, 1.45% de materia orgánica, 12.0, 37.3, 80.0, 126.0, 73.8, 0.40 y 3.58 mg/kg de N, P, K, Ca, Mg, Fe y Mn, respectivamente.

Los factores de estudios fueron el acolchado plástico (con y sin) y tratamientos de fertilización. Los tratamientos de fertilización consistieron en la combinación de fertilización orgánica y fertilización mineral (15-6-15-4 g de N-P-K-Mg por planta), en diferentes proporciones. El bokashi se utilizó como abono orgánico y se aplicó conjuntamente con la fertilización mineral en las proporciones (%):100/0, 60/40, 40/60, 20/80 y 0/100. Se utilizó como testigo un tratamiento sin fertilización y una dosis de fertilización mineral, superior a la recomendada (18-6-18-4 g de N-P-K-Mg por planta), dando un total de siete tratamientos (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. La parcela grande corresponde al acolchado plástico y la parcela chica a los tratamientos de fertilización. En cada tratamiento se consideraron cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de dos camas de doble hilera de 6 m, cada cama de 1.2 m de ancho entre centro y centro, distancia de calle ancha de 80 cm y distancia de calle angosta de 45 cm, con 32 cm entre plantas, resultando en promedio de 70 plantas en cada unidad experimental.

El bokashi utilizado fue elaborado el 03/09/2019, las materias primas utilizadas fueron: estiércol vacuno, estiércol de pollo, pasto pangola y tierra, en la proporción 2:2:1:1.5 volumen/volumen. Las características químicas del bokashi fue: 7.19 de pH; 15.01 de materia orgánica; 8.71 de relación C/N; 1.09, 3.84, 2.72, 2.72 y 0.68 % de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente; 8652, 74, 616 y 367 mg/kg de Fe, Cu, Zn y Mn, respectivamente. El bokashi se aplicó en una sola cantidad en la superficie del suelo, alrededor de la planta cinco días posteriores a la siembra (6/12/2019). La cantidad de bokashi aplicado por hectárea y por planta, se estimó tomando como referencia la concentración de nitrógeno total del bokashi (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Proporciones del abono orgánico tipo bokashi y fertilización mineral utilizados en el experimento de nutrición piña MD-2, en Isla Veracruz.**

Tratamiento	Bokashi (%) *	Fertilización mineral (%)	Bokashi (t/ha)	Bokashi (g/planta)
1. 100/00	100	0	46	788
2. 60/40	60	40	27	473
3. 40/60	40	60	18	315
4. 20/80	20	80	9	158
5. 0/100	0	100 (15-6-15-4 g de N-P-K-Mg por planta)	0	0
6. Mineral	0	18-6-18-4 g de N-P-K-Mg por planta	0	0
7. Testigo	0	0	0	0

En cuanto a la fertilización mineral, el N, P, K y Mg se aplicaron de forma sólida y líquida. Para las combinaciones 60/40 y 40/50, los fertilizantes se aplicaron 50% de forma sólida (en una y tres aplicaciones respectivamente) y 50% de forma líquida (en tres aplicaciones). Para la combinación 20/80, 70% de los fertilizantes se aplicaron de forma sólida (en tres aplicaciones) y 30% de forma líquida (en cuatro aplicaciones), para los tratamientos que incluyeron exclusivamente fertilizantes minerales, el 80% se aplicó de forma sólida (en tres aplicaciones) y 20% de forma líquida (en cuatro aplicaciones). La fertilización sólida se realizó en la fecha 16/12/2019, 14/02/2020 y 03/06/2020, correspondiente a los 15, 75 y 184 días posteriores a la plantación de hijuelos. La fertilización líquida se dividió en cuatro dosis, aplicado el 12/03/2020, 27/03/2020, 8/04/2020 y 23/04/2020, correspondiente a los 102, 148, 159 y 174 días posteriores a la plantación de hijuelos, respectivamente (Cuadro 2). Tanto para la fertilización sólida como para la fertilización líquida, el fertilizante se depositó en las hojas axilares más cercanas al suelo. Para aplicar N, P, K y Mg de forma sólida se utilizaron los fertilizantes: nitrato de amonio (33% de N), DAP (18%-46% de N-P), cloruro de potasio (60% de K) y sulfato de magnesio (9.8% de Mg). Para la fertilización líquida se utilizaron los fertilizantes urea (46% de N), DAP, cloruro de potasio soluble (60% de K) y sulfato de magnesio. En cada fecha de fertilización líquida, para diluir los fertilizantes se consideró una cantidad de 40 ml de agua por planta.



**Cuadro 2. Cantidad de nutrientes aplicados a la piña MD2, a través de la fertilización mineral, en forma sólida y líquida, con diferentes tratamientos.**

Tratamientos	Cantidad total por planta (g)	Cantidad aplicado a través de fertilización sólida	Cantidad aplicada a través de fertilización líquida
1 100/00	0	No aplica	No aplica
2 60/40	6-2.4-6-1.6 g N-P-K-Mg	Una fertilización: 3-1.2-3-0.8 g de N-P-K-Mg por planta se aplicó el 16/12/2019	3-1.2-3-0.8 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 3 (12/03/2020, 27/03/2020 y 8/04/2020)
3 40/60	9-3.6-9-2.4 g de g N-P-K-Mg	6-1.8-6-1.2 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 2 aplicaciones (16/12/2019 y 14/02/2020)	3-1.8-3-1.2 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 3 (12/03/2020, 27/03/2020 y 8/04/2020)
4 20/80	12-4.8-12-3.2 g de g N-P-K-Mg	8.4-3.36-8.4-2.24 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 3 aplicaciones (16/12/2019, 14/02/2020 y 03/06/2020)	3.6-1.44-2.7-0.96 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 4 aplicaciones. 12/03/2020, 27/03/2020, 8/04/2020 y 23/04/2020
5 0/100	15-6-15-4 g N-P-K-Mg	12-4.8-12.4-3.2 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 3 aplicaciones (16/12/2019, 14/02/2020 y 03/06/2020)	2.4-1.2-2.4-0.8 de g de N-P-K-Mg por planta dividido en 4 (12/03/2020, 27/03/2020, 8/04/2020 y 23/04/2020)
6 Mineral	18-6-18-4 g N-P-K-Mg	14.4-4.8-14.4-3.2 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 3 (16/12/2019, 14/02/2020 y 03/06/2020)	3.6-1.2-3.6-0.8 g de N-P-K-Mg por planta dividido en 4 (12/03/2020, 27/03/2020, 8/04/2020 y 23/04/2020)
7 Testigo	0	No aplica	No aplica

El tratamiento de inducción floral se realizó el 30/09/2020, donde se utilizó 3 kg de etileno + 20 kg de carbón activado por cada 3000 L de agua. Al momento de la cosecha (16/03/2021), en cada unidad experimental, tres plantas representativas fueron seleccionados para la colecta de frutos, con lo que se estimó el rendimiento de frutos por hectárea. El peso de los tres frutos (kg), se multiplicó por 50000, que corresponde a la densidad de plantación utilizada. De cada planta se registró el peso fresco total y de sus diferentes órganos (raíz, tallo, hoja, pedúnculo, fruto).





Para comparar el efecto de los factores de estudio en la producción de biomasa se realizaron análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para conocer el efecto de las proporciones de bokashi sobre el peso de la planta total y el rendimiento de frutos por hectárea, un análisis de regresión fue realizado.

## Resultados y Discusión

No se detectó interacción entre el acolchado plástico y los tratamientos de fertilización. El acolchado plástico no afectó al peso total de planta ni al peso de los diferentes órganos (Cuadro 3). Mayor peso total de planta y peso de tallo se detectó con el tratamiento 40/60 (Cuadro 3). El peso de fruto obtenido con el testigo fue inferior al de los otros tratamientos (Cuadro 3). Similar peso de hoja y de raíz se detectó entre los diferentes tratamientos de fertilización (Cuadro 3). El peso de pedúnculo fue similar con 0/100, 60/40 y 0/100, y los tres tratamientos superaron al testigo (Cuadro 3).

El peso de planta y el rendimiento de frutos, presentaron un comportamiento no lineal con las proporciones crecientes de bokashi. En ambos casos, los mayores valores se observaron con acolchado plástico, cuando la proporción de bokashi en la mezcla fertilizante orgánico-fertilizante mineral fue de 40% (tratamiento 40/60) (Figura 1 a, b).

En estudios previos realizados en el cultivo de piña han reportado que el acolchado plástico estimula mayor producción de biomasa en comparación con plantas establecidas en suelo desnudo (Rebolledo-Martínez *et al.*, 2005), Sin embargo, en este estudio, esa situación no ocurrió. El efecto positivo del acolchado plástico se atribuye a una mayor disponibilidad de humedad en el suelo y nula o menor competencia entre las plantas de piña y las malezas (Ewere *et al.*, 2017). La ausencia de efecto del acolchado plástico en este estudio, se atribuye principalmente a las condiciones de humedad del suelo en los primeros meses posteriores a la siembra. El experimento se estableció a finales de otoño, al momento de colocar el acolchado plástico total, la humedad del suelo en esa época se encontraba por debajo de la capacidad de campo. Además, el plástico al actuar como una barrera física impermeable disminuyó el aprovechamiento de las lluvias esporádicas presentadas entre diciembre y junio. Se espera que, la limitada humedad del suelo en los primeros meses posteriores a la siembra



disminuyó el aprovechamiento tanto del fertilizante mineral como del fertilizante orgánico, desde que, la tasa absorción de nutrientes y la tasa de mineralización de residuos orgánicos está limitado por la disponibilidad de agua (Hu y Schmidhalter, 2005; Abera *et al.*, 2012).

De acuerdo con los resultados obtenidos, los fertilizantes minerales pueden ser reemplazados parcialmente en el cultivo de piña, sin afectar la producción de biomasa fresca total y el rendimiento del fruto. Aunque todos los tratamientos de fertilización produjeron mayor peso de fruto en comparación con el testigo, el mayor peso total de planta y peso de tallo se obtuvo cuando, el bokashi y la fertilización mineral se aplicaron en una proporción 40/60. Estos resultados muestran que, la fertilización combinada puede lograr efectos al menos similares en comparación con lo obtenido por la exclusiva fertilización mineral, como los observado en estudios realizados con otros cultivos agrícolas y con otros fertilizantes orgánicos (Ayeni y Adetunji, 2010; Marzouk y Kassem, 2011; Yuliana *et al.*, 2015).

El mejor efecto de la proporción 40/60 se demostró también con el análisis de regresión, principalmente en las plantas establecidas con acolchado plástico total, desde que, hubo un incremento del 15% y 7% en el peso total de planta y rendimiento por hectárea, respectivamente, comparado con una fertilización 100% mineral. Por otra parte, el análisis de regresión sugiere que, en ausencia de acolchado plástico total, la proporción de bokashi utilizada en la fertilización combinada, sea como máximo un 30% (30/70), ya que, en proporciones superiores, ocurrió una reducción del rendimiento por hectárea, disminuyendo de 97.7 t/ha a 88.6 t/ha, cuando la fertilización se realizó 100% de forma orgánica. En sistemas de producción orgánica, donde se requiere la aplicación exclusiva de bokashi, las alternativas para evitar la disminución del rendimiento puede ser el incremento de las cantidades, o la incorporación del bokashi al suelo, por lo tanto, se recomienda que estos factores sean considerados en estudios futuros. Se debe tomar en cuenta que, la piña certificada como orgánica, es un producto destinado o exclusivo para un nicho de mercado, con valor agregador, por lo que, el menor rendimiento se puede compensar con el mejor precio. El efecto de la fertilización exclusivamente orgánica no se ve inmediatamente, ya que la descomposición de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes y actividad biológica van incrementando con el tiempo, por lo que, su efecto se puede percibir en una segunda o tercera cosecha.

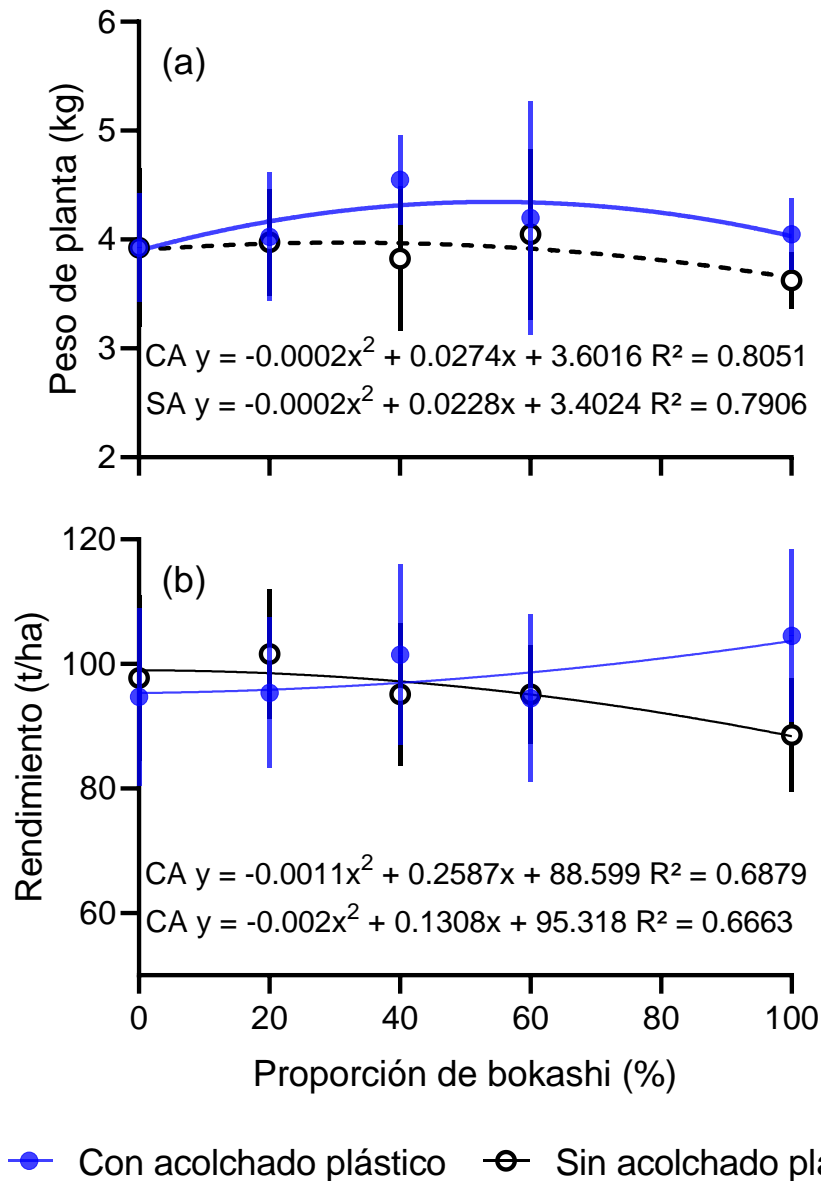


**Cuadro 3. Comportamiento del peso de planta y de sus diferentes órganos de piña MD2, en función del uso de acolchado plástico y diferentes tratamientos de fertilización, en Isla, Veracruz.**

	Peso total de planta (kg)	Peso de fruto (kg)	Peso de hoja (kg)	Peso de tallo (kg)	Peso de pedúnculo (kg)	Peso de raíz (kg)
<b>Acolchado plástico</b>						
Con acolchado	3.95±0.65 <sup>1</sup> a	2.28±0.34 a	0.84±0.29 a	0.61±0.11 a	0.16±0.03 a	0.06±0.03 a
Sin acolchado	3.67±0.73 a	2.16±0.32 a	0.72±0.48 a	0.57±0.12 a	0.16±0.02 a	0.06±0.01 a
<b>Tratamientos</b>						
100/00	3.84±0.36 ab	2.36±0.19 a	0.61±0.22 a	0.61±0.06 ab	0.18±0.02 a	0.07±0.02 a
60/40	4.13±0.87 ab	2.36±0.28 a	0.89±0.47 a	0.63±0.14 ab	0.18±0.03 a	0.06±0.01 a
40/60	4.19±0.64 a	2.29±0.44 a	1.04±0.47 a	0.64±0.11 a	0.16±0.02 ab	0.06±0.02 a
20/80	4.00±0.50 ab	2.35±0.26 a	0.82±0.15 a	0.61±0.12 ab	0.16±0.02 ab	0.06±0.01 a
00/100	3.93±0.58 ab	2.30±0.15 a	0.77±0.47 a	0.62±0.10 ab	0.17±0.02 a	0.06±0.02 a
Mineral	3.91±0.53 <sup>1</sup> ab	2.35±0.21 a	0.72±0.25 a	0.62±0.10 ab	0.170.02 ab	0.05±0.01 a
Testigo	3.18±0.71 b	1.84±0.28 b	0.67±0.47 a	0.47±0.09 b	0.14±0.02 b	0.07±0.04 a

<sup>1</sup>± Desviación estándar.

El incremento de la producción de biomasa y el rendimiento de frutos al combinar fertilizantes orgánicos y fertilizantes minerales indica una mayor eficiencia de utilización de los nutrientes. Los fertilizantes minerales al quedar disponible en la solución del suelo inmediatamente a su aplicación, se espera que hayan sido la principal fuente de nutrición en las primeras etapas de crecimiento de la planta de piña, mientras que, el bokashi complementó con nutrientes a los fertilizantes minerales durante la etapa de floración y fructificación, ya que, la tasa de mineralización de los residuos orgánicos es más lenta comparada con los fertilizantes químicos y se incrementa cuando hay mayor humedad y temperatura (Rivera *et al.*, 1999, Abera *et al.*, 2013), situación que, se espera haya ocurrido posterior a la primavera. Por otra parte, la reducción del rendimiento al aumentar la proporción de fertilizante orgánico en el suelo sin acolchado plástico total, se atribuye a la pérdida parcial del bokashi, desde que, se depositó sobre la superficie del suelo, quedando expuesto al arrastre por lluvia en los meses de mayor precipitación (principalmente en verano y otoño), por lo tanto, en sistemas de producción donde no se utiliza acolchado plástico se espera obtener mejor efecto del bokashi al ser depositado en el interior del suelo.



**Figura 1. Comportamiento del peso total de planta y de rendimiento de frutos de piña MD2, cuando el fertilizante orgánico bokashi se combina en diferentes proporciones con la fertilización mineral.**

## Conclusiones

En el cultivo de piña MD2, el bokashi es una alternativa de bajo impacto ambiental para reemplazar a los fertilizantes minerales parcialmente. En sistema de producción convencional es posible reemplazar hasta un 40% del fertilizante mineral sin que se reduzca la producción



de biomasa y rendimiento de frutos, mientras que en sistemas de producción orgánica, el mejor resultado de la aplicación exclusiva de bokashi se obtiene en presencia de acolchado plástico total.

### Literatura Citada

- Abera, G., E. Wolde-Meskel and L. R. Bakken. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. *Biol. Fertil. Soils*. 48(1):51-66.
- Abera, G., E. Wolde-meskel and L. R. Bakken. 2013. Effect of organic residue amendments and soil moisture on N mineralization, maize (*Zea mays* L.) dry biomass and nutrient concentration. *Arch. Agron. Soil Sci*. 59(9):1263-1277.
- Ayeni, L. S., and M. T. Adetunji. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. *Nat. sci*. 8(1):60-67.
- Bzdyk, R., J. Olchowik, M. Studnicki, T. Oszako, K. Sikora, H. Szmidia and D. Hilszczańska. 2018. The impact of effective microorganisms (em) and organic and mineral fertilizers on the growth and mycorrhizal colonization of *fagus sylvatica* and *quercus robur* seedlings in a bare-root nursery experiment. *Forest* 9: 597-608.
- Crivelli, S. C. 2017. Análisis del Ciclo de Vida de dos sistemas de manejo para la producción de piña en México. *Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona*.
- Espinoza, T. G. 2016. Efecto del acolchado plástico sobre la fertilidad biológica del suelo en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) en la región del Bajo Papaloapan, México. *Universidad Veracruzana*.
- Ewere, C. O., I. O. Iseghohi and E. J. Gold. 2017. Effects of different mulch materials on soil properties, weed control, growth and yield of pineapple in Akure, Nigeria. *Fuoye J Agric Human Ecol*, 1(2), 62-74.
- González, V. A. 2014. Efecto del acolchado plástico sobre las características físicas y químicas del suelo en dos lotes comerciales cultivados con piña MD2 (*Ananas comosus* var. *comosus*) en la región del Bajo Papaloapan. *Universidad Veracruzana*.
- Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Soil Sci. Plant Nutr*. 168(4):541-549.



- Liu, C.H. and Y. Liu. 2012 Influences of organic manure addition on the maturity and quality of pineapple fruits ripened in winter. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12(2):211-220.
- Marzouk, H. A. and H. A. Kassem. 2011. Improving fruit quality, nutritional value and yield of Zaghloul dates by the application of organic and/or mineral fertilizers. *Sci Hort.* 127(3):249-254.
- Medina, L, O. Monsalve y A. Forero. 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Rev.Colomb.Cienc.Hortic.* 135:109-125.
- Mendivil-Lugo, C., E. Nava-Pérez., A. D. Armenta-Bojórquez, R. Da Ruelas-Ayala y J. A. Félix-Herrán. 2019. Elaboración de un abono orgánico tipo bokashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotecnia* 23(1):17-23.
- Ney, L., D. Franklin, K. Mahmud, M. Cabrera, D. Hancock, M. Habteselassie and Q. Newcomer. 2018. Examining trophic-level nematode community structure and nitrogen mineralization to assess local effective microorganisms role in nitrogen availability of swine effluent to forage crops. *Appl. Soil Ecol.* 130: 209-218.
- Paungfoo-Lonhienne, C., J. Visser, T. G. A. Lonhienne and S. Schmidt. 2012. Past, present and future of organic nutrients. *Plant soil* 359:1-18.
- Ramos, D. y E. Terry. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cult. Trop.* 115:52-59.
- Rebolledo-Martínez, A., A. L. del Ángel-Pérez, A. E. Becerril-Román y L. Rebolledo-Martínez. 2005. Growth analysis for three pineapple cultivars grown on plastic mulch and bare soil. *Interciencia* 30(12):758-763.
- Rebolledo, M. A., D. Uriza A., L. Del Angel, P. A.L., Rebolledo M. L. y Zetina L. R. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. 324 p.
- Rivera, R., G. Martín y D. Pérez. 1999. Efecto de la temperatura sobre la mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes en suelo ferralítico rojo. *Cult. Trop.* 20(2):15-19.
- Rothé, M., M. Darnaudery y L. Thuriés. 2019. Organic fertilizers, green manures and mixtures of two revealed their potential as substitutes for inorganic fertilizers used in pineapple. *Sci. Hort.* 257:108691.
- Sarmiento S., J. Guido, A. Álvarez, M. Antonio, M. Chacón y L. Mitsu. 2019. Uso de bokashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Sci. Agropecu.* 10(1):55-61.



- Uriza-Ávila, D. E., Torres-Ávila, A., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, V. H., Zetina-Lezama, R., y Rebolledo-Martínez, A. 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. México: UACH.
- Yuliana, A. I., T. Sumarni and T. Islami. 2015. Application of bokashi and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) to improve inorganic fertilizer efficiency on maize (*Zea mays* L.). *J. Degrad. Min. Land Manage.* 3(1):433-438.
- Van, Y., C. Tin, J. Jaromír, L. Suan, M. Roji and C. Woh. 2018. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *J. Environ. Manage.* 216:41-48.



# LA SINTOMATOLOGÍA DEL WOOD POCKET EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* TAN.) ESTÁ ASOCIADA A LA REPRESIÓN DE GENES ANTIOXIDANTES

Ricardo Santillán Mendoza<sup>1</sup>, Felipe R. Flores de la Rosa<sup>1\*</sup>, Cynthia G. Rodríguez Quibrera<sup>1</sup>, Santiago Domínguez Monge<sup>1</sup> y Cristian Matilde Hernández<sup>1</sup>

---

## Resumen

Los cítricos son uno de los principales cultivos de árboles frutales perennes con distribución mundial, de alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas. En México, la citricultura representa una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura nacional, ocupando el primer lugar en producción por encima del plátano y el mango. La producción general de cítricos por estados, es liderada por Veracruz, siendo de gran importancia el limón Persa debido a que, la mayor parte de su producción se exporta. Sin embargo, enfrenta diversas fuentes de estrés biótico y abiótico que merman su productividad. El Wood Pocket (WP) o manchado sectorial, es una fisiopatía causada por estrés por calor y déficit hídrico que se caracteriza por la presencia de manchas cloróticas en las hojas, pudiendo causar la muerte del árbol debido a que, las ramas se vuelven quebradizas con lo cual se favorece la entrada de patógenos. El objetivo del presente estudio se enfocó en comparar la expresión de genes codificantes de tres enzimas antioxidantes (*APX*, *CAT* y *SOD*) en hojas de árboles con y sin síntomas de WP de una misma planta de limón Persa. Los resultados muestran claramente una diferencia en la expresión de los tres genes evaluados, siendo casi el doble en hojas sanas que en sintomáticas. Al compararse la expresión se observa que, la presencia de síntomas de WP en limón Persa está asociada a la represión de los genes *APX*, *CAT* y *SOD*. Por lo tanto, se propone la hipótesis de un factor epigenético como la causa del WP en limón Persa.

---

<sup>1</sup>Campo Experimental Ixtacuaco, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*Autor por correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx





**Palabras clave:** manchado sectorial, estrés abiótico, actividad antioxidante, factores epigenéticos

## Introducción

A nivel mundial, México es un importante productor cítrico, destacando la producción de limón, debido a que, tan sólo en el año 2018, la producción de este cultivo ascendió a más de 2.5 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). Dentro de este rubro, el cultivo de limón Persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) es de primordial importancia para el estado de Veracruz, dado que, es el principal exportador a mercados como el de EUA, Europa y Asia (Ruíz-Rodríguez *et al.*, 2017). Sin embargo, en México, el rendimiento en las regiones productoras de limón Persa está por debajo de lo reportado para otros países productores (López-Hernández *et al.*, 2019). El bajo rendimiento puede asociarse a la presencia de enfermedades vasculares como el Huanglongbing (HLB) (Flores-Sánchez *et al.*, 2015) y a condiciones medioambientales que generan estrés abiótico (Rivera-Hernández *et al.*, 2020). Un factor que disminuye la productividad y que está tomando relevancia en las diferentes regiones productoras de limón Persa en México, es el Wood Pocket (WP) (Loeza-Kuk *et al.*, 2017). Esta condición se considera una fisiopatía de origen abiótico, asociada a altas temperaturas, déficit hídrico, la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo y el mal manejo de los sistemas de riego (Ríos-Rojas *et al.*, 2018). El WP, se caracteriza por la presencia de manchas cloróticas asimétricas en las hojas y manchados sectoriales en los frutos (Knorr y Childs, 1957). La sintomatología del WP ocasiona que ésta fisiopatía pueda ser confundida con enfermedades virales (Murcia *et al.*, 2010) o, con mayor frecuencia, con el HLB (Alanís-Martínez *et al.*, 2016). En el caso de este último, se ha documentado ya que, la presencia de la clorosis en las hojas está relacionada con la represión de la expresión de genes codificantes de enzimas antioxidantes (Pitino *et al.*, 2017), por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar si la sintomatología de WP en limón Persa está asociada a una alteración en la expresión de genes antioxidantes.



## Materiales y Métodos

El experimento se realizó durante el 2021, en una huerta de cinco años, en etapa productiva, establecido en las instalaciones del INIFAP Campo Experimental Ixtacuaco, ubicado en Tlapacoyan, Veracruz, en las coordenadas 20°02'19" N y 97°05'49" W, a una altitud de 105 m.

El muestreo se dirigió en árboles que tuvieran hojas con sintomatología de WP (Figura 1). Se seleccionaron tres árboles, de los cuales se obtuvieron tres hojas, dos con sintomatología WP y una sana. Las hojas seleccionadas eran fisiológicamente maduras, de tamaño homogéneo, y libres de daño mecánico y de síntomas de otras enfermedades.



**Figura 1. Síntomas de WP observados en plantas de limón Persa de cinco años de edad.**

Las hojas colectadas fueron congeladas inmediatamente en nitrógeno líquido y maceradas para extraer el RNA, lo cual, fue realizado mediante Trizol Reagent®, siguiendo las instrucciones del fabricante. El RNA obtenido fue evaluado para su integridad y concentración mediante electroforesis en gel de agarosa (1.5%, 75 V, 40 min) y espectrofotometría nanodrop, respectivamente.



Para el Análisis de RT-PCR semicuantitativo se utilizaron 2 µg de RNA por cada hoja, fueron tratados con RQ1 DNasa libre de RNasa (Promega), siguiendo las instrucciones del fabricante. La expresión de los genes se realizó mediante RT-PCR semicuantitativo, para la cual, partiendo de los 2 µg de RNA purificados y libres de DNA se sintetizó el cDNA utilizando la enzima retrotranscriptasa M-MLV (Promega) y oligo dT(18) (oligo T4). Se evaluó la expresión de tres genes: *APX*, codificante de la enzima Ascorbato Peroxidasa, *CAT*, codificante de la enzima Catalasa y *SOD*, codificante de la enzima Super Óxido Dismutasa; como gen control y para normalizar la expresión se utilizó el gen *Actina*, los iniciadores utilizados para cada gen se enlistan en el Cuadro 1. La amplificación se realizó de acuerdo con las siguientes condiciones de reacción: PCR-buffer 1X, 2 µl de MgCl<sub>2</sub> a 25 mM, 20 pmol de cada iniciador, dNTP's 10 mM, 1 U de Taq DNA polimerasa y 100 ng de cDNA, en un volumen final de 25 µl. El programa de termociclado fue como se indica a continuación, desnaturalización inicial a 95°C durante 5 min, seguida de 35 ciclos conformados por una desnaturalización a 95°C durante 30 s, alineamiento a 58°C durante 30 s y polimerización a 72°C durante 45 s, con una extensión final a 72°C durante 10 min.

**Cuadro 1. Iniciadores utilizados para el análisis de expresión génica.**

Gen	Iniciador F	Iniciador R	Referencia
<i>Actina</i>	CCCTTCCTCATGCCATTCTTC	CGGCTGTGGTGGTAAACATGT	Mafra <i>et al.</i> , 2012
<i>APX</i>	GAGGCAAGTCTTTGGTGCTC	GGAAAACAGGGTCATCCAGA	Pitino <i>et al.</i> , 2017
<i>CAT</i>	TATCCGTATTTGGCGGAGTC	CCATAGTTAGGGCCGTCAAA	Pitino <i>et al.</i> , 2017
<i>SOD</i>	GGAATGACATCCCCATCATC	TTGGGTTCGCCTAAATTCAC	Pitino <i>et al.</i> , 2017

### **Análisis de la expresión génica**

Los productos de la RT-PCR fueron analizados en gel de agarosa teñido con bromuro de etidio (1.8%, 75 V, 45 min) y visualizados en un fotodocumentador (Bio-Rad). Las imágenes de los geles fueron almacenadas a 600 dpi y con un tiempo de exposición de 0.5 s; la expresión de cada gen se realizó mediante un método densitométrico utilizando el software ImageJ. Cada muestra se analizó dos veces.



### **Análisis estadísticos**

Por cada árbol seleccionado se obtuvieron tres muestras, por lo tanto, se promedió el resultado de la expresión de las dos hojas sintomáticas. Se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad para cada gen y se comparó la expresión entre las hojas sanas y con WP mediante una prueba T de Student de dos colas ( $\alpha=0.05$ ), esto se realizó en el software R 2.12.2.

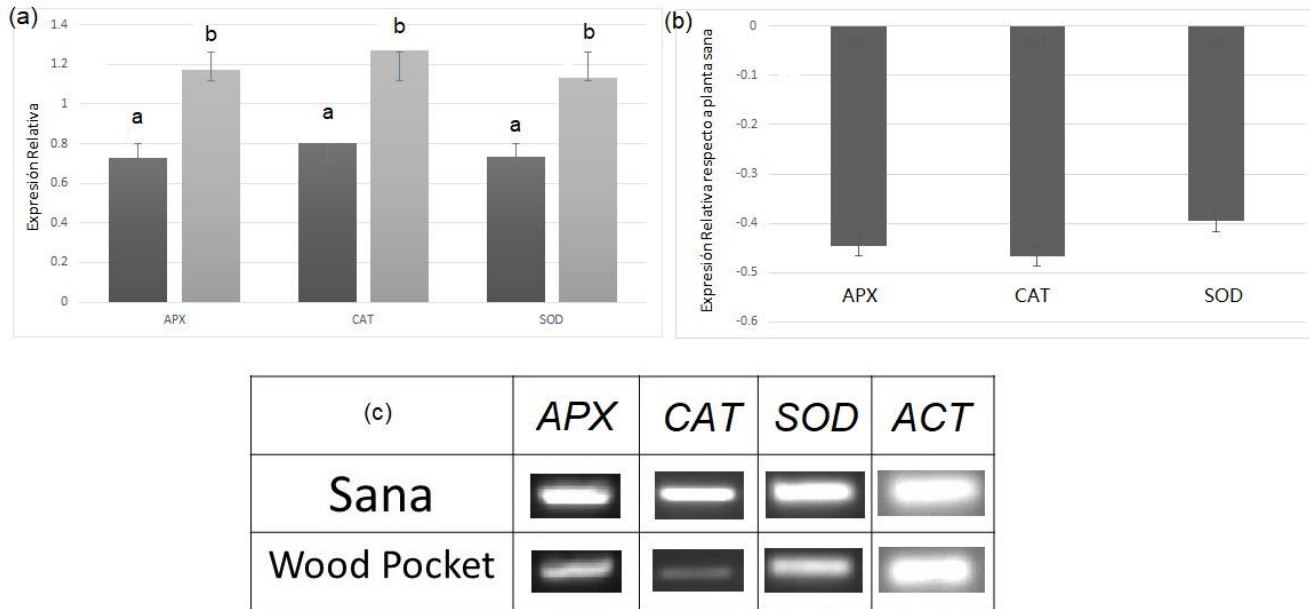
### **Resultados y Discusión**

Los análisis de expresión mostraron claramente que, las hojas con síntomas de WP tienen un nivel de actividad menor de los genes antioxidantes, siendo aproximadamente el doble la expresión en las hojas sanas que en las enfermas (Figura 2a). Resulta de especial interés que exista una diferencia en la expresión génica relacionada a enzimas antioxidantes en hojas sanas y con sintomatología de la misma planta, ya que esta expresión diferencial, específicamente represión (Figura 2b) depende de la misma planta y no de algún factor externo (Pitino *et al.*, 2017; Flores-de la Rosa *et al.*, 2021). Esto pone de manifiesto que la alteración fisiológica que genera el WP podría tener un origen epigenético en respuesta a las condiciones ambientales (Baulcombe y Dean, 2014).

La represión de las enzimas antioxidantes puede generar una acumulación de Especies Reactivas de Oxígeno (ERO), las cuales se sintetizan en respuesta a diferentes estímulos de estrés abiótico, incluido el calor y la sequía, sin embargo, una ligera descompensación en el equilibrio con las enzimas antioxidantes podría desencadenar alteraciones fisiológicas graves (Suzuki y Mittler, 2006), entre estas, alterar la fotosíntesis y por lo tanto causar síntomas de clorosis (Kipp y Boyle, 2013; Foyer, 2018). Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran claramente, una expresión diferencial de los genes antioxidantes entre las hojas sanas y las que presentan síntomas de WP en una misma planta (Figura 2C); por lo tanto, la hipótesis de la existencia de un factor epigenético afectando la expresión de estos genes a nivel transcripcional en zonas específicas en respuesta al calor, estrés hídrico o radiación solar (Liu *et al.*, 2015) cobra relevancia al buscar los mecanismos moleculares que generan el WP y el posible diseño de estrategias para contrarrestarlos. Por lo tanto, futuras investigaciones



de las alteraciones globales de expresión y alteraciones epigenéticas podrían conducir a una mayor comprensión de esta fisiopatía que afecta en gran medida a la producción de limón Persa en México.



**Figura 2. Análisis de expresión de genes antioxidantes en plantas de limón Persa con WP:** a) comparación de la expresión relativa de tres genes antioxidantes entre hojas sanas (gris claro) y con síntomas de WP (gris oscuro). Letras diferentes muestran diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). b) Relación entre la expresión de hojas con síntomas de WP con respecto a las hojas sanas, donde al ser los valores negativos para los tres genes, se muestra que se reprimen. c) Patrones de bandas de amplificación RT-PCR de los diferentes genes en estudio.

## Conclusiones

Se observó una expresión diferencial de los genes antioxidantes *APX*, *CAT* y *SOD* entre las hojas sanas y las que presentan síntomas de WP (disminución del 50% en la expresión relativa) en una misma planta, lo que puede sugerir alteraciones epigenéticas en esta fisiopatía.



## Agradecimientos

Se agradece al Fondo FIDEICOMISO INIFAP por el financiamiento del proyecto: Evaluación de agentes elicitores de resistencia sistémica y actividad antioxidante en cítricos como medida de protección ante el HLB (No. Proyecto 1210034811).

## Literatura Citada

- Alanís-Martínez, I., E. Cora-Valencia, P. L. Robles-García, H. V. Silva-Rojas y A. López-Buenfil. 2016. Mancha sectorial (wood pocket) y huanglongbing (HLB), reto para la producción de lima persa en Morelos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 34(S):115-116.
- Baulcombe, D. C. and C. Dean. 2014. Epigenetic Regulation in Plant Responses to the Environment. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 6:a019471.
- FAOSTAT. 2020. Production Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/> [consultado el 01 de Abril, 2021].
- Flores-de la Rosa, F. R., R. Santillán-Mendoza, C. G. Rodríguez-Quibrera, A. Martínez-Ruiz, J. Adame-García and M. Luna-Rodríguez. 2021. Antioxidant gene expression, chlorophyll, and starch content in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka Ex Q. Jiménez) trees with HLB by application of elicitors of plant resistance. *Mex. J. Biotech.* 6(2):86-102.
- Flores-Sánchez, J. L., G. Mora-Aguilera, E. Loeza-Kuk, J. I. López-Arroyo, S. Domínguez-Monge, G. Acevedo-Sánchez y P. Robles-García. 2015. Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatán México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 33:195-210.
- Foyer, C. H. 2018. Reactive oxygen species, oxidative signaling and the regulation of photosynthesis. *Environm. Exp. Bot.* 154:134-142.
- Kipp, E. and M. Boyle. 2013. The effects of heat stress on reactive oxygen species production and chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Res. Plant Sci.* 1(2):20-23.
- Knorr, L. C and J. F. L. Childs. 1957. Occurrence of wood pocket (blotch), chimeric breakdown, and endoxerosis in Florida, with particular reference to the Tahiti lime. *Flor. Agricul. Exp. Stat. J. Ser.* 673:75-81.
- Liu, J., L. Feng, J. Li and Z. He. 2015. Genetic and epigenetic control of plant heat responses. *Front. Plant Sci.* 6:267.



- Loeza-Kuk, E., J. Medina-Méndez y C. T. Lomas-Barrié. 2017. Selecciones de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) y el síndrome de manchado sectorial en la península de Yucatán. *In: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático.* p. 2376-2383.
- López-Hernández, W. A., L. E. Garza-Bueno, B. Cruz-Galindo and R. Nieto-Ángel. 2019. Competitiveness of the Persian lemon in the Papaloapan region, Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(4):921-934.
- Mafra, V., K. S. Kubo, M. Alves-Ferreira, M. Ribeiro-Alves, R. M. Stuart, L. P. Boava, C. M. Rodrigues and M. A. Machado. 2012. Reference genes for accurate transcript normalization in citrus genotypes under different experimental conditions. *PLoS ONE* 7(2): e31263.
- Murcia, N., S. M. Bani-Hashemian, K. Bederski, N. A. Wulff, C. J. Barbosa, J. M. Bové and N. Duran-Vila. 2010. Viroids in Tahiti lime scions showing bark cracking symptoms. *In: Proceedings, 17th Conference, IOCV.* <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29406/1/MURCIAID27510.pdf> [consultado el 04 de octubre de 2021].
- Pitino, M., C. M. Armstrong and Y. Duan. 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. *Hort. Res.* 4:17040.
- Ríos-Rojas, L., J. F. Correa, C. A. Rojas-Marín and D. Y. Dorado-Guerra. 2018. Edaphoclimatic characterization of the productive zone of Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in Tolima (Colombia) affected by a physiopathy. *Corp. Ciencia Tecnol. Agrop.* 19(3):545-567.
- Rivera-Hernández, B., R. Garruña-Hernández, F. Santamaría-Basulto, J. L. Andrade-Torres, E. Carrillo-Ávila and R. H. Andueza-Noh. 2020. Lime yield (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) and fruit quality in winter season from orchards maintained with different soil moisture tension. *Agroproductividad* 13(2):83-88.
- Ruiz-Rodríguez, R., G. V. Vela-Hernández y R. G. Moreno-Luce. 2017. Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. *Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales* 3(6):77-85.
- Suzuki, N and R. Mittler. 2006. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. *Physiol. Plant.* 126:45-51.



## LOS ÁCIDOS GAMMA-AMINOBUTÍRICO Y SALICÍLICO MODIFICAN EL CONTENIDO DE ALMIDÓN Y CLOROFILA EN LIMÓN CON HLB

Ricardo Santillán Mendoza<sup>1\*</sup>, Felipe R. Flores de la Rosa<sup>1</sup>, Cynthia G. Rodríguez Quibrera<sup>1</sup>, Cristian Matilde Hernández<sup>1</sup>, Santiago Domínguez Monge<sup>1</sup>, Pedro D. Bastian Vazquez<sup>2</sup> y Mauricio Luna Rodríguez<sup>2</sup>

### Resumen

La citricultura en México actualmente se enfrenta a enfermedades entre las que destaca el Huanglongbing (HLB), cuyo agente etiológico es la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, siendo *Diaphorina citri* el vector. El HLB provoca clorosis en las hojas de los árboles debido a la destrucción de los cloroplastos, lo que se refleja en una reducción del contenido de clorofila y un aumento en el contenido de almidón, esto afecta indirectamente la producción de frutos por la disminución de la capacidad fotosintética del árbol. A la fecha, no existe un método de control efectivo el HLB, se recomienda la eliminación de plantas enfermas, el uso de plantas certificadas, uso de insecticidas contra el vector, no obstante, económica y ecológicamente son inviables. Actualmente, se están buscando nuevas alternativas para reducir el impacto del HLB, considerando estrategias como el control biológico, uso de técnicas agroecológicas y aplicación de inductores de resistencia. El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de los inductores de resistencia, ácido gamma-aminobutírico y ácido salicílico sobre el contenido de almidón y clorofila en árboles de limón Persa con síntomas de HLB. Los experimentos se establecieron en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, en una huerta de limón Persa de cinco años de edad, infectado naturalmente con HLB. Se estableció un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los inductores de resistencia se aplicaron semanalmente de manera foliar por nueve semanas a una concentración de 10 mM, colectando hojas cada tres semanas. El contenido de almidón y clorofila fue determinado espectrofotométricamente. Los resultados mostraron, que los árboles

<sup>1</sup> Campo Experimental Ixtacuaco, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*Autor por correspondencia: santillan.ricardo@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana.





de limón Persa con HLB tienen hasta 12 veces más contenido de almidón y un 90% menos contenido de clorofila, con respecto a los árboles sin HLB, mientras que, la aplicación de los ácidos gamma-aminobutírico y salicílico mostraron un efecto fitoprotector en los árboles de limón Persa con HLB, disminuyendo el contenido de almidón y aumentando el de clorofila. No obstante, debido al progreso avanzado de la enfermedad, los síntomas no pudieron ser revertidos, más estudios necesitan ser realizados en plantas jóvenes con síntomas iniciales.

**Palabras clave:** inductores de resistencia, Huanglongbing, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, limón Persa

## Introducción

Los cítricos son uno de los principales cultivos de árboles frutales perennes con distribución mundial, de alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, lo que, facilita su siembra en un gran número de países, aunque, las regiones productoras por excelencia se localizan en el continente americano y en el occidente del continente europeo (Aguilar *et al.*, 2012).

La gran demanda de cítricos de calidad a nivel mundial, por los principales consumidores como Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, ha hecho que la producción mundial de cítricos aumente, pasando de 98.35 millones de toneladas durante 2001-2002 a 122.5 millones de toneladas para el año 2010, y en la actualidad superando los 150 millones de toneladas (FAOSTAT, 2018). China ocupa el primer lugar con 36.04 millones de toneladas seguido por Brasil con 19.27 millones de toneladas, India con 11.77 millones de toneladas, México con 8.25 millones de toneladas y Estados Unidos con 7 millones de toneladas (FAOSTAT, 2018).

En México, la citricultura representa una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura, ocupando el primer lugar en producción con 8.2 millones de toneladas, con una derrama económica de más de 25 mil millones de pesos al año. Esa gran producción se ve reflejada en el mercado internacional, y así, una de cada veinte toneladas de cítricos que se consumen en el mundo proviene de nuestro país (SIAP, 2018). Dentro de los cítricos, la naranja ocupa el primer lugar con el 59% de la producción, seguido del limón con 31.5%, la toronja con el 5.7%



y en último lugar la mandarina con el 3.8%, no obstante, en términos económicos, el limón ocupa el primer lugar en ingresos generados con el 53% (SIAP, 2018).

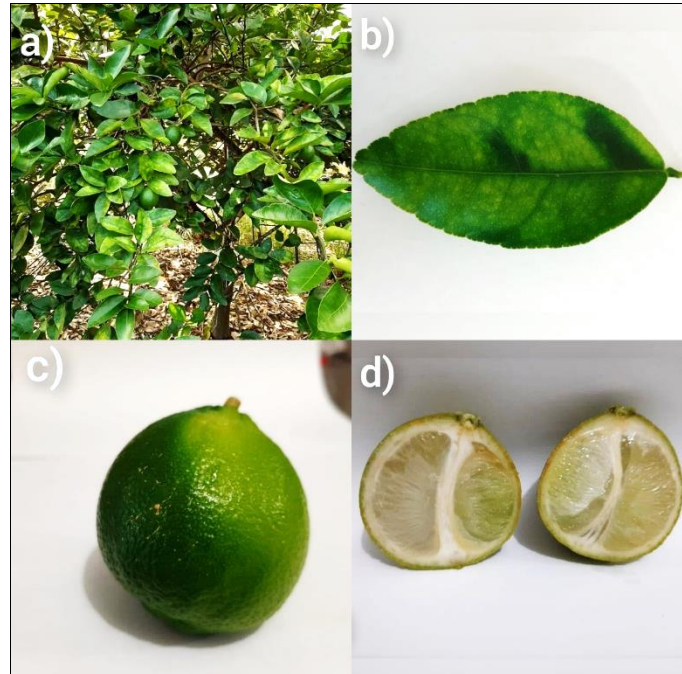
Las enfermedades causadas por hongos, virus y bacterias en los cítricos son la principal causa de la reducción en la producción, lo cual, se traduce en pérdidas económicas (Sáenz-Pérez *et al.*, 2019). Entre los patógenos más devastadores, destaca el Virus de la Tristeza de los Cítricos (VTC) (Sáenz *et al.*, 2019) y la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.*, causante del Huanglongbing (HLB). Estas enfermedades disminuyen la producción y en casos severos causan la muerte de los árboles (Hernández *et al.*, 2013).

Actualmente, el HLB es considerada la enfermedad más destructiva de los cítricos, desde su aparición en China a finales del siglo XX y hasta 2017, ha causado la muerte de más de 60 millones de árboles (Wang *et al.*, 2017). El primer síntoma de HLB en los cítricos, es la presencia de manchas moteadas de color amarillo, razón por la cual se conoce también como “dragón amarillo”. La infección causa que en los árboles ocurran colapsos de las células del floema, en consecuencia, el tejido vascular se necrosa y bloquea la corriente y translocación de nutrientes; lo anterior, conduce a cambios anatómicos en las hojas como: amarillamiento, engrosamiento de las nervaduras, aparición de manchas irregulares que van de tonalidades amarillas a verde oscuro (Figura 1a y 1b) (Folimonova y Achor, 2010). En frutos, los síntomas son: formas asimétricas y con un menor tamaño (Figura 1c), engrosamiento del pericarpio, aborto de semillas, clorosis de la región vascular, inversión de color (Figura 1d) y reducción de sólidos solubles y grados Brix, demeritando la calidad organoléptica (Bové, 2006). En etapas avanzadas ocasiona defoliación, aborto de frutos y finalmente la muerte del árbol (Wang *et al.*, 2017).

Otros síntomas mediante observaciones histoquímicas muestran alta acumulación de almidón en los tejidos epidérmico, fundamental y en células parenquimatosas del floema, con obstrucción y presencia de lesiones necróticas en el floema (Etxeberria *et al.*, 2009; Achor *et al.*, 2010). Además, se presenta taponamiento de elementos cribosos del floema con calosa y P-proteína, inhibiendo el transporte de los fotoasimilados, debido a esto, se desarrollan los síntomas de la enfermedad al disminuir el contenido de clorofila (Folimonova y Achor, 2010). A pesar de la importancia de la enfermedad, en la actualidad, no existe un tratamiento efectivo, el manejo preventivo se realiza mediante el combate y erradicación del insecto vector con control químico y biológico (Hernández *et al.*, 2013). Otras opciones incluyen los programas



nutricionales a base de zinc, cobre y manganeso (Gottwald *et al.*, 2012), la termoterapia (Fan *et al.*, 2016), el control biológico mediante *Tamarixia radiata* (Étienne *et al.*, 2001) y el uso de material vegetal certificado (Mora *et al.*, 2016).



**Figura 1. Sintomatología del HLB. a y b) moteado irregular en las hojas; c) fruto deforme y d) corte longitudinal del fruto deforme mostrando engrosamiento del pericarpio (fuente propia).**

Recientemente, han sido propuestas estrategias para el control del HLB, como la activación de la resistencia sistémica adquirida (SAR) y de la resistencia sistémica inducida (ISR) mediante la aplicación de elicitores o inductores de resistencia, los cuales, son capaces de activar los mecanismos de defensa en las plantas (Gómez y Reis, 2011). En México, la información sobre el uso de inductores de resistencia en cítricos, y en específico en el cultivo de limón, es escasa. Trinidad *et al.* (2019), evaluaron el efecto de inductores de resistencia sobre la concentración de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) en árboles de limón mexicano en condiciones de invernadero. Los inductores utilizados fueron el ácido salicílico, quitosano y *Azospirillum brasilense*; la aplicación de los tres elicitores disminuyó la concentración de CLas en limón mexicano, sin embargo, la aplicación de *A. brasilense* presentó un efecto más prometedor (Trinidad *et al.*, 2019).



A la fecha, no se cuenta con un método efectivo para el control del HLB, los estudios recientes sugieren el uso de inductores de resistencia como medida para disminuir el progreso de la enfermedad, reducir la concentración bacteriana o como un método de fitoprotección contra el HLB, pero, se desconoce si los efectos causados por el HLB (como el aumento del contenido de almidón y la disminución del contenido de clorofila) pueden ser revertidos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que tiene la aplicación de los inductores de resistencia ácido gamma-aminobutírico (GABA) y ácido salicílico sobre el contenido de almidón y clorofila en árboles de limón Persa con síntomas de HLB.

## **Materiales y Métodos**

### **Establecimiento y condiciones del experimento**

El experimento se estableció durante el 2020, en una huerta con árboles de cinco años de edad (*Citrus latifolia* injertados sobre el híbrido *Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) en producción, establecido en las instalaciones del INIFAP, en el Campo Experimental Ixtacuaco, ubicado en Tlapacoyan, Veracruz, en las coordenadas 20°02'19" N y 97°05'49" W, a una altitud de 105 m. La duración del experimento fue de nueve semanas, en ese periodo, el manejo de la huerta fue sin podas ni aplicación de agroquímicos.

### **Tratamientos con inductores de resistencia**

Los inductores de resistencia probados en campo consistieron en 10 mM de ácido gamma-aminobutírico (Sigma Aldrich, USA) y 10 mM de ácido salicílico (Sigma Aldrich, USA). Las aplicaciones foliares se realizaron con una bomba aspersora de forma semanal durante nueve semanas, colectando tres hojas por árbol cada tres semanas para los análisis de contenido de almidón y clorofila (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Diseño de tratamientos para determinar el efecto de inductores de resistencia sobre el contenido de almidón y clorofila en árboles de limón Persa con HLB en campo.**

Tratamiento					Condiciones de cada aplicación	
Clave	Tipo de inductor	CLas	Concentración	Volumen / árbol (mL)	Periodicidad (días)	
SN (+)	Sin aplicación	Si	NA	0	NA	
SN (-)	Sin aplicación	No	NA	0	NA	
Agua (+)	Agua	Si	NA	650	Cada 7	
Agua (-)	Agua	No	NA	650	Cada 7	
AS (+)	Ácido salicílico	Si	10 mM	650	Cada 7	
AS (-)	Ácido salicílico	No	10 mM	650	Cada 7	
GABA (+)	Ácido gamma-aminobutírico	Si	10 mM	650	Cada 7	
GABA (-)	Ácido gamma-aminobutírico	No	10 mM	650	Cada 7	

SN= Control absoluto; Agua= Control disolvente; CLas= *Candidatus Liberibacter asiaticus*.

### Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos y tres repeticiones cada uno. La unidad experimental fue un árbol de limón Persa de cinco años de edad para cada repetición. Cuatro tratamientos fueron aplicados en árboles infectados con *Candidatus Liberibacter asiaticus*, lo cual, se determinó por la presencia de síntomas característicos de la enfermedad. Los otros cuatro tratamientos se aplicaron en árboles sanos, la descripción de los ocho tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

### Colecta y procesamiento de muestras

Un día después de la aplicación de los inductores de resistencia, para cada tiempo analizado (T0= previo a la aplicación de los inductores de resistencia; T3= tres semanas después de la primer aplicación; T6= seis semanas después de la primer aplicación; T9= nueve semanas después de la primer aplicación), tres hojas maduras fueron colectadas aleatoriamente de cada árbol sano, mientras que en árboles enfermos se colectaron tres hojas con síntomas visibles cada tres semanas por un periodo de nueve semanas. Una vez colectadas las muestras, se colocaron en papel aluminio para protegerlas de la luz y se colocaron en una hielera con geles congelantes, para ser transportadas al Laboratorio de Diagnóstico Fitopatológico del INIFAP-CEIXTA. En el laboratorio, las hojas fueron procesadas el mismo día de colecta, se pesaron



en una balanza analítica y en seguida se molieron con nitrógeno líquido y se separaron en dos tubos, para determinar el contenido de clorofila y el contenido de almidón, respectivamente.

### **Cuantificación de almidón**

La determinación del contenido de almidón, se realizó de acuerdo con los protocolos descritos por Rosales y Burns (2011) y Zheng *et al.* (2018), con ligeras modificaciones en donde, 100 mg de tejido fueron molidos con nitrógeno líquido, se adicionó 1 mL de agua destilada, en seguida se agitó en vortex (Agitador Vortex-Genie II Mixer, SI-0236, EUA) y posteriormente el homogenado se hirvió por 10 min y se enfrió por inmersión en agua fría. Las muestras fueron agitadas en vortex y centrifugadas a 2500 rpm por 2 min (Eppendorf AG, Hamburgo, Alemania), 300  $\mu$ L de sobrenadante fueron transferidos a un microtubo con 900  $\mu$ L de etanol 96°. La mezcla se homogenizó y se centrifugó a 2500 rpm por 2 min. El sobrenadante fue eliminado y se le adicionó 1 mL de agua destilada a la pastilla; por último, se añadieron 15  $\mu$ L de KI:I<sub>2</sub> (8 mM:50 mM) y se incubó por 15 min. La cuantificación fue realizada en un espectrofotómetro a 594 nm (UV/VIS SPECTROPHOTOMETER, EUA), en donde, almidón de arroz (Sigma Aldrich, St. Louis, MO) fue utilizado como standard.

### **Cuantificación de clorofila**

El contenido total de clorofila, clorofila-*a* y clorofila-*b* fue determinado a partir de tejido de hojas de limón sin nervaduras, utilizando el protocolo de Das *et al.* (2019), descrito inicialmente por Arnon (1949). 500 mg de tejido fresco fueron molidos con nitrógeno líquido, el tejido molido fue colocado en un tubo cónico de 15 mL, se le adicionaron 12.5 mL de acetona alcalina al 80% (0.1 M de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (v/v) y se colocó en oscuridad por 24 h. Transcurrido el tiempo, el contenido de clorofila fue estimado espectrofotométricamente a unas longitudes de onda de 645 y 663 nm. Los cálculos fueron realizados de acuerdo a la fórmula de Arnon (1949), la cual se describe a continuación:

$$\text{Clorofila Total} = [20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663})] \times V / 1000 \times 1 / W$$

$$\text{Clorofila-}a = [12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645})] \times V / 1000 \times 1 / W$$

$$\text{Clorofila-}b = [22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663})] \times V / 1000 \times 1 / W$$

V= volumen final del extracto de clorofila en acetona al 80%.

W= peso fresco de tejido de hojas en gramos.

A= valores de absorbancia obtenidos en el espectrofotómetro.

El contenido de clorofila fue expresado en mg de clorofila por gramo de peso fresco.



## Análisis de datos

Se utilizó el programa STATISTICA ver 8.0 para analizar los resultados de los experimentos presentados mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía, tomando en cuenta el error estándar y realizando una prueba DMS (diferencias mínimas significativas). La diferencia estadística de los tratamientos con respecto al control ( $P \leq 0.05$ ) es indicada encima de las barras en las gráficas.

## Resultados y Discusión

### Contenido de almidón en hojas de árboles de limón Persa con y sin HLB

En condiciones normales (sin aplicación de inductores de resistencia, T<sub>0</sub>), los resultados mostraron un aumento de aproximadamente 10 a 12 veces en el contenido de almidón en los árboles de limón Persa con HLB con respecto a los árboles sin HLB (Figura 2). En naranja dulce, se ha reportado que el contenido de almidón puede aumentar hasta 20 veces en árboles enfermos con HLB en comparación con árboles sanos (Takushi *et al.*, 2007).

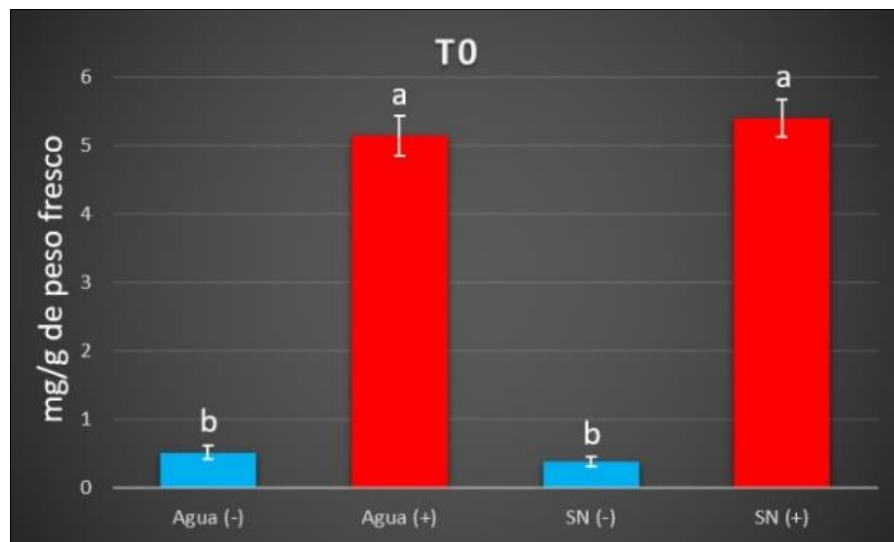
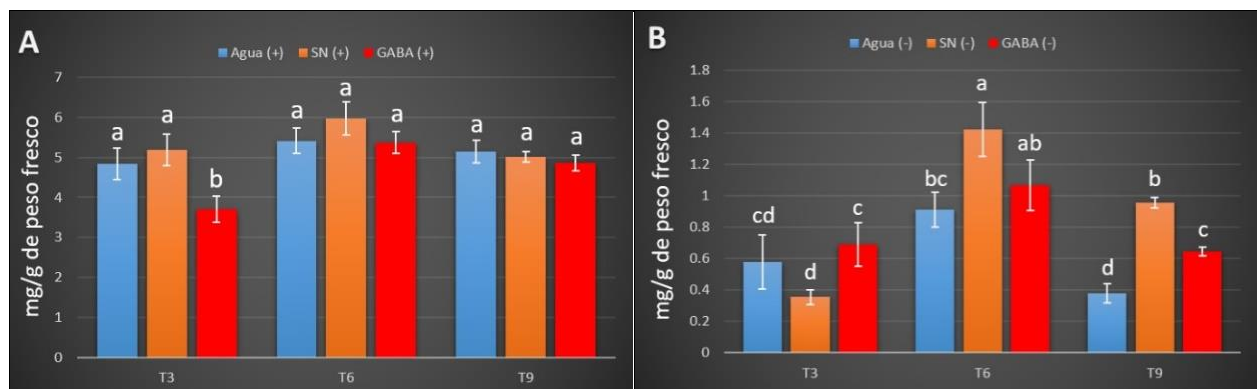


Figura 2. Contenido de almidón en árboles de limón Persa sin HLB (barras azules) y con HLB (barras rojas). Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos. T<sub>0</sub>= colecta de hojas previo a la aplicación de los inductores de resistencia.



### Contenido de almidón en hojas de árboles de limón Persa tratados con ácido gamma-aminobutírico

Los resultados obtenidos con la aplicación foliar del inductor de resistencia, ácido gamma-aminobutírico en árboles de limón Persa con HLB, mostraron una disminución significativa en el contenido de almidón a las tres semanas de la aplicación, sin embargo, dicha disminución se revierte en las semanas seis y nueve (Figura 3A); mientras que, la aplicación de inductores de resistencia en árboles sin HLB, no tuvo un efecto sobre el contenido de almidón en ninguna de las semanas evaluadas, con respecto a los controles (Figura 3B).

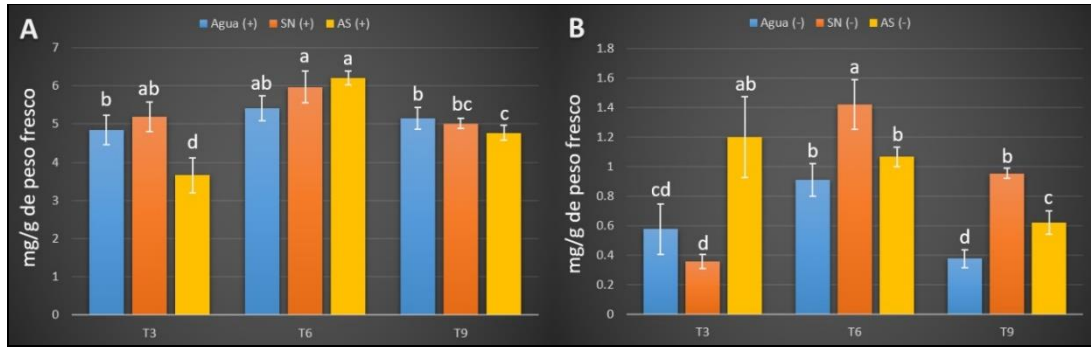


**Figura 3. Contenido de almidón en árboles de limón Persa tratados con ácido gamma-aminobutírico. A) árboles de limón Persa con HLB. B) árboles de limón Persa sin HLB. Las letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos. T3= semana tres; T6= semana seis; T9= semana nueve.**

### Contenido de almidón en hojas de árboles de limón Persa tratados con ácido salicílico

Los resultados obtenidos con la aplicación del ácido salicílico en árboles de limón Persa con HLB, mostraron una disminución significativa en el contenido de almidón a las tres semanas de la aplicación, sin embargo, dicha disminución se revierte en las semanas seis y nueve (Figura 4A). Contrastantemente, el ácido salicílico aumentó el contenido de almidón a las tres semanas de la aplicación en árboles sin síntomas de HLB, lo cual podría deberse a que activa rutas de defensa que cuyo metabolismo se realiza en el cloroplasto, lugar donde se acumula el almidón (amiloplastos), y que posiblemente estén siendo favorecidas por la acumulación de almidón (Figura 4B).

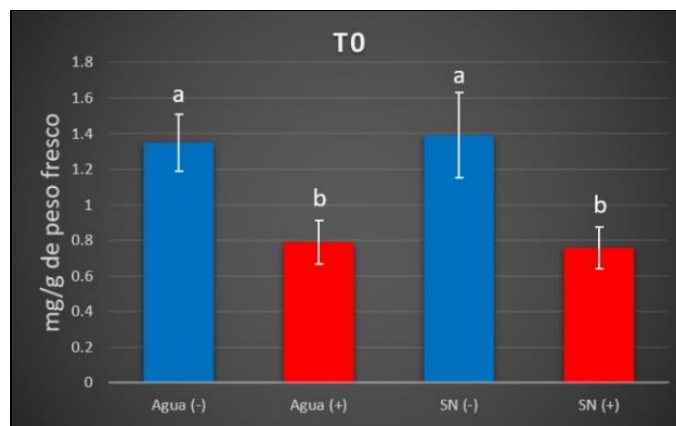




**Figura 4. Contenido de almidón en árboles de limón Persa tratados con ácido salicílico. A) árboles de limón Persa con HLB. B) árboles de limón Persa sin HLB. T3= semana tres; T6= semana seis; T9= semana nueve.**

### Contenido de clorofila en hojas de árboles de limón Persa con o sin HLB

En condiciones normales (sin aplicación de inductores de resistencia), los resultados obtenidos mostraron una disminución de aproximadamente el 90% en el contenido de clorofila en los árboles de limón Persa con HLB con respecto a los árboles sin HLB (Figura 5).



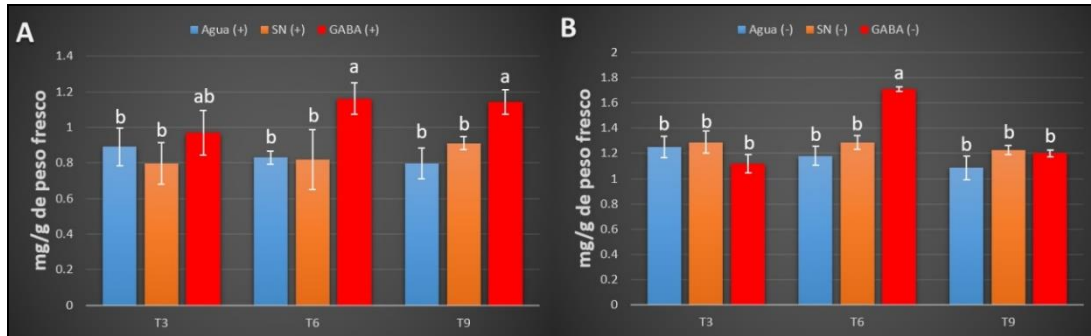
**Figura 5. Contenido de clorofila en árboles de limón Persa sin HLB (barras azules) y con HLB (barras rojas). T0= colecta de hojas previo a la aplicación de los inductores de resistencia.**

### Contenido de clorofila en hojas de árboles de limón Persa tratados con ácido gamma-aminobutírico

En lo que respecta al contenido de clorofila, la aplicación de ácido gamma-aminobutírico, aumentó ligeramente el contenido de clorofila en árboles enfermos de HLB a partir de la semana seis, manteniéndose hasta la semana nueve (Figura 6), mientras que, en árboles



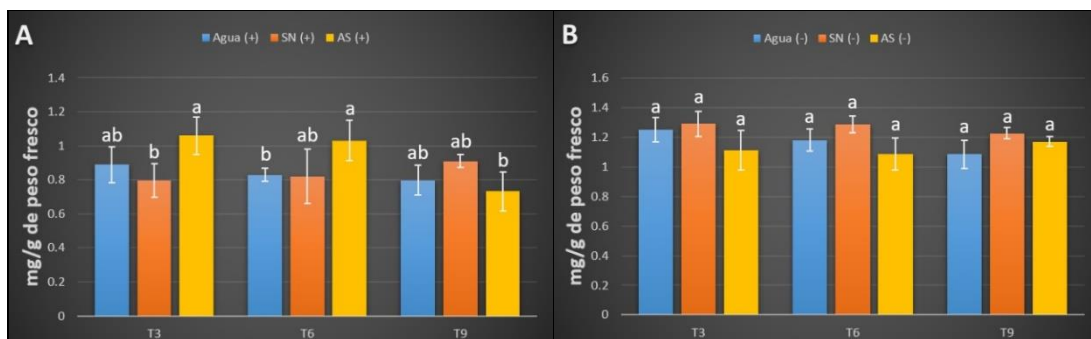
sanos no se observó cambio en el contenido de clorofila con ninguna de las aplicaciones de los inductores GABA y ácido salicílico (datos no mostrados).



**Figura 6. Contenido de clorofila en árboles de limón Persa tratados con ácido gamma-aminobutírico. A) árboles de limón Persa con HLB. B) árboles de limón Persa sin HLB. T3= semana tres; T6= semana seis; T9= semana nueve.**

### Contenido de clorofila en hojas de árboles de limón Persa tratados con ácido salicílico

La aplicación de ácido salicílico, aumentó ligeramente el contenido de clorofila en árboles enfermos de HLB a partir de la semana tres, manteniéndose hasta la semana seis, posteriormente, el efecto se ve disminuido a los mismos niveles que el control con HLB sin ácido salicílico (Figura 7).



**Figura 7. Contenido de clorofila en árboles de limón Persa tratados con ácido salicílico. A) árboles de limón Persa con HLB. B) árboles de limón Persa sin HLB.**

El HLB representa uno de los mayores retos en la historia de la citricultura. Muchos esfuerzos se han realizado en comprender a mayor profundidad los mecanismos por los cuales, la bacteria causante de la enfermedad *Candidatus Liberibacter* spp. genera tantos daños en las



diferentes variedades de cítricos (Ramadugu *et al.*, 2016). Estos estudios han permitido identificar que la acumulación de almidón (Takushi *et al.*, 2007) y la disminución en el contenido de clorofila y de la actividad fotosintética (Manzanilla *et al.*, 2019), son piezas claves en el desarrollo de la enfermedad. Los resultados obtenidos muestran un aumento del contenido de almidón de aproximadamente 12 veces en árboles de limón Persa con HLB con respecto a los árboles sin HLB (Fig 2A y 2B). En naranja dulce, se ha reportado que el contenido de almidón puede aumentar hasta 20 veces en árboles enfermos con HLB en comparación con árboles sanos (Takushi *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos con la aplicación foliar de los inductores de resistencia, mostraron una ligera disminución en el contenido de almidón a las tres semanas de la aplicación con ácido salicílico y ácido gamma-aminobutírico, misma que se revierte en las semanas seis y nueve. Se ha observado previamente que la aplicación de elicitors puede tener un efecto en el contenido y distribución de carbohidratos en cítricos infectados con HLB, específicamente al aplicar Estrigolactonas (Zheng *et al.*, 2018), lo que, coincide con lo observado en este trabajo.

Respecto al contenido de clorofila, se demostró que la infección por HLB afecta severamente la concentración de la misma en limón Persa, lo cual, no había sido previamente documentado. La disminución de clorofila en plantas con HLB responde a los daños que la bacteria causa en el cloroplasto (Pitino *et al.*, 2018), ya que, algunas de las proteínas relacionadas con la patogenicidad dañan directamente la estructura de los tilacoides (Pitino *et al.*, 2016), utilizando dominios que se confunden con proteínas del mismo cloroplasto (Flores *et al.*, 2020). En este trabajo, se observó que la aplicación de ácido salicílico y de GABA incrementaron la concentración de clorofila total en los árboles infectados con HLB, lo que, sugiere un efecto directo sobre la actividad de patogenicidad de la bacteria, disminuyendo el daño directo al cloroplasto causado por efectores de patogenicidad (Hao *et al.*, 2019). Sin embargo, es necesario realizar estudios a mayor profundidad en los cuales se evalúe la actividad fotosintética de las plantas, la expresión de proteínas de defensa provenientes del cloroplasto y la integridad de los tejidos fotosintéticos, para observar si la aplicación de estos elicitors, pueden ser una alternativa viable al manejo de plantaciones con HLB.



## Conclusiones

1. Los árboles de limón Persa con HLB mostraron 12 veces más contenido de almidón y un 90% menos contenido de clorofila, con respecto a los árboles sin HLB. 2. La aplicación foliar de ácido gamma-aminobutírico y ácido salicílico mostraron un efecto fitoprotector en los árboles de limón Persa con HLB al disminuir el contenido de almidón y aumentar el contenido de clorofila, a partir de la tercer semana de aplicación.

## Agradecimientos

Se agradece al Fondo FIDEICOMISO INIFAP por el financiamiento del proyecto: Evaluación de agentes elicitores de resistencia sistémica y actividad antioxidante en cítricos como medida de protección ante el HLB (No. Proyecto 1210034811).

## Literatura Citada

- Achor, D., E. Etxeberria, N. Wang, S. Y. Folimonova, K. R. Chung and G. Albrigo. 2010. Sequence of anatomical symptom observations in citrus affected with Huanglongbing disease. *Plant Pathol. J.* 9:56-64.
- Aguilar, N. P. F., M. J. Escobar Q. and C. P. Pássaro C. 2012. Current situation of the citrus's production chain in Colombia: limitations and perspectives. Capítulo 1. *In: Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista, 367 pp.
- Arnon, D. I. 1949. Copper Enzyme in Isolated Chloroplast. *Plant Physiol.* 24:1-15.
- Bové, J. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.
- Das, D., P. Seal and A. K. Biswas. 2019. Influence of selenium on growth, antioxidants production and physiological parameters of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings and its possible reversal by coapplication of sulphate. *Am. J. Plant Sci.* 10:2236-2278.



- Étienne, J., S. Quilici, D. Marival and A. Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*. 56:307-315.
- Etxeberria, E., P. González, D. Achor and G. Albrigo. 2009. Anatomical distribution of abnormally high levels of starch in HLB-affected Valencia orange trees. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 74:76-83.
- Fan, G. Ch., Y. L. Xia, X. J. Lin, H. Q. Hu, X. Da. Wang, Ch. Q. Ruan, L. Ming and B. Lou. 2016. Evaluation of thermotherapy against huanglongbing (citrus greening) in the greenhouse. *J. Integ. Agric.* 15:11-119.
- FAOSTAT. 2018. Production Crops (Food and Agriculture Organization of the United Nations). <http://www.fao.org/faostat/> [consultado el 30 de Abril de 2020].
- Flores R. F. R., C.G. Rodríguez Q., C. Matilde H. and R. Santillán M. 2020. Bioinformatic analysis of potential pathogenicity effectors of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, causal agent of Citrus Huanglongbing. *Am. J. Plant Sci.* 11:1319-1330.
- Folimonova, S. Y. and D. S. Achor. 2010. Early events of citrus greening (huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. *Phytopathology*. 100:949-958.
- Gómez, D. E. y E. M. Reis. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Rev. Quím. Viva*. 10:6-17.
- Gottwald, T. R., J. H. Graham, M. S. Irey, T. G. McCollum and B. W. Wood. 2012. Inconsequential effect of nutritional treatments on huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Prot.* 36:73-82.
- Hao, G., D. Ammar, Y. Duan and E. Stover. 2019. Transgenic citrus plants expressing a “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” prophage protein LasP<sub>235</sub> display Huanglongbing-like symptoms. *Agri Gene* 12:100085.
- Hernández, M. B. 2013. Enfermedades bacterianas asociadas a cítricos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 31:61-62.
- Manzanilla R., M. A., A. Villegas M., J. J. Velázquez M., H. A. Zavaleta M., M. Sandoval V. and A. Muñoz O. 2019. Physiological changes in Mexican lemon trees in production infected with HLB. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(7):1603-1614.
- Mora A., G., P. Robles G., J. I. López A., J. Flores S., G. Acevedo S., S. Domínguez M., A. Gutierrez E. y E. Loeza K. 2016. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 32(2):108-119.



- Pitino, M., V. Allen and Y. Duan. 2018. Las $\Delta$ 5315 Effector Induces Extreme Starch Accumulation and Chlorosis as Ca. *Liberibacter asiaticus* Infection in *Nicotiana benthamiana*. *Front. Plant Sci.* 9:113
- Pitino, M., C. M. Armstrong, L. M. Cano and Y. Duan. 2016. Transient expression of *Candidatus Liberibacter asiaticus* effector induces cell death in *Nicotiana benthamiana*. *Front. Plant Sci.* 7:982
- Ramadugu, C., M. L. Keremane, S. E. Halbert, Y. P. Duan, M. L. Roose, E. Stover and R. F. Lee. 2016. Long term evaluation reveals HLB resistance in *Citrus* relatives. *Plant Dis.* 100(9):1858-1869.
- Rosales, R. and J. K. Burns. 2011. Phytohormone changes and carbohydrate status in sweet orange fruit from Huanglongbing-infected trees. *J. Plant Growth Regul.* 30:312-321.
- Sáenz, P. C. A., E. Osorio H., B. Estrada D., W. A. Poot P., R. Delgado M. y R. Rodríguez H. 2019. Principales enfermedades en cítricos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(7):1653-1665.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Producción por estado. <https://www.gob.mx/siap> [consultado el 30 de abril de 2020].
- Takushi, T., T. Toyozato, S. Kawano, S. Taba, A. Ooshiro and M. Numazawa. 2007. Starch method for simple, rapid diagnosis of citrus huanglongbing using iodine to detect high accumulation of starch in citrus leaves. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 73:3-8.
- Trinidad, C. J. R., G. Rincón E., E. E. Quiñones A., A. P. Arce L. and N. E. Leyva L. 2019. Inductors of plant resistance in the control of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Mexican lemon (*Citrus aurantifolia*) trees. *Mex. J. Phytopathol.* 37:304-317.
- Wang, N., L. L. Stelinski, K. S. Pelz S., J. H. Granham and Y. Zhang. 2017. Tale of the huanglongbing disease pyramid in the context of the citrus microbiome. *Phytopathology* 107:380-387.
- Zheng, Y., N. Kumar, P. Gonzalez and E. Etxeberria. 2018. Strigolactones restore vegetative and reproductive developments in Huanglongbing (HLB) affected, greenhouse-grown citrus trees by modulating carbohydrate distribution. *Sci. Hort.* 237:89-95.



## RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE CAFÉ *Coffea arabica* TOLERANTES A *Hemileia vastatrix* CAUSANTE DE LA ROYA DEL CAFETO

Rosalío López Morgado<sup>1\*</sup>, Edgar Couttolenc Brenis<sup>1</sup> y Marco Antonio Toral Juárez<sup>1</sup>

### Resumen

A partir de 2011, miles de productores de café en México han afrontado los daños ocasionados por la roya del cafeto, gestándose acciones institucionales para atenuar daños, centrándose los objetivos en un inicio a soluciones rápidas para minimizar pérdidas, aplicándose fungicidas de contacto y sistémicos, sin embargo, el mejor control de la roya se da cuando ésta se evita; y para ello, el uso de la resistencia genética es la alternativa más viable. Hasta ahora, las variedades de café con resistencia o tolerancia a *Hemileia vastatrix*, hongo causante de la roya, han sido generadas a través de la transferencia de genes de *Coffea canephora*, lo cual se logra mediante la utilización del híbrido natural interespecífico (*C. arabica* X *C. canephora*), conocido como “Híbrido de Timor”; un cruce que venció la barrera de ploidía, gestándose un genotipo tetraploide igual a *C. arabica*. Haciéndose importante contar con el conocimiento de las variedades disponibles con mayor potencial de respuesta regional en cuanto a productividad, calidad física del grano, calidad organoléptica, tolerancia a plagas y enfermedades entre otros. Debido a lo que antecede, en el Sitio Experimental Teocelo se pusieron en campo seis variedades resistentes a roya del cafeto, cada variedad estuvo conformada por una parcela útil de 60 cafetos, constituidas por tres subparcelas de 20 cafetos, que representan las repeticiones dentro de cada genotipo. Las variedades fueron Oro Azteca y Costa Rica 95, como genotipos del grupo de los catimores, Marsellesa, Iapar 59 y Sarchimor T-5296, como genotipos del grupo de los sarchimores; y una variedad proveniente de un híbrido artificial denominado “Híbrido de Brasil” el cual se cruzó artificialmente con Mundo Novo para dar origen al Icatú, esta variedad aún no está en cultivo por productores, por lo que representa un tratamiento exploratorio para su mayor conocimiento. En el presente trabajo se

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*lopez.rosalio@inifap.gob.mx



analiza el rendimiento de café cereza en sus primeros dos ciclos de cosecha, de las seis variedades.

**Palabras clave:** resistencia, tolerancia, ciclos de cultivo, análisis experimental

## Introducción

El mejoramiento genético del cafeto es un factor determinante en el desarrollo tecnológico de la cadena agroalimentaria café (CA-Café), ya que es un mecanismo eficaz para obtener variedades de alta eficiencia productiva e incorporar características específicas de resistencia o tolerancia a enfermedades, apariencia física del grano, cualidades organolépticas de la bebida, adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo, entre otros caracteres (Fazuoli, 2005; Zamarripa *et al.*, 2018). Los métodos de mejoramiento genético usados en *C. arabica* son principalmente, la hibridación, la selección genealógica y la selección por retrocruzamientos con fines de introgresión de genes (Carvalho, 1988; Zamarripa *et al.*, 2013). La aparición de más de 40 mutantes en las plantaciones de Brasil, ha contribuido también, de manera significativa a la creación de nuevas variedades, como Maragogype, Cera y Caturra (Carvalho, 1988). Por ejemplo, el mutante Caturra, caracterizado por un crecimiento compacto, fue utilizado en varios programas de mejoramiento en el mundo, para reducir el tamaño de las plantas, aumentar la población de cafetos por superficie y lograr rendimientos altos de café cereza (Zamarripa *et al.*, 2013). Más recientemente, el método usado en el mejoramiento del cafeto es la formación de variedades híbridas F1 (Van der Vosen *et al.*, 2015), las cuales se forman de la cruce de materiales etíopes silvestres con catimores o sarchimores (Bouharmont, 1995; Escamilla, 2016).

La producción de café en México se ha desarrollado prácticamente sólo con variedades de la especie *Coffea arabica* L., las cuales han seguido un mismo patrón de presencia desde la primera mitad del siglo pasado, a excepción de variedades que han ido incorporándose en la medida en que fueron introducidas o bien liberadas en el país como Garnica y Oro Azteca. La SAGARPA, a través del Plan de Innovación de la Cafecultura en México, señala que la variedad Typica sigue siendo la preponderante con un 42% de presencia en los cafetales del





país, seguida de las variedades Bourbon y Caturra rojo con el 22 y 16%, de manera respectiva; en un tercer grupo se encuentran las variedades Mundo Novo y Garnica con el 8 y 7% de participación respectivamente. El restante 5% contempla genotipos diversos entre los que destacan Oro Azteca, Costa Rica-95 y Colombia brote café o Colombia brote verde (SAGARPA, 2011), lo cual indica que prácticamente la cafecultura en el país se realiza con variedades susceptibles a roya del cafeto.

El uso de estas variedades fue posible hasta casi finales del siglo pasado cuando condiciones favorables de clima y suelo hicieron que el cultivo de café prosperara bajo sistemas tradicionales en México y otros países de América, al no tener, por muchos años, factores limitantes de fitosanidad para su crecimiento y producción, ya que las pocas enfermedades que se presentaban en los cafetos, causadas en su mayoría por hongos, eran ocasionales y de naturaleza local, al grado de no requerir el uso de plaguicidas para su control (Bonilla *et al.*, 2000). Sin embargo, esta situación favorable habría de cambiar con la llegada de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) y la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Por ejemplo, con el cambio hacia una cafecultura más tecnificada en Colombia, en las últimas cuatro décadas se aumentaron los rendimientos, pero también se alteró el equilibrio hospedero-patógeno, que se marcó definitivamente con la llegada de la roya del cafeto, a tal grado, que el problema obligó a la realización de investigaciones en epidemiología, tecnologías de aspersión y desarrollo de variedades resistentes, hasta entrar en una fase de convivencia con la enfermedad (Cadena y Gaitán, 2006); una situación bastante similar con lo que ha estado ocurriendo en México, donde la resistencia genética, prácticas de cultivo apropiadas y el uso racional de productos supresores de los agentes causales de daños y enfermedades, ya son componentes tecnológicos incorporados a los procesos de producción primaria de café (López *et al.*, 2013).

La roya del cafeto a pesar de ser reportada como una plaga devastadora en zonas cafetaleras de otros países, en México se consideró una enfermedad de importancia económica a partir del ciclo de cosecha 2012-2013, con consecuencias de graves daños a la producción en los ciclos subsecuentes. El agente causal es el hongo *Hemileia vastatrix*, un parásito obligado que sólo puede crecer en los tejidos foliares vivos de la planta de café (López, 2017). La roya es la enfermedad más importante del cultivo de café (Thurston, 1984); su primer registro se hizo en el África Oriental en 1861, y en 1869 fue descubierta en Sri Lanka donde causó epidemias



devastadoras (Avelino y Rivas 2013). En 1970 llegó a Brasil, de allí se propagó a toda Sudamérica y Centroamérica, hasta alcanzar todas las zonas cafetaleras de América Latina (ICAFÉ, 1998). La presencia de la Roya Anaranjada del cafeto en México data del día 11 de julio de 1981, cuando se le detectó en el ejido Felipe Carrillo Puerto, entre los límites de los municipios de Tuxtla Chico y Tapachula en el estado de Chiapas. En la actualidad la roya es un fitopatógeno presente en todas las regiones del mundo donde se produce café, con excepción de Hawai (Arneson, 2000).

Respecto a la especie *Coffea arabica*, esta muestra amplia diversidad genética en la región africana conformada por Etiopía, Sudán del Sur y Kenia; espacio geográfico considerado como su lugar de origen. Mientras que, en Sudamérica, Mesoamérica y el Caribe, las variedades de café cultivadas han evidenciado una estrecha cercanía genética debida por un lado a su origen limitado al Subtipo Typica y al Subtipo Bourbon (Zamarripa *et al.*, 2013) y por otro, a la biología de su polinización cuya tasa de autopolinización está por arriba del 90% (Wellman, 1961).

En el caso de la roya anaranjada, el mejoramiento genético constituye la estrategia de mayor eficacia, razón por la cual los principales centros de investigación en el mundo han puesto su interés en la utilización de este recurso, que se perfila como el mecanismo más prometedor, eficaz y barato de control (Zamarripa *et al.*, 2013). Mediante el mejoramiento genético es posible lograr una cafecultura mexicana congruente con la responsabilidad de impactar menos el ambiente y preservar los recursos base: agua, suelo y biodiversidad, además de tener márgenes de rentabilidad aceptables, en la cadena agroalimentaria café. Hay que considerar que desde la década pasada hay una tendencia de aumento en el consumo de café de alta calidad, una característica correlacionada con la variedad cultivada (Escamilla, 2007). En este sentido, el creciente hábito en los consumidores de preferir cafés finos, motiva el tener en cuenta caracteres de calidad, en los futuros materiales genéticos a liberar.

Las variedades resistentes a roya derivan de los “grupos genéticos” Catimores y Sarchimores, producto de los cruzamientos entre el Híbrido de Timor y las variedades arábicas puras Caturra y Villa Sarchí (WCR, 2017); el uso de estas variedades ha permitido en el corto plazo incrementar los rendimientos unitarios de café en México (Zamarripa *et al.*, 2013), ya que las variedades arábicas introgresadas con genes de resistencia a la roya atenúan problemas de productividad, suscitados por la presencia y severidad de la roya del cafeto (Zamarripa *et al.*, 2018). Así, a través de cruzamientos controlados entre este híbrido y otras variedades



comerciales, se han generado progenies que han dado origen a híbridos intervarietales (Suárez y Bustamante, 1999; Bustamante *et al.*, 2001), los cuales poseen características agronómicas importantes.

Con lo que antecede, se fundamenta el hecho de haber establecido en campo seis variedades resistentes a roya, mismas que se distribuyeron en parcelas con un total de 96 cafetos por variedad, a fin de conformar un “jardín de variedades” que tuviera como propósito la demostración de las variedades y su comportamiento, además del registro constante de datos que dieran lugar a la cuantificación de la expresión de caracteres de las variedades y parámetros coincidentes con los descriptores de cada genotipo en observación (López, 2017). Hasta ahora tres variedades han mostrado cierta presencia de pústulas de roya con severidad mínima, siendo la más afectada Oro Azteca, seguida de Marsellesa y Costa Rica. Sin embargo, sus rendimientos se han mantenido en la magnitud esperada, cumpliéndose con el objetivo de este trabajo de mostrar cualitativa y cuantitativamente la expresión de atributos de seis variedades resistentes a roya, de las cuales cinco están registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y por lo tanto disponibles para proyectos de producción de semilla certificada siguiendo los procesos del SNICS (Escamilla, 2016).

## **Materiales y Métodos**

Este trabajo se estableció en 2017 como parte del proyecto: “Estrategia para fortalecer centros estatales de innovación e impulsar la productividad y calidad del café mexicano”, bajo convenio entre el INIFAP y la AMECAFE. Está ubicado dentro de las instalaciones del Sitio Experimental Teocelo del INIFAP, el cual se localiza a una latitud norte de 19° 23' 10”, longitud oeste 97°00'06” y altitud de 1,250 m. La precipitación pluvial anual es de 2,063 mm, la temperatura promedio de 20°C, con una máxima media de 25°C y mínima media de 14°C; los suelos son derivados de cenizas volcánicas de tipo andosol. El trabajo se implementó bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y seis tratamientos, análogos estos a seis variedades de café (Cuadro 1). La parcela útil estuvo compuesta por 20 cafetos. El arreglo espacial de los cafetos es de 2 m entre surcos por 1.5 m entre cafetos para una densidad de población de 3330 plantas/ha.



**Cuadro 1. Algunas características de las especies arbóreas que conformaron los tratamientos en el experimento.**

Variedad	País de origen	Grupo genético	Atributos*
Costa Rica 95	Costa Rica	Catimor	Tolerante a roya, de porte bajo, calidad baja en taza, con rendimiento medio.
IAPAR 59	Brasil	Sarchimor	Resistente a roya, de porte heterogéneo, calidad baja en taza, con rendimiento medio.
Icatú	Brasil	Híbrido artificial	Tolerante a roya, de porte bajo, calidad baja en taza, con rendimiento alto.
Marsellesa	Nicaragua/México	Sarchimor	Tolerante a roya, de porte intermedio, calidad media en taza, con rendimiento alto.
Oro Azteca	México	Catimor	Tolerante a roya, de porte bajo, calidad alta en taza, con rendimiento bajo.
Sarchimor T-5296	México	Sarchimor	Resistente a roya, de porte heterogéneo, calidad media en taza, con rendimiento alto.

\*Apreciación en la parcela conforme a los cafetos por variedad.

Para fines de registros de datos, se tuvieron 60 cafetos por variedad, conformándose tres subparcelas de 20 cafetos a fin de generar tres repeticiones y utilizar para su análisis un modelo completamente al azar, con los ciclos de cosecha como factor seriado. Se utilizó el procedimiento GLM del software SAS, como programa de análisis, en su versión "Demand for Academics" y con el modelo de "Análisis de medidas repetidas de la varianza", con lo cual se posibilitó involucrar en las fuentes de variación los dos ciclos de cosecha; generándose un Error para variedades y un Error distinto para ciclos de cosecha y la interacción de ciclos por variedad.

La fase de registro de datos sobre producción de café inició con la cosecha del café cereza maduro de cada parcela útil y las demás variables se midieron durante el periodo de cosecha. En el análisis de varianza, se incluyeron los datos puntuales por individuo dentro de la parcela. El trabajo en campo está bajo sombra con el Ixpepe *Trema micrantha* como especie dominante en el estrato de sombreado, lo cual crea tendencia hacia la homogeneidad de condiciones. Las



variables cuantificadas fueron el rendimiento por cafeto de cada variedad y las variables de altura, diámetro de tallo y ancho de copa, mediante las cuales se crearon índices por variable y así generar la variable compuesta de índice de vigor.

El manejo más adecuado del cultivo de café se constituye cuando se tiene el mayor conocimiento de la planta en cuanto a su crecimiento, desarrollo y carga de frutos por ciclo anual de cultivo, así como de los factores que los afectan. Así, la culminación del proceso de producción primaria de café depende de la cantidad y la calidad de crecimiento de los cafetos (Arcila, 2007b) de tal forma que si éstos son óptimos, los rendimientos esperados serán adecuados, por ello se generó una variable compuesta respecto al vigor de los cafetos, en tal forma que se facilite la comprensión de los rendimientos. En esta tesitura y basados en los datos por cafeto dentro de cada parcela se generó un índice de altura ( $A_c$ ), un índice de diámetro de tallo ( $D_t$ ) y otro de ancho de copa ( $A_p$ ), mismos que sumados y promediados, permitieron generar el Índice de Vigor de los Cafetos (IVC), mediante el siguiente procedimiento, conforme a metodología reportada por Díaz *et al.*, 2013.

$$\text{Índice de vigor de cafetos (IVC)} = \frac{SAR = \frac{Ac}{A_{max}} + ID = \frac{Dt}{Dt_{max}} + AP = \frac{Ap}{Ap_{max}}}{3}$$

Donde:

$SAR$  = Subíndice por altura registrada  
 $A_c$  = Valor de la altura de cada cafeto en cada parcela  
 $A_{max}$  = Máximo valor de altura por cafeto  
 $ID$  = Subíndice por diámetro de tallo  
 $D_t$  = Diámetro de tallo de cada cafeto por parcela  
 $D_{t_{max}}$  = Diámetro de tallo máximo de cafetos  
 $AP$  = Subíndice de ancho de copa  
 $A_p$  = Ancho de copa por cafeto por parcela  
 $A_{p_{max}}$  = Ancho de copa máximo de cafetos  
 $IVC$  = Índice de vigor de cafeto

## Resultados y Discusión

**Análisis de varianza de la variable rendimiento.** En el análisis de varianza se muestra que hubo diferencia estadística altamente significativa tanto entre ciclos de cosecha y variedades de café, así como en la interacción ciclo de cosecha por variedades (Cuadro 2), lo cual se



explica por la bienalidad del cultivo donde un año los fotosintatos son dirigidos a una mayor floración y abundante fructificación en consecuencia; mientras que al año siguiente, ante una carga de frutos alta, las reservas energéticas de la planta se dirigen al amarre de frutos, su llenado y la maduración plena de éstos, expresándose una reducción en la formación de yemas de floración, que redundará en cosecha más escasa de café cereza (Arcila, 2007b;). Así mismo, la literatura documenta una bienalidad bastante acentuada para las variedades de café de los grupos genéticos catimores y sarchimores (Zamarripa y escamilla, 2002; WCR, 2017).

**Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable rendimiento en toneladas por hectárea de café cereza.**

Fuentes de variación	Ensayo de variedades de café				
	G. L.	S. C.	C. M.	Valor de "F"	Pr > F
Variedad	5	71904099.0	14380819.8	5.71**	<.0001
Error "A"	354	892171300.4	2520257.9		
Ciclo	1	6356957.8	6356957.8	3.97*	0.0471
Ciclo x Variedad	5	200366329.0	40073265.8	25.02**	<.0001
Error "B"	354	567096783.0	1601968.3		

\*\*Diferencia estadística altamente significativa. \*Diferencia estadística significativa.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la comparación múltiple de medias conforme a Tukey a un nivel del 0.05 de probabilidad. Las variedades Marsellesa, Costa Rica 95 e IAPAR 59 fueron las que mantuvieron mayor estabilidad en cuanto a rendimiento de café cereza, en toneladas por hectárea, de un año a otro, con variaciones que no llegaron a la tonelada de diferencia lo cual tiende a la similitud productiva entre ciclos de estas variedades. Mientras que una mayor diferencia de rendimiento, de un ciclo a otro, lo mostró la variedad Oro Azteca al pasar de 9.46 toneladas por hectárea en el ciclo 2019-20, a tan sólo 5.65 toneladas en el ciclo 2020-21. Otra variedad que llama la atención en su comportamiento en rendimiento es Icatú, que en el ciclo 2019-20 produjo 6.43 t/ha y en el ciclo 2020-21 su rendimiento aumentó a 13.23 t/ha; un incremento de más del doble de cosecha de café cereza. La variedad Sarchimor T-5296 fue la que se mantuvo más estable en cuanto a producción de café cereza, en toneladas por hectárea, de un año a otro, con diferencias tan mínimas que podría tomarse como rendimientos iguales de un año a otro.



**Cuadro 3. Prueba de comparación múltiple de medias conforme a Tukey para la variable rendimiento de café cereza en toneladas por hectárea de seis variedades en dos ciclos de cosecha.**

Variedad	2019-2020	DMSH <sup>1</sup>	Variedad	2020-2021	DMSH <sup>1</sup>
Sarchimor	10.91	A	ICATÚ	13.23	A
Marsellesa	10.85	A	Sarchimor	10.93	A
Costa Rica	9.88	A	Marsellesa	8.26	B
IAPAR 59	9.77	A	IAPAR 59	8.16	B
Oro Azteca	9.46	A	Costa Rica	7.27	BC
ICATÚ	6.43	B	Oro Azteca	5.65	C

<sup>1</sup>DMSH= Diferencia Mínima Significativa conforme a Tukey; letras iguales indican que las medias no difieren entre sí.

**Análisis de varianza de la variable compuesta índice de vigor.** El café es un arbusto de crecimiento continuo que presenta un dimorfismo característico en su estructura básica; el tallo crece en altura, y las ramas, a partir del eje central, hacia los lados. Las ramas laterales definen los nudos y entrenudos del eje central, en un sistema de ramificación siléptica (Rena y Maestri, 1986), es decir, un crecimiento simultáneo del eje central y de las ramas, cuyo resultado son arbustos de forma más o menos piramidal (Ramírez, 1990). El crecimiento vertical u ortotrópico comprende el tallo principal o eje central, lo cual define la altura de la planta conforme a la variedad. Del eje central se origina el crecimiento plagiotrópico, definido por las ramas laterales de crecimiento hacia la periferia del arbusto, donde se producen nudos y entrenudos; en cada nudo nace un par de hojas, en cuyas axilas se presentan las yemas vegetativas y florales (Ramírez, 1990). En el análisis de varianza de la variable índice de vigor de los cafetos, se tuvieron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las fuentes de variación. Para los ciclos de cosecha (Cuadro 4), la diferencia estadística altamente significativa es obvia, ya que los cafetos están en crecimiento constante. Sin embargo, entre las variedades la diferencia altamente significativa, explica en parte también las diferencias de rendimiento entre variedades.



**Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable índice de vigor de los cafetos por variedad.**

Fuentes de variación	Vigor de variedades de café				
	G. L.	S. C.	C. M.	Valor de "F"	Pr > F
Variedad	5	0.48673193	0.09734639	6.85**	<.0001
Error "A"	347	4.93331595	0.01421705		
Ciclo	1	0.42270762	0.42270762	229.76**	<.0001
Ciclo x Variedad	5	0.01482374	0.01482374	8.06**	<.0001
Error "B"	347	0.00183975	0.00183975		

\*\*Diferencia estadística altamente significativa.

En el Cuadro 5 se muestra la prueba de Tukey en la comparación múltiple de medias a un nivel del 0.05 de probabilidad. Las variedades Oro Azteca, Costa Rica 95 y Marsellesa conforman el primer grupo de significancia en cuanto a vigor de los cafetos. ICATÚ e IAPAR 59 forman un segundo grupo de significancia creciendo y desarrollándose más o menos expresando el mismo vigor, mientras que los cafetos de la variedad Sarchimor T-5296, conformó un tercer grupo de significancia; esto para el ciclo 2019-20. Ya para el segundo ciclo anual de cultivo, la variedad Costa Rica 95 fue la que permaneció en un primer grupo de significancia. Un segundo grupo de significancia lo conformaron las variedades ICATÚ y Oro Azteca. Mientras que las variedades Marsellesa, Sarchimor T-5296 e IAPAR 59, formaron parte del último grupo.

**Cuadro 5. Prueba de comparación múltiple de medias conforme a Tukey para la variable índice de vigor de seis variedades de café.**

Variedad	2019-2020	DMSH <sup>1</sup>	Variedad	2020-2021	DMSH <sup>1</sup>
Oro Azteca	0.8387	A	Costa Rica	0.8155	A
Costa Rica	0.8340	A	ICATÚ	0.7810	AB
Marsellesa	0.8300	A	Oro Azteca	0.7738	AB
ICATÚ	0.8040	AB	Marsellesa	0.7659	BC
IAPAR 59	0.7912	AB	Sarchimor	0.7245	C
Sarchimor	0.7787	B	IAPAR 59	0.7221	C

<sup>1</sup>DMSH= Diferencia Mínima Significativa conforme a Tukey; letras iguales indican que las medias no difieren entre sí.

Cabe destacar que los nudos de las ramas son el asiento único de la fructificación del cafeto, y sólo algunas veces de tallos verticales adicionales, sobre todo en cafetos viejos o cuando la rama principal es dañada severamente (Rena y Maestri, 1986).





## Conclusiones

1. Los datos de rendimiento obtenidos indican que la producción de café cereza presentó diferencias significativas por variedad y tolerancia a roya; el cual sienta las bases de que la variedad es un factor que determina niveles de productividad del cafetal. 2. Las variedades Sarchimor T-5296 y Marsellesa presentaron rendimientos simétricos con su índice de vigor; mientras que Costa Rica 95 presentó buen crecimiento y desarrollando en concomitancia en sus niveles de producción de café cereza. 3. El uso de variedades mejoradas de café, a partir de los grupos genéticos catimores y sarchimores, con características agronómicas sobresalientes, puede permitir en el corto plazo, incrementar los rendimientos unitarios de café en México y propiciar mayor rentabilidad de los cafetales.

## Literatura Citada

- Arcila, P. J. 2007a. Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la finca. p. 145-160. *In*: Sistemas de producción de café en Colombia. Arcila P. J., Farfán V. F., Moreno B. A. M., Salazar G. L. F., Hincapié G. E. (eds.). 1ra Ed. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Arcila, P. J. 2007b. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. p. 21-60. *In*: Sistemas de producción de café en Colombia. Arcila P. J., Farfán V. F., Moreno B. A. M., Salazar G. L. F., Hincapié G. E. (eds.). 1ra Ed. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Arneson, P. A. 2000. Coffee Rust. Plant Disease Lessons. APSnet Education Center. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. [consultado el 25 de julio de 2021]. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalbasidio/pdlessons/Pages/CoffeeRust.aspx>
- Avelino, J. y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>, 47 p.
- Bonilla, A. J. P., J. E. Peinado A., M. A. Urdaneta R. y E. Carrascal G. 2000. Informe nacional sobre el uso y manejo de plaguicidas en Colombia, tendiente a identificar y proponer alternativas para reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Ambiental Sectorial. Bogotá, Colombia. 155 p.
- Bouharmont, P. 1995. La sélection du caféier Arabica au Cameroun (1964-1991). CIRAD. Montpellier, France. 125 p.



- Bustamante, J., A. Sarmiento, A. Casanova, E. Contreras, C. Yañez, C. Romero et al. 2001. Caracterización de resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café (*Coffea arabica* L.) variedad Bramón I. *Bioagro* 13(2):65-70.
- Cadena, G. G. y A. Gaitán B. 2006. Las enfermedades del café: logros y desafíos para la caficultura colombiana del siglo XXI. *Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica)* 77:89-93.
- Carvalho, A. 1988. Principles and practices of coffee plant breeding for productivity and quality factors: *Coffea arabica*. p. 1-42. In: Clarke, R. J. and R. Macrae (eds.). *Coffee*. Vol. 4. *Agronomy*. Elsevier Applied Science. London, UK.
- Díaz, P. G., R. A. Guajardo P. y R. López M. 2013b. Identificación de áreas de alto riesgo para el ataque del hongo causante de la roya anaranjada de café *Hemileia vastatrix*. INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla-S.E. Teocelo. Documento de trabajo. Medellín de Bravo, Ver. 118p.
- Escamilla, P. E. 2007. Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. 254 p.
- Escamilla, P. E. 2016. Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. *Breves de Políticas públicas. Boletín Informativo. Programa Mexicano del Carbono*. Universidad Metropolitana. Ciudad de México, México. S/P.
- Fazuoli, L. C., H. P. Medina F., O. Guerreiro F., W. Gonçalves, M. B. Silvarolla, M. M. Alves L. et al., 2005. Cultivares, linhagens e principais características. *Cafeicultura: a Revista do Agronegócio Café*. <https://revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3595> (consultado el 29 de julio de 2021).
- ICAFÉ (Instituto del Café de Costa Rica). 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. ICAFÉ-CICAFÉ. 1a ed. Heredia, Costa Rica. 193 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/Sitio Experimental Teocelo. Xalapa, Ver. 146p.
- López, M. R., L. E. García M. y M. C. Castillo G. 2013a. Manejo del cafetal. p. 163-206. In: López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico Núm. 34. Medellín de Bravo, Ver.



- López, M. R., G. Díaz P., J.G. Salazar G., L.E. García M. y R. A. Guajardo P. 2013b. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz. 1ª Ed. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 184 p.
- López M. R., J. F. Barrera, N. Pérez Q., E. P. Pinson R. y E. N. Becerra L. 2013. Plagas y enfermedades del café. p. 235-290. In: López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico Núm. 34. Medellín de Bravo, Ver.
- Ramírez, G. E. 1990. Poda del cafeto. p. 159-164. In: Instituto Mexicano del Café-Nestlé (eds.). El Cultivo del Cafeto en México. Editorial La Fuente, S. A. Xalapa, Ver., México.
- Rena, A. B. y M. Maestri. 1986. Fisiología do cafeeiro. p. 13-85. In: Rena, A. B., E. Malavolta, M. Rocha e T. Yamada (eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, Brasil.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2011. Plan de innovación en la cafecultura de México. UACH, Cofupro, AMECAFE, INCA-Rural, Sistema-Producto Café. México D.F. 165 p.
- Suárez, G. y J. Bustamante. 1999. Variedades resistentes: una alternativa para el control de la roya del cafeto. FONAIAP DIVULGA No. 63. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Bramón, Táchira, Venezuela. 3 p.
- Thurston, H. D. 1984. Tropical plant diseases. The American Phitopathological Society. St. Paul, MN, USA. 208 p.
- Van der Vosen H., B. Bertrand y A. Charrier. 2015. Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. Springer Science+Business Media Dordrecht. Published online.
- WCR (World Coffee Research). 2017. Las variedades de café de Mesoamérica y El Caribe. USAID, PROMECAFE. Catálogo. College Station, Texas, USA. 38 p.
- Wellman, L. 1961. Coffee. Botany, cultivation and utilization. World crops Books. London. Inglaterra. 488 p.
- Zamarripa, C. A. y E. Escamilla P. 2002. Variedades de café en México: origen, características y perspectivas. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario de Oriente. Fundación Produce Veracruz, A. C. Huatusco, Ver., México. 39 p.
- Zamarripa, C. A., R. López M. y E. Escamilla P. 2013. Mejoramiento genético y variedades. p. 55-94. In: López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla/Sitio Experimental Teocelo. Libro Técnico No. 34. Medellín de Bravo, Ver.



Zamarripa, C. A., R. López M. y E. Escamilla P. 2018. Mejoramiento Genético de café. p. 3-8  
In: ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). Revista Claridades Agropecuarias: ejemplar 280. El Café en el Sur de México: tradición con gran potencial. Cd. de México. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp> (Última actualización: 12/03/2018; 13:53)



## CONTROL DE ANTRACNOSIS EN POSTCOSECHA DE FRUTOS DE MANGO CON QUITOSANO Y SORBATO DE POTASIO

*Luis Antonio Gálvez Marroquín<sup>1\*</sup>, Misael Martínez Bolaños<sup>2</sup>, Jesús Alberto Cruz López<sup>1</sup>, Rafael Ariza Flores<sup>3</sup>, Rosa Itzel Figueroa Rodríguez<sup>4</sup>, Alba Miriam Ríos Salinas<sup>5</sup> y Cristian Daniel Arias Reyes<sup>6</sup>*

### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar la efectividad del quitosano y sorbato de potasio en el control de antracnosis en postcosecha de frutos de mango cv. Haden. Los tratamientos evaluados fueron: quitosano al 1%, sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%, y la combinación de quitosano más las concentraciones de sorbato de potasio. Como tratamiento testigo se utilizó agua destilada. Se evaluó la incidencia y el diámetro de lesión de antracnosis a los tres, seis, nueve y 12 días después de la aplicación de los tratamientos. Se utilizó diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, en el que tres frutos se consideraron como una repetición. Los datos se analizaron mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y la comparación con la prueba de rango promedio. La incidencia a los 12 días fue mayor en el control (94.47%), mientras los promedios más bajos se registraron en sorbato de potasio al 2.5% y en combinación con quitosano. El diámetro de lesión fue mayor en el control (20.83 mm) y los menores valores en sorbato de potasio al 2.5% (sin lesión necrótica) y quitosano más sorbato al 3.5% (1.21 mm). Estos dos tratamientos tuvieron una efectividad del 100 y 94% de control de la enfermedad, respecto al control. Sin embargo, los frutos tratados con quitosano al 1% y sorbato de potasio al 3.5%, no maduraron normalmente. Sorbato de potasio al 2.5% puede ser una alternativa ecológica para el control de antracnosis en postcosecha de frutos de mango cv. Haden.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valles Centrales. galvezluis2010@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Unidad Administrativa Regional Pacífico Sur.

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de México, Campus Pinotepa Nacional.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma de Chapingo.

<sup>6</sup>Escuela Universitaria Superior de la Costa, Villa de Tututepec, Oaxaca.



**Palabras clave:** *Colletotrichum* sp., inhibición, severidad, cultivar Haden

## Introducción

La antracnosis es una de las enfermedades que causa mayores afectaciones en postcosecha a los frutos de mango, la cual es causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) (Sharma y Kulshrestha, 2015). La enfermedad ocurre en dos fases secuenciales: la patogénica y la saprofitica, la cual provoca manchas negruzcas en la superficie de los frutos, que en ocasiones se limita solo sobre la cáscara o incluso también puede invadir y oscurecer a la pulpa (Siddiqui y Ali, 2014).

De manera general, el control de la antracnosis en frutos de mango en postcosecha, se realiza con el uso de fungicidas sintéticos. Sin embargo, por los requerimientos de los mercados internacionales, el uso de estos productos cada vez es más limitado, por las posibles consecuencias negativas a la salud y al entorno, ocasionadas por la residualidad de componentes tóxicos (Landeró-Valenzuela *et al.*, 2016). Por lo anterior, se han propuesto diferentes alternativas amigables con el medio ambiente para el control de antracnosis, tales como: tratamientos hidrotérmicos, uso de sales inorgánicas, almacenamiento en atmósferas controladas, control biológico, uso de productos de origen orgánico, etc. (Dessalegn *et al.*, 2013).

Entre las alternativas de control postcosecha ampliamente aceptadas, se encuentra el uso de quitosano y sorbato de potasio. Ambos productos han demostrado un efecto inhibitor de la enfermedad en frutos de papaya y mango cv. Tommy Atkins (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2018). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio se determinar el efecto de diferentes concentraciones y combinaciones del quitosano y sorbato de potasio en el control de la antracnosis de frutos de mango cv. Haden.



## Materiales y Métodos

Frutos de mango de la variedad Haden se cosecharon en mayo en la localidad de Rio Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca. Los frutos se seleccionaron de acuerdo a uniformidad de madurez fisiológica y tamaño, y sin presencia de síntomas de antracnosis.

La cepa patogénica (6523) de *Colletotrichum* sp. que se utilizó en este estudio, se obtuvo de inflorescencias de mango con síntomas de antracnosis, colectadas en el municipio de Huehuetán, Chiapas. Se eligió esta cepa por su evaluación previa de su patogenicidad y agresividad (datos no publicados).

En laboratorio los frutos se lavaron con agua corriente, posteriormente se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1.0% por 1 min, triple enjuague con agua destilada estéril y secado con sanitas estériles. A cada uno de los frutos se les realizó un par de heridas de 2 mm de profundidad con una aguja estéril sobre la cáscara en la parte central, con distanciamiento de 4 cm entre cada punto (Zapata-Narváez *et al.*, 2021). Sobre cada herida se colocó un disco micelial de 5 mm de diámetro. Los frutos inoculados se colocaron dentro de charolas plásticas (50 x 35 x 15 cm) y se incubaron en condiciones de cámara húmeda (papel absorbente húmedo en la base) durante 24 h. Después de la incubación, los frutos se sumergieron durante 1 min en una solución de los siguientes tratamientos: quitosano a concentración de 1% (Q1.0), sorbato de potasio a concentraciones de 1.5, 2.5 y 3.5% (SP1.5, SP2.5 y SP3.5) y la combinación de quitosano con las concentraciones de sorbato de potasio (QSP1.5, QSP2.5 y QSP3.5). Como tratamiento testigo se utilizaron frutos con heridas e inoculados con el hongo. Los frutos tratados se dejaron secar a temperatura ambiente por 2 h y se almacenaron a 25°C durante 12 días. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, en el que tres frutos se consideraron como una repetición. Después del periodo de almacenamiento, en cada uno de los tratamientos se evaluó la incidencia de antracnosis sobre los frutos tratados y la severidad de la enfermedad en cada uno de los frutos. La incidencia se determinó a los tres, seis, nueve y 12 días después de la aplicación de los tratamientos, con base al número de frutos con desarrollo de síntomas de antracnosis (en puntos de inoculación) dentro de cada tratamiento, y posteriormente se transformó a valores de porcentaje de incidencia. La determinación de la severidad se realizó mediante las mediciones del diámetro de lesión causada por antracnosis, con un vernier digital.



Los resultados de incidencia y severidad se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis y una comparación de rangos promedio ( $p = 0.05$ ), debido a que los errores no se distribuyeron normalmente.

## Resultados y Discusión

La incidencia de antracnosis en los frutos de mango cv. Haden tratados con los productos orgánicos fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) durante el periodo del estudio. A los tres días después de la aplicación de los tratamientos, el mayor rango promedio de incidencia se registró en el tratamiento control, mientras la menor, en sorbato de potasio al 2.5% (Cuadro 1 y Figura 1). A partir del sexto día, no se registraron cambios en la incidencia de la enfermedad. El control positivo nuevamente presentó el mayor rango promedio de incidencia, mientras que, sorbato de potasio al 2.5% y quitosano más sorbato de potasio al 3.5%, los valores más bajos.

**Cuadro 1. Incidencia de antracnosis (%) en frutos de mango cv. Haden tratados con quitosano, sorbato de potasio solo y en combinación, durante 12 días de almacenamiento a 25°C.**

Tratamiento	3 ddat		6-12 ddat	
	Media	RX	Media	RX
SP1.5	44.43	16.83 bc	72.20	18.33 bc
SP2.5	0.00	5.00 a	0.00	4.50 a
SP3.5	22.20	10.67 ab	22.20	9.83 b
Q1.0	50.00	17.67 bc	77.77	18.00 bc
QSP1.5	27.77	12.33 ac	50.03	13.83 ac
QSP2.5	11.10	7.83 ab	11.10	7.17 ab
QSP3.5	5.57	6.67 ab	5.57	6.17 a
Testigo	91.67	23.00 c	94.47	22.17 c

ddat = Días después de la aplicación de tratamientos; RX = Rango promedio; SP1.5, SP2.5 y SP3.5 = Sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%; Q1.0 = Quitosano al 1.0%; QSP1.5, QSP2.5 y QSP3.5 = Quitosano al 1% más sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%. Letras iguales indican que las medias no difieren significativamente al nivel 5%, según comparaciones múltiples no paramétricas.

El diámetro de lesión causado por *C. gloeosporioides* en frutos de mango cv. Haden fue diferente ( $p < 0.05$ ) durante el periodo de estudio. Con el tratamiento control se tuvo el mayor





diámetro de lesión a los tres, seis y nueve días, hasta alcanzar 2.08 cm en el día 12 del estudio, mientras que, los valores más bajos se obtuvieron con sorbato de potasio al 2.5% y quitosano al 1% más sorbato de potasio al 3.5% (Cuadro 2 y Figura 1). Estos dos tratamientos tuvieron una efectividad de 100 y 94% de control de la enfermedad, respecto al control positivo. No obstante, la cáscara de los frutos tratados con quitosano solo y combinados con sorbato de potasio, no alcanzaron el color característico de la variedad, que es amarillo con trazas de color rojo (Figura 1).

**Cuadro 2. Diámetro de lesión de antracnosis (mm) en frutos de mango cv. Haden tratados con quitosano, sorbato de potasio solo y en combinación, durante 12 días de almacenamiento a 25°C.**

Tratamiento	3 ddat		6 ddat		9 ddat		12 ddat	
	Media	RX	Media	RX	Media	RX	Media	RX
SP1.5	2.36	18.33 bc	6.42	18.33 cd	10.94	19.33 c	16.87	19.33 c
SP2.5	0.00	5.00 a	0.00	4.50 a	0.00	4.50 a	0.00	4.50 a
SP3.5	0.97	10.33 ab	1.99	9.50 ac	3.13	9.50 ac	4.75	9.83 ab
Q1.0	1.76	15.00 ac	5.01	17.00 bd	8.07	17.50 bc	12.90	17.50 bc
QSP1.5	0.98	11.00 ab	3.03	13.67 ad	4.88	13.33 ac	6.81	13.33 bc
QSP2.5	0.54	8.67 ab	0.99	7.00 ab	1.54	7.00 ab	2.09	6.67ab
QSP3.5	0.16	6.67 a	0.51	6.33 ab	0.82	6.33 ab	1.21	6.33 ab
Testigo	4.69	22.00 c	8.36	21.33 d	11.83	20.33 c	20.83	20.33 c

ddat = Días después de la aplicación de tratamientos; RX = Rango promedio; SP1.5, SP2.5 y SP3.5 = Sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%; Q1.0 = Quitosano al 1.0%; QSP1.5, QSP2.5 y QSP3.5 = Quitosano al 1% más sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%. Letras iguales indican que las medias no difieren significativamente al nivel 5 %, según comparaciones múltiples no paramétricas.

El control de la antracnosis mediante el uso de quitosano funciona de manera inhibitoria, ya que, evita el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* (Berumen-Varela *et al.*, 2015). En frutos de papaya, una concentración de 1.5% de quitosano redujo hasta en 70% la esporulación e inhibió completamente la germinación de conidios (López-Mora *et al.*, 2013). La inhibición se debe a que los grupos amino libres del quitosano producen cambios en la permeabilidad celular, desequilibrios celulares homeostáticos iónicos de  $K^+$  y  $Ca^{2+}$ , lo que provoca que las hifas se atrofién, deformen y colapsen (Peña *et al.*, 2013). También se ha demostrado que el quitosano induce a la producción de enzimas peroxidasas, que participan en el proceso de defensa e hipersensibilidad contra el ataque de hongos (Zhu y Ma, 2007).



Figura 1. Aspecto de la severidad de antracnosis en frutos de mango cv. Haden tratados con quitosano y sorbato de potasio, solos y en combinación, a los 12 días de almacenamiento a 25°C. SP1.5, SP2.5 y SP3.5 = Sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%; Q1.0 = Quitosano al 1.0%; QSP1.5, QSP2.5 y QSP3.5 = Quitosano al 1% más sorbato de potasio al 1.5, 2.5 y 3.5%; y C+ = Testigo.



Se sabe que diferentes productos a base de potasio, como el sorbato, reducen la presión de la turgencia de los hongos, lo que ocasiona colapso y contracción de las hifas, inhibiendo de esta manera el crecimiento y la esporulación de *C. gloeosporioides* (Palmer *et al.*, 1997). Actualmente, el uso de diferentes sales, junto con recubrimientos comestibles en diferentes frutos de postcosecha, son uno de los métodos más útiles para el control de antracnosis, sin embargo, se afectan los atributos fisicoquímicos y sensoriales de los frutos, esto último también depende de las características propias o específicas de los productos en postcosecha (Martínez-Blay *et al.*, 2020).

## Conclusiones

Sorbato de potasio al 2.5% puede ser una alternativa ecológica, para el control de antracnosis en postcosecha de frutos de mango cv. Haden.

## Literatura Citada

- Berumen-Varela, G., L. D. Coronado-Partida, V. A. Ochoa-Jiménez, M. A. Chacón-López y P. Gutiérrez-Martínez. 2015. Efecto del quitosano en la inducción de resistencia contra *Colletotrichum* sp. en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Investigación y Ciencia* 23(66):16-21.
- Dessalegn, Y., A. Ayalew and K. Woldetsadik. 2013. Integratin plant defense inducing chemical, inorganic salt and hot water treatments for the management of postharvest mango anthracnose. *Postharvest Biology and Technology* 85:83-88.
- Ferreira, E. M. S, C. M. Malta, J. O. Bicalho and R. S. Pimenta. 2018. A safe method to control the anthracnose in papaya. *Rev. Bras. Frutic.* 40(3):1-6 (e-683).
- Gutiérrez-Martínez, P., S. Bautista-Baños, B. Berúmen-Varela, A. Ramos-Guerrero and A. B. Hernández-Ibañez. 2017. *In vitro* response of *Colletotrichum* to chitosan. Effect on incidence and quality on tropical fruit. Enzymatic expression in mango. *Acta Agronómica* 66(2):282-289.



- Landero-Valenzuela, N., F. M. Lara-Viveros, P. Andrade-Hoyos, L. A. Aguilar-Pérez and G. J. Aguado. 2016. Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. REMEXCA 75(5):1189-1198.
- López-Mora, L. I., P. Gutiérrez-Martínez, S. Bautista-Baños, L. F. Jiménez-García and H. A. Zavaleta-Mancera. 2013. Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano en *Alternaria alternata* y en la calidad del mango 'Tomy Atkins' durante el almacenamiento. Revista Chapingo. Serie Horticultura 19(3):315-331.
- Martínez-Blay, V., M. B. Pérez-Gago, B. de la Fuente, R. Carbó and L. Palou. 2020. Edible coatings formulated with antifungal GRAS salts to control citrus anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and preserve postharvest fruit quality. Coatings 10(8):1-19.
- Palmer, C. L., R. K. Horst and R. W. Langhans. 1997. Use of bicarbonates to inhibit *in vitro* colony growth of *Botrytis cinerea*. Plant Disease 81(12):1432-1438.
- Peña, A., N. S. Sánchez and M. Calahorra. 2013. Effects of chitosan on *Candida albicans*: conditions for its antifungal activity. BioMed Research International 29:1-15.
- Sharma, M. and S. Kulshrestha. 2015. *Colletotrichum gloeosporioides*: An anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables. Biosciences Biotechnology Research Asia 12(2):1233-1246.
- Siddiqui, Y. and A. Ali. 2014. *Colletotrichum gloeosporioides* (Anthracnose). p. 337-371. In: Bautista-Baños, S. (ed.). Postharvest Decay. Control Strategies. Elsevier.
- Zapata-Narváez, Y. A., L. F. Izquierdo-García, B. L. Botina-Azaín y C. R. Beltrán-Acosta. 2021. Eficacia de antagonistas microbianos y quitina en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en poscosecha de mango cv. Azúcar. Rev. Mex. Fitopatol. 39(2):1-18.
- Zhu, S. J. and B. C. Ma. 2007. Benzothiadiazole or methyl jasmonate induced resistance to *Colletotrichum musae* in harvested banana fruit is related to elevated defense enzyme activities. Journal Horticultural Science and Biotechnology 82(4):500-506.



## REQUERIMIENTOS DE POTENCIA PARA LA APLICACIÓN DE DIFERENTES INTENSIDADES DE LABRANZA PROFUNDA DEL SUELO

*Marco Antonio Reynolds Chávez<sup>1\*</sup>, Martín Cadena Zapata<sup>2</sup>, Juan Antonio López López<sup>2</sup>, Ángel Capetillo Burela<sup>1</sup> y Rigoberto Zetina Lezama<sup>1</sup>*

### Resumen

En la mayoría de los países no desarrollados como México, en la última década existe una tendencia dirigida hacia la baja rentabilidad y productividad de los cultivos, específicamente en granos básicos. Factores como la selección inadecuada de la maquinaria, equipos e implementos para las actividades agrícolas, la falta de capacitación de operadores e innovaciones tecnológicas, son algunos de los principales detonantes que se adicionan a los ya elevados costos de insumos de producción, que limitan en muchos casos, el desarrollo del sector agrícola. Por otra parte, las condiciones edáficas y climáticas desfavorables se acentúan más con el cambio climático; esta situación ha ocasionado cuantiosas pérdidas ecológicas y económicas y un déficit nacional en la producción en granos básicos, por lo que la disponibilidad de información de los requerimientos de potencia para las actividades agrícolas mecanizadas, debe ser imperativa para mejorar el desarrollo de la producción de alimentos de cualquier país. La presente propuesta de investigación tiene como propósito determinar los requerimientos de potencia en la preparación profunda del suelo en cuatro diferentes implementos. Para ello se realizó la evaluación de potencia y la resistencia específica del suelo de cuatro implementos: 1. Arado de cinceles con aletas (prototipo) 2. Arado de cinceles sin aletas (comercial) 3. Arado de discos (tradicional) y 4. Equipo multipropósito (prototipo). Las evaluaciones se realizaron en una prueba continua de 100 m de longitud por el ancho de trabajo del implemento con un total de 2250 datos por repetición. Se realizaron cuatro repeticiones por cada monitoreo del implemento para el cálculo de la fuerza y seis repeticiones para la medición del área disturbada del suelo. Los resultados muestran que la resistencia

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. reynolds.marco@inifap.gob.mx <sup>2</sup>Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



específica del suelo fue superior con el arado de cinceles y los requerimientos de potencia quedaron determinados con un tractor de potencia media.

**Palabras clave:** selección del tamaño del tractor, capacidad de operación por potencia, consumo de combustible

## Introducción

En la mayoría de los países no desarrollados como México, en la última década existe una tendencia dirigida hacia la baja rentabilidad y productividad de los cultivos, específicamente en granos básicos. Factores como la inadecuada selección de los equipos e implementos para las actividades agrícolas, la falta de capacitación de operadores e innovaciones tecnológicas, son algunos de los principales detonantes que se adicionan a los ya elevados costos de insumos de producción que limitan en muchos casos, el desarrollo del sector agrícola.

Durante la última década en nuestro país, la superficie de siembra ha disminuido considerablemente debido a una baja productividad ocasionada por condiciones edáficas y climáticas desfavorables que se acentúan más con el cambio climático; esta situación ha ocasionado cuantiosas pérdidas ecológicas y económicas y un déficit nacional en la producción en granos básicos (maíz, frijol, arroz, soya y sorgo), lo que ha agravado la situación económica y social de los productores agropecuarios (SAGARPA, 2017).

La conservación del recurso suelo es un tema que ha ganado mucho interés en los últimos años debido a la creciente demanda de alimentos para el sector agrícola; de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la demanda en este sector habrá de incrementarse 50% hacia el año 2050 y más del 80% del aumento de la producción para ese año, procederá de las tierras que actualmente se cultivan con ciertos niveles de restricciones (FAO, 2011). Actualmente, 93 millones de hectáreas, equivalentes al 47% del suelo nacional, presentan algún tipo de degradación, ocasionada principalmente por actividades agrícolas, pecuarias y deforestación. A pesar de la importancia de la conservación del suelo y los servicios ambientales que éste ofrece, es evidente la carencia de tecnologías dirigidas a la conservación de la fertilidad física, química y biológica del suelo, que presenten



un enfoque holístico que minimice su degradación y favorezcan la rápida adopción de prácticas sustentables de conservación (INIFAP, 2018). Cabe hacer notar que la tendencia actual de los diversos sistemas de producción está orientada a utilizar el recurso suelo en forma extensiva e intensiva, lo cual ha incrementado su degradación física, química y biológica, en detrimento de su productividad. Frente a esta problemática, es importante generar nuevas prácticas de manejo de cultivo que, además de ser eficientes, puedan ser rápidamente adoptadas por los productores, ya que la limitada aplicación de innovaciones para las prácticas agrícolas del suelo se traduce en elevados costos de producción, limitan el rendimiento y calidad de las cosechas y reducen las posibilidades de hacer sustentable un agro-sistema. Para el caso específico del componente tecnológico de “preparación de suelo”, es importante señalar que muchos de los implementos y equipos fueron diseñados para las condiciones de otros países (Ortiz y Rossel, 2002; Reynolds, 2014). También se debe considerar que en México el 74% de la producción agrícola nacional se cultiva en condiciones de temporal, por lo que sin duda está expuesta al cambio climático y factores que atentan contra la producción, destacando la afectación de la productividad y de los recursos agua, suelo, energía (DOF, 2013).

Para el establecimiento de un cultivo, tradicionalmente se requiere preparar la cama de raíces y la cama de semilla, actividades comúnmente conocidas como labranza primaria y secundaria. Estas operaciones se realizan en forma separada y a veces, dependiendo del tipo manejo, la disponibilidad del equipo y de las condiciones del suelo se realiza una o más veces cada operación, generando costos altos (consumo de combustible, tiempos de operación y de traslado excesivos) y calidad de labor baja, que trae como consecuencia rentabilidad baja y menor superficie de siembra. Por otra parte, generalmente la selección del tamaño y tipo de tractor se hace con el mínimo de conocimiento y referencia técnica de las prestaciones necesarias contra las ofrecidas, por lo que el efecto en la adquisición muchas veces es equivocado y para el caso, trae consigo una serie de factores que limitan y muchas veces condicionan su real valor o función del equipo, lo que termina haciendo más vulnerable la sustentabilidad y la sostenibilidad de la producción agropecuaria.

A nivel mundial, en la producción intensiva de granos básicos, la preparación de suelo es la práctica agrícola que representa los costos unitarios más altos en la producción de alimentos y la que consume mayor cantidad de energía en forma de “combustible fósil” en el mundo



(IDAE, 2006). Entre los años 2010 y 2017, debido al costo creciente de los combustibles casi el 100% de los proyectos agrícolas han reducido su rentabilidad.

Otro factor es el grado de mecanización del campo mexicano; un análisis del escenario nacional realizado por Negrete (2006), permite concluir que: a partir de una frontera agrícola de 24 millones de hectáreas, con una superficie mecanizable de 18.6 millones de hectáreas, se requerirían 360,000 tractores de 50 a 80 caballos de fuerza. Si las suposiciones del escenario son válidas, el parque actual tendría 217,300 tractores activos, lo cual representa el 60% de las necesidades de mecanización. Esto significa que la modernización del campo mexicano va a marcha lenta o en reversa, dado el déficit de tractores, específicamente y adicionando la falta de desarrollo tecnológico e innovaciones para las actividades agrícolas en el establecimiento de los cultivos. De los 238,830 tractores que hay en México, 54% rebasó su vida útil, dado que el mantenimiento y operación resulta costosa, según revela la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2014). Esto significa que se dispone únicamente de maquinaria con poca capacidad de potencia para las operaciones agrícolas de preparación de suelo y labores culturales, limitándose a equipos pequeños.

La presente propuesta de investigación tiene como finalidad determinar la demanda de potencia requerida para la preparación profunda del suelo y el tamaño de tractor a utilizar, para realizar las actividades agrícolas necesarias en la producción de granos básicos.

## **Materiales y Métodos**

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de El Mangal, ubicado en el km 10.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, con coordenadas 19°07'20"N y 96°14'O, en el municipio de Medellín, Veracruz.

### **Características de prueba**

El sitio de prueba se seleccionó de acuerdo con los siguientes criterios: 1. El sitio debe ser un terreno representativo en la medida de lo posible. 2. Se evaluará en terrenos que tengan capas compactadas o en la que se repose mayor tiempo durante su época de estiaje. 3. Las pendientes de los terrenos deben variar en un rango de 1 a 4%. 4. El área de prueba debe ser de al menos 100 m de largo por 50 m de ancho. 5. Debe tener una capa arable de 30 cm como





mínimo. 6. La humedad del suelo debe fluctuar entre 11 y 16%. 7. La densidad aparente debe ser entre 1.2 y 1.4 g/cm<sup>3</sup>.

Durante la prueba no se modificarán las condiciones de operación; esto incluye al operador, el cual deberá realizar las pruebas desde el inicio hasta el final del experimento.

### **Variables de estudio y medición**

Resistencia a la penetración. Esta variable se midió mediante el uso de una sonda electrónica TDR desde el relieve y hasta una profundidad de 0.30 m (estándar internacional ASABE para la aplicación de labranza profunda). Humedad del suelo. Se registró por el método gravimétrico (Topp y Ferré, 2002). Textura del suelo. Para la determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla (análisis mecánico), se utilizó el método de la pipeta o el método hidrométrico de (Bouyoucus), ambos métodos se basan en la proporción diferencial de asentamientos de las partículas del suelo (DOF, 2002; Ortiz 2019).

Área disturbada del suelo. Determinación de la profundidad de labor (para todos los implementos fue a 0.30 m) a través del uso del perfilómetro por el ancho de trabajo de cada uno de los implementos. Arado de cinco cinceles con aletas ancho de trabajo de 2 m, arado de tres discos tradicional 0.75 m, arado de cinco cinceles sin aletas tipo comercial con ancho de trabajo de 2 m y equipo multipropósito preparación primaria y secundaria del suelo = tres cinceles + tándem de rastra con 10 discos y desterronador de picos con ancho de trabajo de 1.2 m.

### **Determinación de la fuerza de tiro**

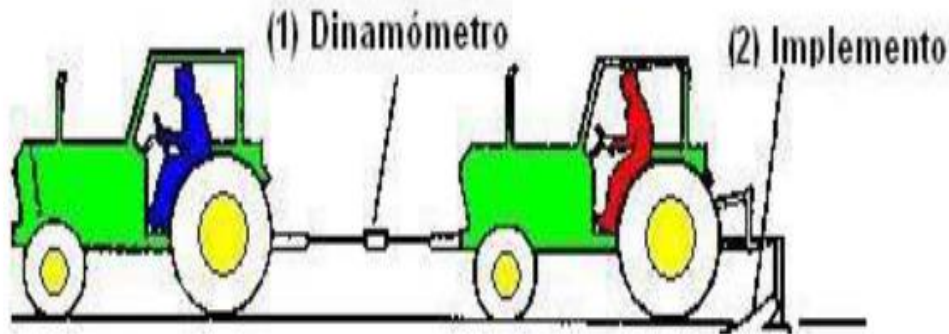
La prueba utilizada actualmente para la determinación de la fuerza de tiro es el método aprobado en México (Norma de Arados NMX-O-182-SCFI-2003), la cual requiere de un dinamómetro de tiro, el cual se coloca entre dos tractores: un tractor con el implemento a evaluar en posición de trabajo, y otro, como fuente de potencia (Figura 1).

### **Análisis de los datos**

Para determinar que herramienta requiere la máxima fuerza requerida y así poder dimensionar el dinamómetro, es necesario conocer la magnitud de las fuerzas de reacción del suelo y su frecuencia correspondiente, para lo cual se realiza un análisis espectral de los datos obtenidos. Un espectro es una relación típicamente representada por una gráfica de la magnitud o valor relativo de un parámetro contra una frecuencia. Para conocer esta información se selecciona el algoritmo de la transformada rápida de Fourier incluida en el programa Matlab; este algoritmo



calcula el espectro de frecuencia de los datos obtenidos, y a partir de aquí se pueda localizar la mayor magnitud ocurrida y su correspondiente frecuencia (Mojica, 2000).



**Figura 1. Fuerza de arrastre de un implemento acoplado al tractor.**

Para la determinación de los requerimientos de fuerza de arrastre en campo se utilizó la metodología de Pliego (2003), utilizando los siguientes elementos para el desarrollo de la evaluación: un dinamómetro, amplificador-acondicionador de señales (DBK-16), un convertidor de señal analógica a digital y una computadora personal. El programa utilizado para la adquisición de datos fue el Daq View 7,11,08 de IOtech, Inc., programa para Ms Windows a través del DaqBook 200 y en donde se guardan en un archivo de Excel para posteriormente ser presentados como datos y como gráficos.

## **Resultados y Discusión**

### **Diagnóstico del sitio y características de prueba**

En el Cuadro 1 se muestran los valores de referencia del sitio al momento del diagnóstico, lo que permite determinar si se aplicará el laboreo profundo del suelo, determinado por los valores mínimos de capas compactas del suelo que están referidos a valores por debajo de 3 MPa y señalados como impedancia mecánica.



**Cuadro 1. Valores referencia del sitio para la aplicación de labranza profunda.**

Variable	Valor de referencia	Variable	Valor de referencia
Clima	AW0	Pendiente	<3%
Precipitación	1,200 mm	RP	>3 MPa
Temperatura promedio	24.5°C	Humedad	16%
Suelo	Vertisol	Da	1.31 g cm <sup>-3</sup>

Rp: Resistencia a la penetración en Mega pascales. Da: Densidad aparente en g cm<sup>-3</sup>

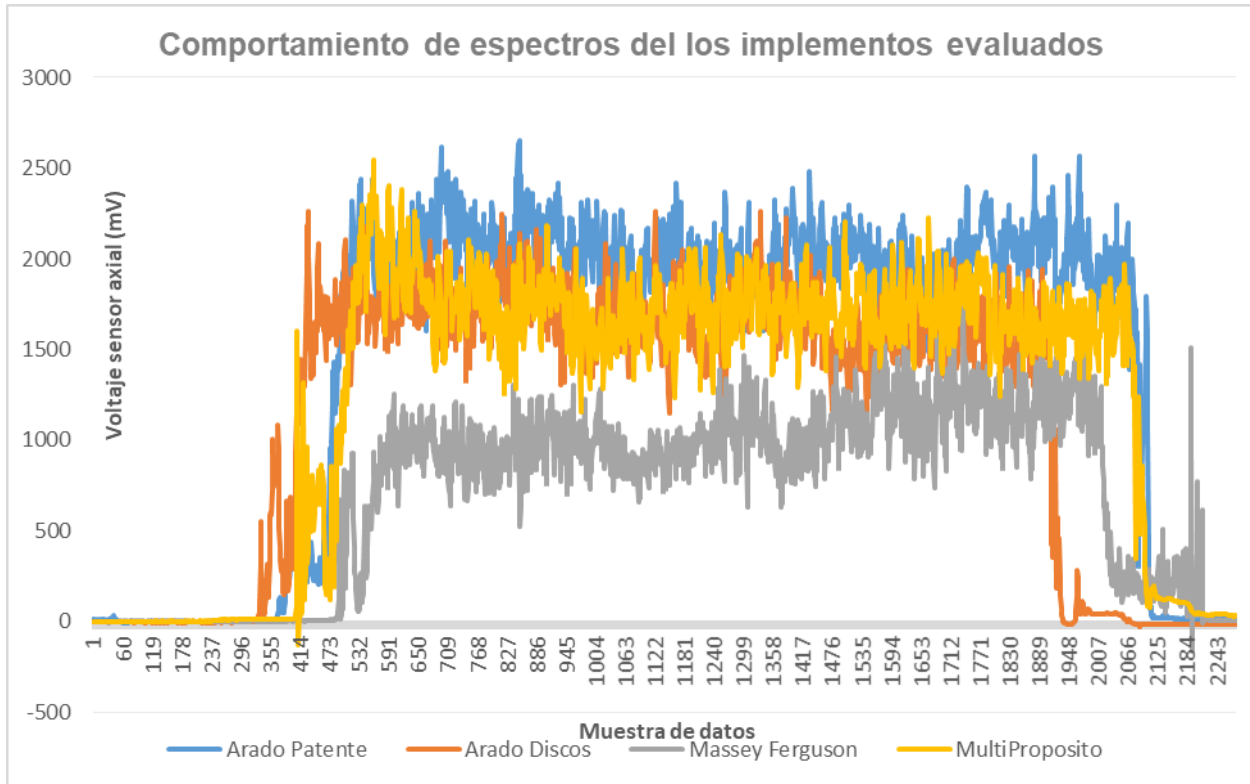
En el Cuadro 2 se observa tanto el resultado de los análisis de datos espectrales realizados para cada uno de los cuatro implementos, como la fuerza de arrastra de cada implemento acoplado al tractor.

**Cuadro 2. Resultados de los análisis espectrales realizados en el software Matlab.**

Análisis de datos espectrales															
	Sin carga (mV)			Arado prototipo (mV)			Arado tradicional (mV)			Massey Ferguson (mV)			Multipropósito (mV)		
	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx
R1	186.5	25.3	211.8	2114.1	108.7	2222.8	1246.8	62.1	1308.9	945.2	52	997.2	1641.7	76.2	1717.9
R2	237.2	30.9	268.1	1998.9	74.5	2073.4	1666.2	99.3	1765.5	1643.6	378.3	2021.9	1825.5	121.8	1947.3
R3				1947.9	104.5	2052.4	1308.2	53.7	1361.9	1037.4	115.7	1153.1	1704	50.6	1754.6
R4				2106.6	76	2182.6	1514.6	145	1659.6	1384.3	219.6	1603.9	1805.9	86.4	1892.3
P	211.8	28.1	239.9	2041.8	90.93	2132.8	1433.9	90.03	1523.9	1252.6	191.40	1444	1744.2	83.75	1828

(mV: milivolts), (valores promedio de la fuerza real del implemento), (s: los picos mas grandes de las frecuencias), (p: promedio de las repeticiones) y (máx: fuerzas máximas de las pruebas obtenidas de x+s).

En la Figura 2 se muestra el comportamiento espectral de los datos obtenidos en campo para todos los implementos, donde se observa que el comportamiento del arado es muy similar al del equipo multipropósito; el equipo arado de cinceles prototipo Cotaxtla fue superior al arado tradicional de discos con respecto a demanda de fuerza.



**Figura 2. Gráfica del comportamiento espectral de los datos obtenidos en campo.**

Para determinar el valor de la fuerza (N), previamente se obtuvo el valor de la constante de deformación del sensor axial en laboratorio como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Newton = 11.80mV \dots\dots\dots \mathbf{Ecuación (1)}$$

Los resultados de fuerza se muestran en el Cuadro 3 para las pruebas realizadas con datos de la fuerza requerida (N) por el tractor más el implemento acoplado.

Los resultados de fuerza real del implemento [(tractor + Implemento) -Tractor] se muestran en el Cuadro 4 para los implementos evaluados, con los valores promedio presentados (x), los espectros o frecuencias más grandes (s), y la suma de ellos que son las fuerzas máximas presentadas durante la prueba. En los resultados presentados son valores del implemento.



**Cuadro 3. Resultados de la demanda de fuerza de implemento evaluado más tractor + el segundo tractor de arrastre usado en la prueba.**

Análisis de fuerza															
	Sin carga (N)			Arado prototipo (N)			Arado tradicional (N)			Massey Ferguson (N)			Multipropósito (N)		
	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx
R1	2200.7	298.5	2499.2	24946.38	1282.6	26229	14712.2	732.7	15445	11153.3	613.6	11766.9	19372	899.16	20271.2
R2	2798.9	364.6	3163.5	23587	879.1	24466.1	19661.1	1171.7	20832.9	19394.4	4463.9	23858.4	21540.9	1437.2	22978.1
R3				22985.2	1233.1	24218.3	15436.7	633.6	16070.4	12241.3	1365.2	13606.5	20107.2	597	20704.2
R4				24857.8	896.8	25754.6	17872.2	1711	19583.2	16334.7	2591.2	18926	21309.6	1019.5	22329.1
P	2499.8	331.5	2831.4	24094.1	1072.9	25167	16920.6	1062.3	17982.9	14780.9	2258.5	17039.5	20582.4	988.2	21570.7

**Cuadro 4. Resultados de la demanda de fuerza real de cada implemento en la aplicación de labranza profunda del suelo.**

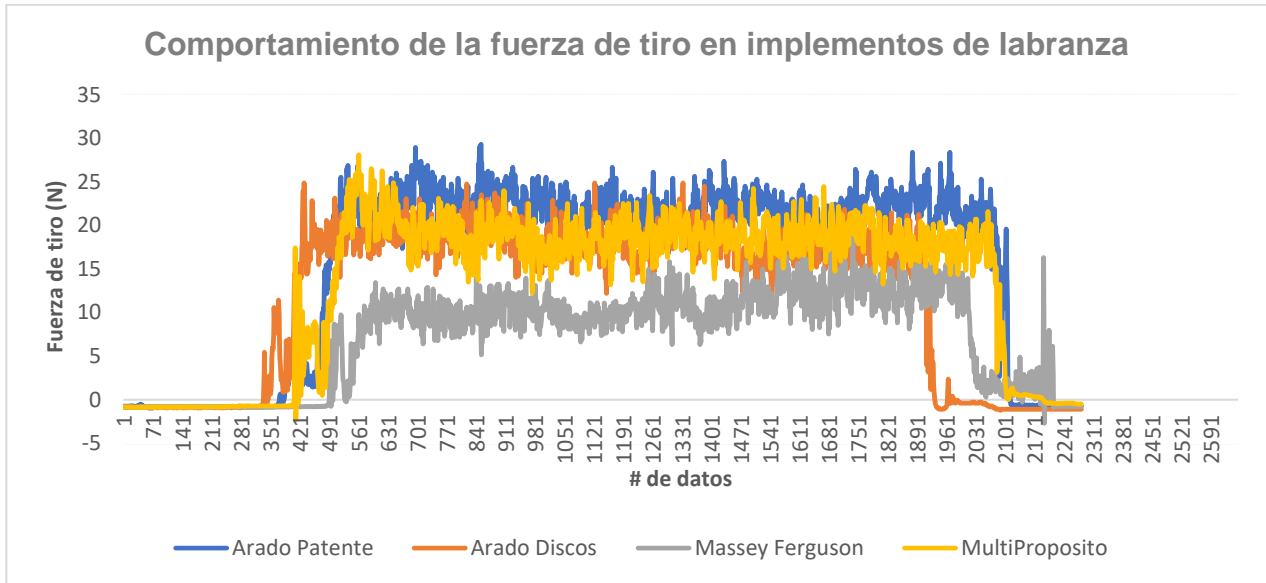
Arado prototipo (N)			Arado tradicional (N)			Massey Ferguson (N)			Multipropósito (N)		
x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx	x	s	máx
22446.5	951	23397.6	12212.4	401.2	12613.6	8653.5	282	8935.5	16872.2	567.5	17439.8
21087.1	547.5	21634.7	17161.3	840.1	18001.4	16894.6	4132.3	21027	19041	1105.6	20146.7
20485.3	901.5	21386.9	12936.9	302	13239	9741.9	1033.6	10775.1	17607.3	265.5	17872.8
22358	565.2	22923.2	15372.4	1379.4	16751.8	13834.9	2259.7	16094.6	18809.7	687.9	19497.7
<b>*21594.30</b>	<b>741.3</b>	<b>22335.6</b>	<b>*14420.7</b>	<b>730.7</b>	<b>15151.5</b>	<b>*12281.1</b>	<b>1926.9</b>	<b>14208</b>	<b>*18082.6</b>	<b>656.6</b>	<b>18739.2</b>

\*Valores reales de la potencia requerida para la labranza profunda con diferentes implementos.

En la Figura 3 se observa que en el comportamiento de las fuerzas en campo para los implementos, el prototipo de arado de cinceles muestra el mayor requerimiento de potencia; también se observa que el arado tradicional de discos y el equipo multipropósito presentan un comportamiento similar en el gráfico y por último, el arado comercial presentó el menor



requerimiento, todos ellos realizando la misma labor y condiciones de prueba, pero con diferentes anchos de trabajo, lo que justifica este comportamiento.



**Figura 3. Comportamiento de las fuerzas en campo para cada uno de los implementos.**

Para la medición de la potencia requerida en los implementos se utiliza la ecuación siguiente:





$$P = v(F_{ti} - F_t) \dots\dots\dots \text{Ecuación (2)}$$

- P** = Potencia necesaria del implemento (W),
- F<sub>ti</sub>** = Fuerza requerida por el tractor más implemento (N),
- F<sub>t</sub>** = Fuerza requerida sólo por el tractor (N),
- v** = Velocidad de desplazamiento (m s<sup>-1</sup>).

La distancia recorrida en las pruebas fue de 100 m y se recorrió en un tiempo promedio de 76.79 s, por lo cual, la velocidad promedio de trabajo fue de 1.3022 m/s. Los resultados de la potencia se muestran en El Cuadro 5 para cada uno de los implementos.



**Cuadro 5. Resultados de la demanda de fuerza de los implementos de labranza.**

Análisis de potencia (W)											
Arado prototipo (N)			Arado tradicional (N)			Massey Ferguson (N)			Multipropósito (N)		
											
x	s	Máx.	x	s	Máx.	x	s	Máx.	x	s	Máx.
29229.8	1238.5	30468.3	15903	522.4	16425.4	11268.6	367.2	11635.8	21971	739.1	22710.1
27459.7	712.9	28172.7	22347.4	1094	23441.5	22000.2	5381.1	27381.3	24795.2	1439.7	26235
26676	1173.9	27850	16846.4	393.3	17239.8	12685.3	1346	14031.4	22928.3	345.7	23274
29114.6	736	29850.6	20018	1796.2	21814.2	18015.8	2942.5	20958.4	24494.1	895.8	25389.9
<b>28120</b>	<b>965.3</b>	<b>29085.4</b>	<b>18778.7</b>	<b>951.5</b>	<b>19730.2</b>	<b>15992.5</b>	<b>2509.2</b>	<b>18501.7</b>	<b>23547.1</b>	<b>855.1</b>	<b>24402.3</b>

En el Cuadro 4 se muestran los datos generales de las pruebas de los requerimientos de la demanda para cada implemento. Por otra parte, en Cuadro 6, se muestran los resultados obtenidos de las variables; fuerza (N), área de disturbada ( $m^2$ ), resistencia específica del suelo ( $N/m^2$ ).

**Cuadro 6. Variables para la determinación de potencia en los implementos evaluados.**

Prueba	Fuerza (N)	Área ( $m^2$ )	*Resistencia específica ( $N/m^2$ )	Potencia (W)
Arado prototipo	21594.30	0.5892	36650.20	28120.09
Multipropósito	18082.62	0.3535	51153.09	23547.18
Arado tradicional	14420.78	0.2006	71888.23	18778.74
Arado comercial	12281.15	0.5571	22044.78	15992.51

(N): Newton. Resistencia específica del suelo: es la fuerza requerida por superficie de suelo removida.

En este cuadro se puede observar que el mayor requerimiento de potencia fue para el arado de cinceles (prototipo), dado que posee el mayor ancho de trabajo y además, utiliza aletas en los cinceles posteriores, seguido del multipropósito, dado que tiene dos secciones más de trabajo; en tercer lugar se colocó el arado tradicional, sólo que aunque su requerimiento de potencia es menor, su ancho de trabajo es muy reducido y finalmente, el arado comercial presenta un buen comportamiento en demanda de potencia, pero produce un área disturbada



menor que el prototipo. Otro punto a discusión de los resultados, se ve claramente en la resistencia específica del suelo, es la fuerza demandada por área movida o preparada del suelo y podemos observar que el arado tradicional con discos o labranza horizontal ocupa la primera posición con una diferencia porcentual muy significativa con respecto a los equipos con cinceles o labranza vertical.

## Conclusiones

La demanda de potencia no sólo se basa en el tamaño de finca o superficie a preparar, sino que debe considerarse la actividad agrícola a desarrollar, específicamente las labores de preparación o labranza del suelo. El mayor requerimiento de potencia fue de 28,120.09 y fue para el prototipo de arado de cinceles con labranza vertical, pero tiene como ventaja la mayor área disturbada del suelo. La labranza profunda con cinceles o vertical fue superior significativamente a la labranza profunda con discos u horizontal en igualdad de condiciones de prueba. Los requerimientos de potencia para la tipología de producción en México es el tractor de potencia media.

## Literatura Citada

- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf> [consultado el 7 de octubre de 2021].
- DOF (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) [consultado el 20 de mayo de 2013].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. Como alimentar el mundo en el 2050. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis\\_papers/C%C3%B3mo\\_alimentar\\_al\\_mundo\\_en\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf) [consultado el 13 de octubre de 2011].





- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2006. Ahorro, eficiencia energética y sistemas de laboreo agrícola. 2ª ed. Madrid, España. 38 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/198> [consultado el 19 de marzo de 2018].
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2018. Programa de Desarrollo del INIFAP, 2018-2030. México, D. F. 227 p.
- Mojica, L. E. D. 2000. Evaluación de discos cortadores de residuos y abre surcos para labranza de conservación, empleando equipo multiusos de tracción animal. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, Ver. México. 200 p.
- Negrete, J. C. 2006. Mecanización agrícola en México. J. C. Regalado Negrete. México D. F. 124 p.
- Ortiz, L. H. y K. D. Rossel. 2002. Desarrollo de la mecanización agrícola y transferencia tecnológica en México. p. 168-175. *In: I Foro Internacional de Mecanización Agrícola y Agroindustrial*. Chapingo, Edo. de Méx., México.
- Ortiz, S. C. A. 2019. Edafología. Ed. Trillas. Alcaldía Benito Juárez, Cd. De México. 399 p.
- Pliego, G. J. 2003. Efecto del índice de desgaste ( $\alpha$ ) en el desempeño de los discos de arado en un suelo franco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ingeniería. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 96 p.
- Reynolds, C. M. A. 2014. Uso de labranza vertical y agricultura de precisión para la optimización de energía en labranza primaria del suelo. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Postgrado en Ingeniería de Sistemas de Producción. Departamento de Maquinaria Agrícola. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 322 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. <http://www.planeacionagricolanacional.mx/basico.html> [consultado el 14 de septiembre de 2017].
- Topp, G. C. and P. A. Ferré. 2002. Thermogravimetric determinations using convective oven-drying. p. 422-424. *In: Dane, J. H. and G. C. Topp (eds.). Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI, USA.



## LOS SABERES Y CONOCIMIENTOS EN SISTEMA MILPA DE ASTACINGA, VERACRUZ Y SU IMPORTANCIA

*Hilario García Martínez<sup>1\*</sup>, Luz del Carmen Quiahua Itehua<sup>2</sup>, Julio Díaz José<sup>1</sup> y Verónica Morales Ríos<sup>1</sup>*

---

### Resumen

Los conocimientos locales, son también llamados conocimiento tradicional, conocimiento campesino y saberes ancestrales, éstos son únicos de cada pueblo, cultura o sociedad y que han sido y seguirán siendo la base para la agricultura en diversas partes del mundo. La agricultura tradicional mexicana se caracteriza por tener una larga tradición histórica, que permitió el surgimiento de toda una civilización, del desarrollo de prácticas agrícolas, así como del uso y manejo de los recursos naturales. Sin embargo, diversos factores externos como el mercado y la tecnología, amenazan con la destrucción de estos saberes indígenas, siendo necesario revalorarlos y darles su importancia. La presente investigación se realizó en 5 localidades del municipio de Astacinga, Veracruz, en los años 2018 y 2019. El objetivo fue describir y analizar los saberes y conocimientos campesinos que se practican en la agricultura tradicional de la zona cuyo propósito es sistematizarlos y recuperarlos. Se utilizó una investigación exploratoria y descriptiva, debido a que es un fenómeno poco estudiado en dicho municipio. Se apoyó de técnicas como la encuesta, entrevista, observación participante y conversación con informantes clave. Las variables de estudio fueron: características generales del productor, unidad de producción familiar, saberes y conocimientos tradicionales. Los resultados encontrados son que el 95% de las familias aún practican la agricultura tradicional mediante la implementación de prácticas y conocimientos como la selección de semillas, el barbecho, la rotación y asociación de cultivos; el descanso del suelo y el uso de calendarios de cultivo, lo anterior se ha ido transmitiendo de generación a generación a través de la práctica y la experiencia. Además, se generan lazos afectivos entre los integrantes de la familia, por lo que, en la unidad de producción familiar además de su reproducción, promueve relaciones

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. m.c.garciah@hotmail.com

<sup>2</sup> Secretaría de Bienestar.



familiares y comunitarias como medios de subsistencia. Sin embargo, esta dinámica, ha sido afectada por fenómenos como la migración, la cual ha generado un cierto desequilibrio en el núcleo familiar, el manejo de sus unidades de producción y en los saberes campesinos. Por lo que el documentar dichos saberes y estrategias campesinas, permite valorarlas y reconocerlas.

**Palabras clave:** unidad campesina, organización productiva, sistematización de experiencias

## Introducción

Los conocimientos locales e indígenas hacen referencia a los saberes, experiencias, las habilidades y filosofías, los valores y aptitudes que han sido desarrollados por sociedades en un tiempo y lugar determinado y a través una larga historia interacción con su medio ambiente y que han sido transmitidas de generación a generación por medio del lenguaje con transformaciones procedentes de experiencias. Se caracteriza por la implementación de estrategias campesinas como la aplicación de policultivos que hacen que sistemas de cultivos sean dotados por una diversidad de especies; lo que permite a los agricultores obtener rendimientos aceptables en una variedad de ambientes. Éstos tienen su origen en lo más profundo de las diversas culturas que están enraizadas en los contextos simbólicos, cognitivos y naturales de su propio ambiente y que además se han adaptado y perfeccionado con el paso del tiempo (León *et al.*, 2016).

En el proceso de la agricultura tradicional, el campesino genera nuevos conocimientos, que son y serán la base de estos sistemas de producción para el manejo de sus recursos productivos y a la conservación de los mismos (Colín *et al.*, 2016). Por su parte (Altieri y Nicholls, 2010) mencionan que la agricultura tradicional ha nutrido cultural, biológica y genéticamente fincas diversas de una solidez y una capacidad de resistencia que les ha ayudado a adaptarse a través de los tiempos a climas que cambian rápidamente, así como a plagas o enfermedades e incluso a las variaciones del mercado.

En México, los problemas agropecuarios regularmente son identificados desde una perspectiva disciplinaria e interpretativa de una realidad no propia en la que se omite la opinión



de los campesinos. En este contexto (Pérez *et al.*, 2014) mencionan que los campesinos se han enfrentado con situaciones adversas como el impacto de la modernización del sector agropecuario, expansión de la industria y las áreas urbanas sobre las rurales, los procesos de mundialización de la economía y los programas de desarrollo.

En el municipio de Astacinga, Veracruz, la mayor parte de la población practica la agricultura de manera tradicional, implementando prácticas, creencias y experiencias campesinas que han acumulado durante muchos en el manejo de sus recursos naturales. Sin embargo, a pesar de que los saberes campesinos tienen un papel fundamental en la agricultura tradicional, no se les da el valor y el reconocimiento que se debe por parte de la población, debido a que no se tienen documentadas, por lo que podrían perderse con el paso del tiempo si no se recuperan y revaloran.

En tal sentido, es de vital importancia reconsiderar los sistemas agrícolas tradicionales que practican los campesinos, siendo necesario conocer las formas de producción de los campesinos, para comprender su forma de concebir las cosas y poder aprender y fortalecer las estrategias de sobrevivencia campesina y mejorando de esa forma las condiciones de vida de la población y sin deteriorar el medio en que viven (León *et al.*, 2016). Por lo que el propósito del presente estudio fue identificar, describir y analizar los saberes, conocimientos y experiencias campesinas que se practican en la agricultura tradicional del municipio de Astacinga, Veracruz, a fin de sistematizarlos, recuperarlos y generar nuevos conocimientos.

## **Materiales y Métodos**

La investigación se realizó durante el mes de marzo del 2018 a mayo del 2019, en las localidades de Astocapa, Tepantla, Mapachica, Cuauhtzoyuca y Macuilquila, del municipio de Astacinga, Ver. Las actividades principales del municipio son la agricultura, cuidado de ganado mayor y menor y aves de traspatio a pequeña escala, así como del comercio y servicios en diversas áreas. Predomina la agricultura de temporal destacándose los cultivos de maíz, chícharo, haba y avena (SIEGVER, 2020).

El tipo de investigación es exploratoria y descriptiva, debido a que es un fenómeno poco estudiado en la comunidad y que busca analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno



y sus componentes, donde lo común es representar los resultados del trabajo mediante una sistematización (Hernandez *et al.*, 2014).

La investigación tuvo un enfoque mixto debido a que se apoyó de técnicas cualitativas y cuantitativas como la encuesta, entrevista, recorridos de campo, observación participante y conversación con informantes clave. Se analizaron variables la unidad de producción campesina, características generales de los campesinos, sistemas de producción y saberes tradicionales. Se diseñó un cuestionario semiestructurado de opción múltiple dividido en 4 secciones (i) Datos generales del productor, ii) Unidad de producción, iii) Características de los cultivos principales, y iv) Pequeños cultivos); previa a su aplicación se realizó una prueba piloto para una mayor efectividad en la colecta de información. Para la determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula de población finita, como se muestra a continuación:

$$n = \frac{Z^2 N pq}{e^2(n - 1) + Z^2 pq} = \frac{121}{1.27} = 95$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z<sup>2</sup> = Nivel de confianza del 1.96

P = 50%

q = 50%

e<sup>2</sup> = Margen de error 5%

Se contempló como informantes clave a los integrantes de las familias como: padres, abuelos, hijos, nietos y todas aquellas personas que de alguna u otra forma tienen o han tenido experiencia en las actividades agrícolas que se realizan. Se realizaron 15 entrevistas a profundidad mediante el uso de un guion semiestructurado con preguntas abiertas. Con la información obtenida se diseñó una base de datos en el programa de Excel 2013, posteriormente se elaboraron gráficos y tablas de frecuencia para su análisis e interpretación, y se utilizó el programa Illustrator Cs6 para el diseño de los calendarios de los principales cultivos. Así mismo, se realizó la transcripción e interpretación de los testimonios obtenidos en las entrevistas.



## Resultados y Discusión

### Características generales del campesino

Se encontró que el 100% de las familias campesinas hablan Náhuatl, se promueve la división del trabajo, por ejemplo: durante el día las mujeres se quedan dentro del hogar para hacerse cargo de las actividades en torno al huerto familiar, el cuidado de los animales de traspatio junto con el apoyo de los hijos, mientras los hombres salen a trabajar en diversas áreas (campo, obreros y servicios) para proveer.

La edad promedio de los campesinos es de 50 años, aunque en la mayoría de las familias los integrantes jóvenes migran hacia otros lugares, en busca de empleo y obtener un ingreso económico que les permita hacerse de satisfactores familiares como la compra de terrenos, construcción de viviendas, alimentación, educación, salud y vestimenta. En este contexto, son los campesinos mayores, los abuelos o en su caso las mujeres los que se hacen cargo de la reproducción de su unidad campesina, en el siguiente testimonio se muestra el sentir de los campesinos:

“Lo único que sembramos ahora es el maíz, apenas una tarea, pues solo somos dos, mi marido que igual ya está viejo como yo, nuestros hijos se fueron a los Estados Unidos, dejándonos solos, ya con la edad que tengo ya no sirvo en el campo. La tierra si da... pero ¿Quién la va a trabajar?” (entrevista a mujer campesina en 2019).

Lo anterior y por la falta de oportunidades obliga a las familias campesinas a que sus integrantes de mano de obra joven, emigran hacia otros lugares, lo que genera que los padres se queden para seguir manteniendo a sus tierras.

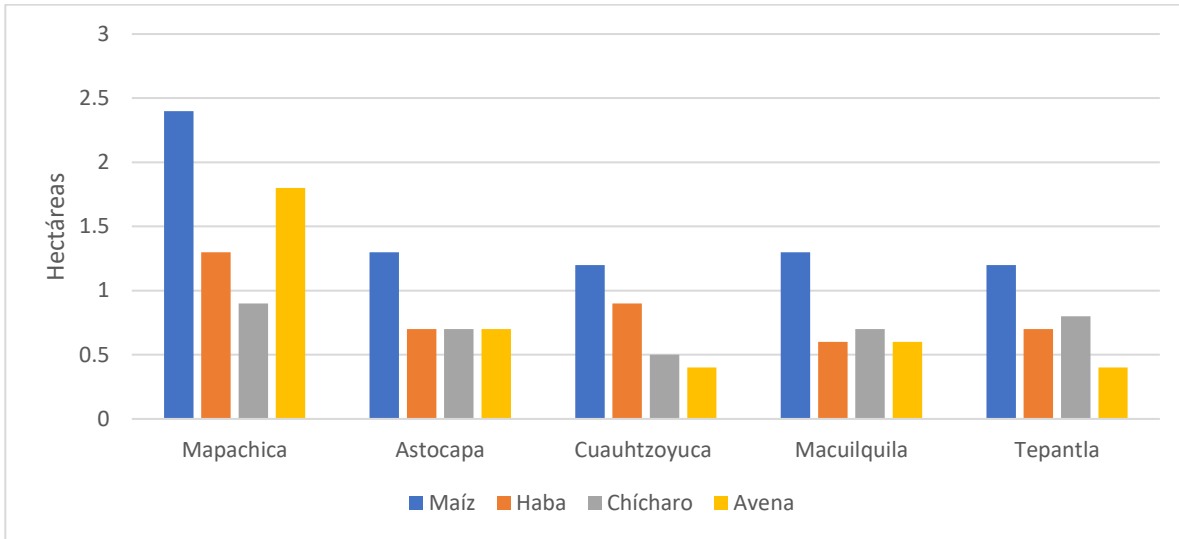
### Características de la unidad de producción familiar

La superficie promedio de la unidad de producción en las principales localidades del municipio de Astacinga es de 3.82 ha, de los cuales el 39% es destinado para el cultivo de maíz, el 22% para el haba, el 19% para el chícharo y el 20% para el cultivo de avena (Figura 1).

De acuerdo con la figura anterior el cultivo que más se destaca en el municipio es el maíz, sin embargo, según testimonios encontrados, en los últimos años tienen una baja productividad dada la baja fertilidad de los suelos y falta de un buen manejo del cultivo. No así para el caso de los cultivos del haba y chícharo ya que se desarrollan y producen bien según los productores



y fundamentan que se debe a las condiciones del clima, aunque sí observan los cambios como se describe a continuación:



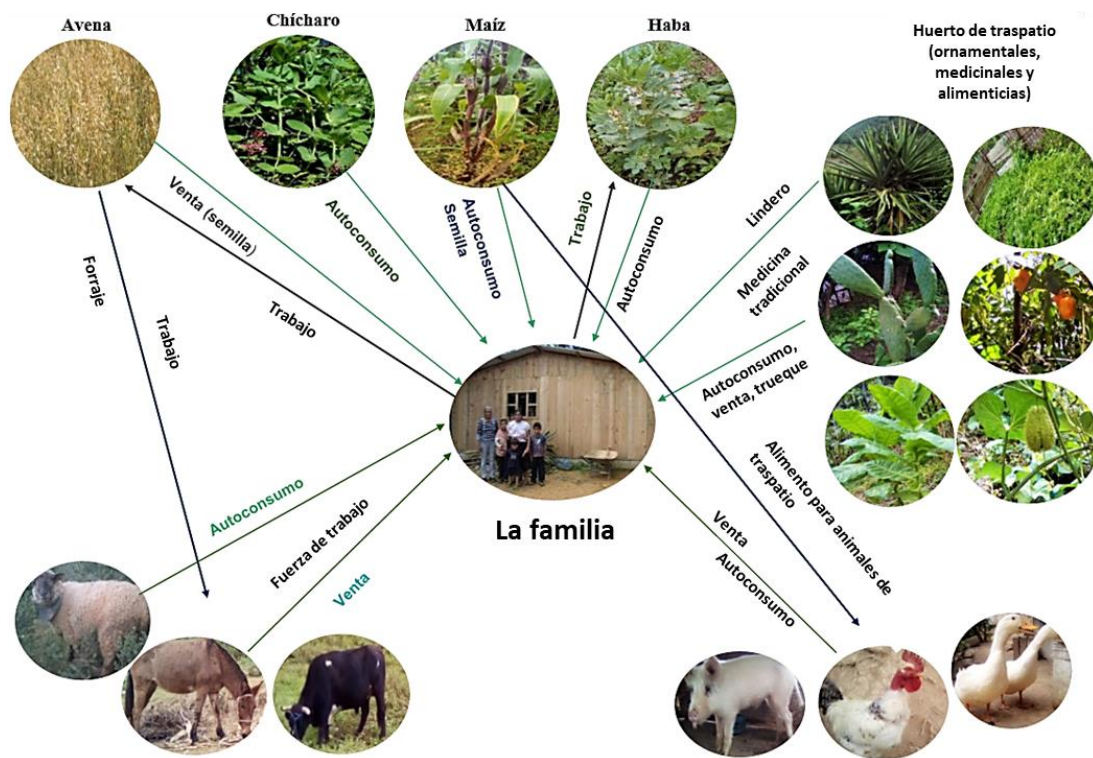
**Figura 1. Superficie promedio de los principales cultivos en la unidad de familiar de Astacinga, Ver.**

“Todo ha cambiado, cuando yo era una niña veía los cultivos de haba, chícharo, garbanzo y trigo. La comida no faltaba, con un puño de habas tostadas era suficiente, éramos felices ayudando a nuestros padres al trillado del trigo y a la molienda de pinole que se obtiene del grano de chícharo y de semillas de la calabaza” (entrevista a mujer campesina en 2018).

La unidad de producción campesina en las comunidades estudiadas es un espacio que no solo es para abastecerse de alimentos, sino que también en ella se desarrollan y crecen como familias y que, además, toman decisiones para realizar diversas actividades. En este escenario, la familia es el eje fundamental del manejo y reproducción de la unidad campesina, es la que provee de mano de obra principalmente, siendo el jefe de familia el responsable directo sobre la organización y funcionamiento productivo de estos espacios de trabajo, lo anterior coincide con lo que (Toledo, 2017) afirma que los campesinos están comprometidos en un proceso de producción predominantemente basado en el trabajo de la familia, y consecuentemente, funcional a la vez como una unidad de producción, consumo y reproducción.



En la unidad familiar se implementan estrategias como sistemas de policultivos y asociación como es el caso de la milpa, en la que se obtienen una diversidad de productos y subproductos como: quelites, ejotes, calabazas, guías y flores de calabaza, elotes, hongos, forrajes; además del uso de árboles frutales principalmente de climas templados y fríos; plantas ornamentales y medicinales; árboles para la obtención de madera y combustible como el pino, encino y elite; así como la crianza y manejo de animales bovinos, ovinos, de carga, porcinos y aves de traspatio. Lo que se obtiene de en su mayoría es para el autoconsumo y en caso de algún excedente, se vende o intercambia localmente (Figura 2).



**Figura 2. Ejemplo de unidad de producción familiar de Astacinga, Ver.**

La mujer también tiene un papel fundamental para el funcionamiento de la unidad, debido a que ella es la responsable del cuidado de los animales de traspatio y del manejo del huerto familiar; además apoya a los hijos pequeños en las tareas y actividades escolares. Los huertos se encuentran generalmente alrededor del solar, en ella combina y asocia una serie de especies con fines alimenticios, ornamentales y medicinales. Los niños regularmente apoyan en algunas tareas sencillas tanto en las viviendas como en el campo, sin embargo, en una

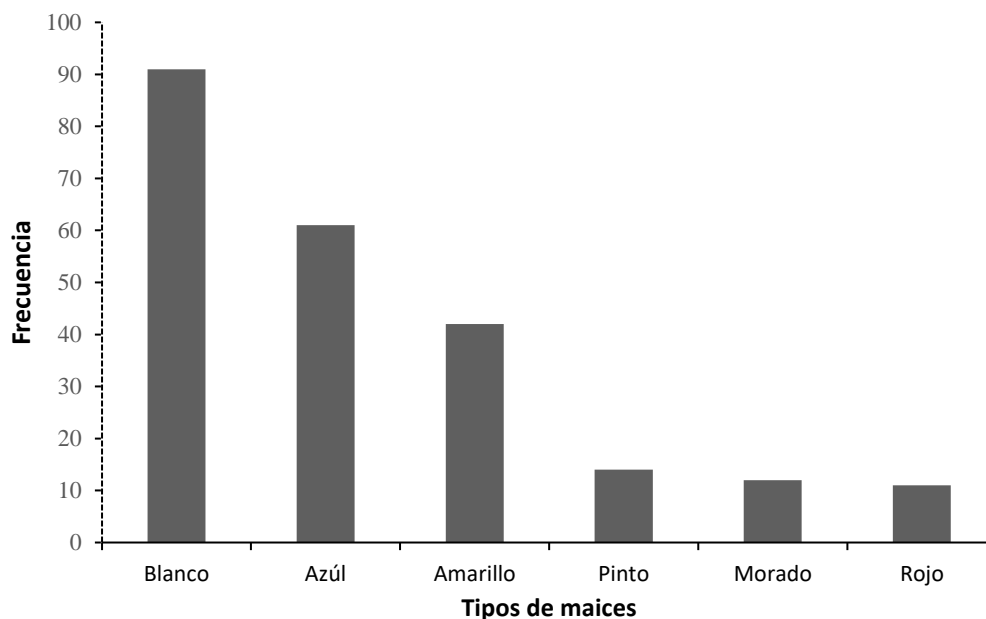




reflexión realizada con los campesinos, describen que los niños de ahora ya son diferentes, debido a que ya no tienen gran interés en apoyar a algunas labores productivas que la familia requiera. Lo anterior expuesto coincide con lo que (Landini, 2011) afirma, que las unidades familiares campesinas son un sistema que representa un modelo holístico, en la que interactúan diversos factores y componentes para su reproducción.

### **Saberes en torno al cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**

En el sistema milpa de Astacinga, se conservan al menos 6 tipos de maíces criollos que los campesinos clasifican e identifican de por sus colores, siendo los maíces blanco y azul, los que las familias, cultivan y conservan con mayor frecuencia (Figuras 3 y 4).



**Figura 3. Tipos de maíces criollos de Astacinga, Ver.**

De acuerdo con las entrevistas a profundidad, el maíz blanco tiene un mayor rendimiento y sabor en la elaboración de las tortillas, buen sabor en la preparación de bebidas tradicionales (atole de ceniza) y tamales tradicionales (tamales agrios), granos de buen tamaño y una mayor resistencia a los cambios del clima y a la presencia de ciertas plagas. Por su parte el maíz azul también es preferido por su tener una consistencia suave en las tortillas, buen sabor y aroma, sin embargo es muy propenso a plagas y a los cambios bruscos de temperatura.



Así mismo los tipos de maíces son llamados también por su lengua natal que es el náhuatl, lo que significa que se tiene un gran arraigo entre la cultura y el uso y manejo de los recursos naturales como es el caso del maíz.



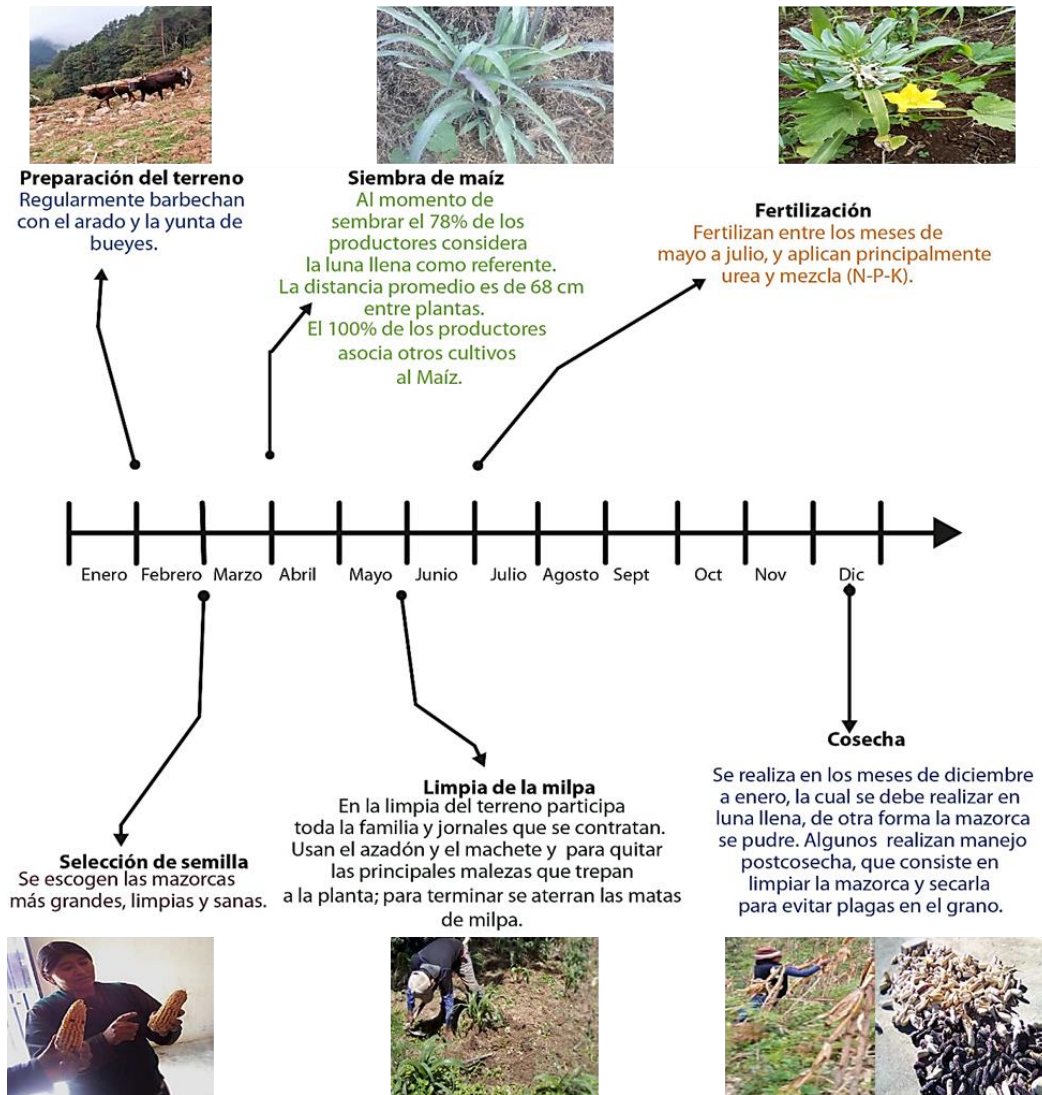
**Figura 4. Nombres locales de los maíces criollos de Astacinga, Ver.**

Una de las actividades productivas de gran importancia entorno al maíz es la siembra, ya que se concibe como algo sagrado, para ello, se escogen las gallinas más grandes para la preparación de los alimentos y si el terreno a sembrar es nuevo o haya sido descansado, se realiza un ritual denominado “Xochitlalis” lo cual consiste en pedirle permiso a la madre tierra para poder sembrar en ella y que permita obtener buena cosecha, sin embargo, esta práctica la realizan solo el 44% de las familias, debido a la inserción a la comunidad de sectas religiosas, falta de personas con experiencia en esta ceremonia (generalmente lo desarrollan campesinos de edad avanzada) y por el desinterés de la productores jóvenes.

Las principales labores realizadas en el sistema milpa van desde la preparación del terreno, selección de semilla, siembra, limpia, fertilización y cosecha (Figura 5). La siembra inicia en el



mes de febrero y termina en mayo, cada familia ya tiene establecido las fechas de siembra y depende de la ubicación de sus parcelas con relación a altura sobre el nivel del mar.



**Figura 5. Calendario agrícola del sistema milpa de Astacinga, Ver.**

Como se observa en el calendario agrícola, el cultivo de la milpa se desarrolla de manera tradicional, destacándose las siguientes estrategias campesinas: uso de la tracción animal y el arado para la preparación del suelo, selección de semilla mediante los saberes acumulados a partir de la experiencia, herramientas como el machete y el azadón para la limpia y aporque de la milpa, así como la consideración de las fases de la luna para la siembra y cosecha del maíz; elementos culturales de valiosos de reconocer. En este contexto (Carrera *et al.*, 2012),



afirma que estos calendarios aseguran un uso óptimo de los recursos naturales y de las condiciones que rodean el trabajo en la milpa, por lo que establecen con precisión los momentos adecuados para la realización de cada tarea.

Otra de las estrategias es que los productores hacen la rotación de suelo o simplemente lo dejan descansar de 1 a 3 años; en ese periodo aprovechan el espacio para pastorear al ganado ovino principalmente. Así también la agricultura tradicional de la zona se caracteriza por establecimiento de policultivos y la asociación de ciertas especies de interés, el 95 % de los campesinos realizan esta práctica tan importante (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cultivos asociados a maíz en Astacinga, Ver.**

Cultivos asociados a maíz	Frecuencia	Porcentaje
Maíz-calabaza-cempasúchil-plantas medicinales	5	5.26%
Maíz-frijol-calabaza	27	28.42%
Maíz-frijol-calabaza-papa	3	3.16%
Maíz-haba-frijol-calabaza	56	58.95%
Maíz	4	4.21%

En los recorridos de campo se observó que comienzan a involucrar plantas de ornatos y medicinales, con ello aprovechan mejor es terreno y diversifican su producción en beneficio de la familia. Lo anterior concuerda con (Martínez, 2008), en el que afirma que la asociación de cultivos es una práctica fundamental de toda huerta y que ayuda a optimizar el espacio, evita la presencia de malas hierbas que afectan al cultivo y ayuda al enriquecimiento del suelo, lo cual es una práctica tradicional de gran importancia.

## Conclusiones

1. Los saberes campesinos del sistema milpa se encuentran inmersos dentro de las actividades agrícolas tradicionales de Astacinga, Ver., y son indispensables tanto para las familias como para mantenimiento y reproducción de sus unidades, ya que les permite obtener satisfactores para cubrir gran parte de sus necesidades alimenticias principalmente.



2. A pesar de la importancia de los saberes locales, éstos, se encuentran en constante cambio y presión, por fenómenos como la migración, la tecnología, el mercado y la globalización, razón por la que el campesino tiene que buscar alternativas no del todo buenas como el uso de productos químicos para los cultivos, un cierto abandono de las actividades agrícolas y presencia de semillas mejoradas en la región, lo cual ponen en riesgo la preservación de los conocimientos tradicionales y las variedades locales.
3. La unidad de producción familiar mantiene ciertos roles de trabajo en la que participan prácticamente todos los integrantes de la familia, estableciendo lazos de unión y respeto, toman decisiones sobre las estrategias a desarrollar e implementas valores culturales de uso de sus recursos productivos, valiosos de reconocer y valorar.

## **Agradecimientos**

Un agradecimiento muy especial a los campesinos y campesinas de las comunidades de Astocapa, Tepantla, Mapachica, Cuauhtzoyuca y Macuilquila, del municipio de Astacinga, Veracruz, por compartir sus conocimientos y experiencias en torno al sistema milpa, que sin ellos la presente investigación no hubiese sido posible.

Al Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, por las facilidades otorgadas para la realización del presente estudio.

## **Literatura Citada**

Altieri, M. A., and Nicholls, C. I. 2010. Agroecología: Potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de Economía Crítica*, segundo semestre 2010(10), 62-74. Recuperado el 22 de 07 de 2021, de <http://revistaeconomicritica.org/sites/default/files/revistas/n10/4.pdf>

Carrera, G. S., Navarro, G. H., Pérez, O. M., and Mata, G. B. 2012. Calendario agrícola mazateco, milpa y estrategia alimentaria campesina en territorio de Huautepéc, Oaxaca. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(4). Recuperado el 16 de 10 de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722012000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722012000400006)



- Colín, B. H., Monroy, M. R., and Rodríguez, C. J. 2015. Las unidades de manejo tradicional, base de la conservación comunitaria en Morelos, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 22(1). doi:10.5154/r.rchscfa.2014.10.045
- Hernandez, S. R., Fernandez, C. C., and Baptista, L. P. 2014. Metodología de la investigación (Sexta ed.). Mexico: McGraw-Hill interamericana de México, S.A. de C.V. Recuperado el 15 de 06 de 2020, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Landini, F. 2011. Racionalidad económica campesina. (I. d. Aires, Ed.) *Mundo Agrario*, 12(23). Recuperado el 10 de 08 de 2020, de [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/15.pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/15.pdf)
- León, E. Á., Betancourt, P. A., Arias, H. G., y Ávila, A. 2016. Vinculación comunitaria y diálogo de saberes en la educación superior intercultural en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 1-5.
- Martínez, C. R. 2008. Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. *Tecnología en Marcha*, 21(3), 3-13. Recuperado el 30 de 04 de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835774>
- Pérez, S. J., Velasco, O. J., & Reyes, M. L. 2014. Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. *Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 144-157. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32863/Art%20revista%20Jap%20en%20coautor%20J.%20Manuel%20J.%20Jes%20bas%20y%20Laura%20R.%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SIEGVER, S. d. 2020. Cuadernillos municipales 2020. Secretaría de Finanzas y Planeación, Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz . Xalapa, Veracruz: Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2020/12/03/cuadernillos-municipales-2020/>
- Toledo, V. M. 2017. La racionalidad ecologica de la produccion campesina. *La Racionalidad Ecologica de la Produccion Campesina*. Obtenido de *La Racionalidad Ecologica de la Produccion Campesina* Victor M. Toledo Universidad Nacional de México: [https://www.researchgate.net/publication/322136859\\_La\\_Racionalidad\\_Ecologica\\_de\\_la\\_produccion\\_Campesina-Victor-M-Toledo\\_Universidad\\_Autonomia\\_de\\_México?322136859](https://www.researchgate.net/publication/322136859_La_Racionalidad_Ecologica_de_la_produccion_Campesina-Victor-M-Toledo_Universidad_Autonomia_de_México?322136859)



## EFICIENCIA DE PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DEL ÁCARO BLANCO (*Polyphagotarsonemus latus* Banks.) EN CHILE SERRANO

Héctor Cabrera Mireles<sup>1\*</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>2</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>1</sup>, Jacel Adame García<sup>2</sup>,  
Magali Jimenez Jimenez<sup>1</sup>, Cecilia Reyes Loyola<sup>1</sup> y Arturo Andrés García<sup>1</sup>

### Resumen

El ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* es una plaga que causa severos problemas fitosanitarios para los cultivos hortícolas como jitomate y chile, debido a la dificultad en su control y resistencia a plaguicidas químicos. La agricultura protegida a través del sistema de invernadero es una alternativa eficiente para incrementar la producción de chile serrano; sin embargo, las plagas siguen siendo un problema, de tal forma que es necesario la utilización de plaguicidas que sean eficientes y con un bajo o nulo impacto ambiental. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de un plaguicida sintético y dos biológicos para el control del ácaro blanco en dos variedades de chile serrano en condiciones de invernadero y su interacción con tres bioestimulantes. Se utilizó chile serrano Criollo y la variedad Chiser 522, los cuales se establecieron en un invernadero en el Campo Experimental Cotaxtla del Inifap. Se utilizó un diseño factorial con arreglo en bloques al azar, con interacción. Los factores fueron: 1. Plaguicidas con cuatro niveles: I) Oberon®, II) *Isaria javanica* 304, III) *Isaria javanica* 307 y IV) Blanco; 2. Bioestimulantes con cuatro niveles: I) *Trichoderma harzianum* T22® 0.5% + *Rhizophagus intraradices*, II) Genifix®, III) Mix® y IV) Blanco; 3. Días después de la aplicación (dda) con cuatro niveles: 3, 5, 7 y 14 dda. El insecticida Oberon® y bioinsecticida *I. javanica* 307 fueron los que tuvieron los promedios más altos de eficiencia en el control del ácaro blanco *P. latus* en chile serrano en condiciones de invernadero. La eficiencia de los plaguicidas fue mayor en chile serrano Criollo a diferencia de la variedad Chister 522. La interacción del bioestimulante Mix® con el bioinsecticida *I. javanica* 307 fue significativamente

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Cotaxtla. \*Autor por correspondencia: cabo.cabrera50@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván



más eficiente en el control del ácaro blanco en comparación a la interacción del bioestimulante Genifix® con los plaguicidas *I. javanica* 304 y Oberon®.<sup>1</sup>

**Palabras clave:** hortalizas, *I. javanica*, Oberon, plaga, invernadero

## Introducción

El ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks. Acari: Tarsonemidae) es una plaga que causa severos problemas fitosanitarios para los cultivos hortícolas como jitomate y chile, debido a la dificultad en su control y resistencia a plaguicidas químicos (Raudez y Jiménez, 2018; Lugo *et al.*, 2019). Esta plaga es frecuente en sistemas protegidos de producción de chile, donde su tamaño, que varía entre 0.1 a 0.2 mm, dificulta verla a simple vista, por lo cual los productores no detectan su presencia hasta que observan daños en el follaje, flores y frutos, lo que provoca pérdidas económicas y que se incremente la plaga hasta sus niveles más altos, siendo difícil controlarla, además de que son limitados los productos eficientes para su control (Rodríguez *et al.*, 2008; Montoya *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2013).

Para el control de esta y otras plagas en la agricultura se utilizan insecticidas comunes, en su mayoría sintéticos, que cada vez son menos eficientes y contaminan drásticamente al medio ambiente y a la salud pública, debido a sus características de alta persistencia, lenta degradación y alta estabilidad química (Bernardino *et al.*, 2019; Polanco *et al.*, 2019). Por otro lado, en el cultivo de hortalizas existe el riesgo de residuos de plaguicidas (Pérez *et al.*, 2013), ya que el empleo de productos químicos para el control de plagas en ocasiones rebasa los límites máximos permisibles, o bien, se tiene la presencia de varios residuos en un mismo producto, que, aunque estén por debajo de los valores aceptables, al considerar un efecto aditivo el riesgo potencial se incrementa (Pérez *et al.*, 2009). De tal forma que es necesario generar soluciones viables para el control de las plagas, a través del uso de bioplaguicidas (Nava *et al.*, 2012; Murillo *et al.*, 2020) y plaguicidas de última generación (Weber, 2005; Nauen *et al.*, 2008) que sean efectivos y tengan un bajo impacto ambiental. Actualmente existe una tendencia hacia políticas de inocuidad más estrictas y, por lo tanto, al uso de compuestos con menor persistencia y residualidad, que garanticen la calidad establecida en los mercados





(Moreno y López, 2005), ya que los consumidores esperan un suministro constante de alimentos limpios, de alta calidad, sanos y seguros (Atreya, 2006).

En México se tiene una amplia diversidad genética de chile verde, con alrededor de 40 variedades, de las cuales el chile serrano es de los favoritos para consumo en fresco mediante la elaboración de salsas. Por su adaptabilidad, el chile serrano se produce en regiones del país que cubren un amplio rango de condiciones ambientales; sin embargo, los rendimientos alcanzados son contrastantes por los diferentes niveles de tecnología aplicados (Delgado *et al.*, 2014). La agricultura protegida a través del sistema de invernadero, la fertilización y las variedades mejoradas son alternativas eficientes para incrementar la producción de chile serrano (Márquez *et al.*, 2013; Delgado *et al.*, 2014; Monge y Loría, 2018); sin embargo, las plagas siguen siendo un problema, las cuales tienen que ser controladas en el interior de los invernaderos por productos químicos, de tal forma que es necesario la utilización de plaguicidas que sean eficientes y con un bajo o nulo impacto ambiental. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de un plaguicida sintético y dos biológico para el control del ácaro blanco en dos variedades de chile serrano en condiciones de invernadero y su interacción con tres bioestimulantes.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó el chile Serrano Criollo variedad Chiser 522, los cuales se establecieron en un invernadero en los terrenos productivos del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, ubicado en el km 34 de la carretera libre Veracruz-Córdoba. Las condiciones ambientales del estudio corresponden a una planicie costera a 6 msnm con un clima tropical subhúmedo, condiciones que hacen propicio para la expresión de las plagas, especialmente para hortalizas.

### **Invernadero**

El invernadero fue tipo tropical con ventana cenital para favorecer la salida de aire caliente. Domo con cubierta de plástico transparente y laterales de malla blanca antiáfidos. Se aplicó un acolchado plástico blanco-negro, calibre 90. Se formaron camas de siembra a todo lo largo del invernadero, con una altura aproximada de 40 cm y 1.00 m de ancho. Se aplicó el abono orgánico Lombricomposta, producido en el centro de producción de abonos orgánicos del



campo Experimental Cotaxtla. El tratamiento de fertilización química se manejó de forma racional ecológica, aplicando sólo el 50% de este tratamiento.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial con arreglo de tratamientos en bloques completos al azar, con interacción. Los factores fueron:

1. Plaguicidas con cuatro niveles: I) Oberon® (como producto comercial de última generación), II) *Isaria javanica* 304, III) *Isaria javanica* 307 (como insecticidas biológicos) y IV) Blanco (testigo).
2. Bioestimulantes con cuatro niveles: I) *Trichoderma harzianum* T22® 0.5% + *Rhizophagus intraradices*®, II) Genifix® (Cepas de *Bacillus*), III) Mix® (mezcla de cuatro *Trichodermas*: *T. viridae*, *T. aseprellum* y *T. koningii*) y IV) Blanco (testigo).
3. Días después de la aplicación (dda) con cuatro niveles: 3, 5, 7 y 14 dda.

Las variables de respuesta fueron: 1) Eficiencia de los bioplaguicidas para controlar huevo, ninfa y adulto, 2) Eficiencia de los bioestimulantes para controlar huevo, ninfa y adulto y 3) Eficiencia del control en cuatro fechas posteriores a la aplicación de los tratamientos.

### Diseño del muestreo

De cada parcela experimental se muestrearon las dos plantas centrales (parcela útil) de las cuales se tomaron dos hojas, una en la parte superior y la otra de la parte media de cada planta. Las hojas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Campo Experimental Cotaxtla donde se registró el número de organismos, por estado de desarrollo (huevo, ninfa y adulto), clasificándolos en vivos, muertos y micosados. Para los conteos se utilizó un espacio de muestra de 1.44 cm<sup>2</sup>, el cual se colocó en el envés de la hoja, a lo largo de la nervadura central en la región basal de cada hoja.

### Diseño estadístico

Los datos de los muestreos fueron transformados a eficiencia (%) mediante la fórmula de Henderson y Tilton.

$$\text{Eficiencia \%} = \left( 1 - \frac{n \text{ en Co antes del tratamiento} * n \text{ en T después del tratamiento}}{n \text{ en Co después del tratamiento} * n \text{ en T antes del tratamiento}} \right) * 100$$

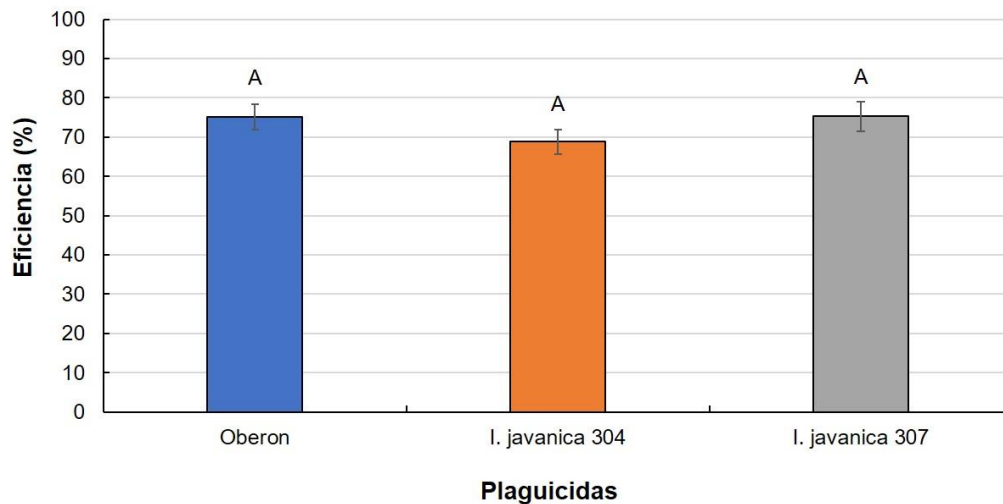


Donde: n=número de insectos, T=tratamiento, Co=control

Para el análisis estadístico se utilizó el programa GLMM univariado, mediante los paquetes estadísticos SPSS® 20 e INFOSTAT®, obteniendo el análisis de varianza de los factores independientes y su interacción. La prueba de medias se realizó con la prueba de Tukey.

## Resultados y Discusión

No se registraron diferencias significativas entre la eficiencia de los plaguicidas en huevo ( $F_{2,362}=2.322$ ,  $p=0.100$ ), ninfa ( $F_{2,121}=3.208$ ,  $p=0.100$ ) y adulto ( $F_{2,133}=1.475$ ,  $p=0.434$ ). En total, tomando en cuenta todas las etapas fenológicas del ácaro, la eficiencia de los plaguicidas fue mayor al 60%, registrándose los promedios más altos con el insecticida sintético Oberon® y el bioinsecticida *I. javanica* 307 (Figura 1).

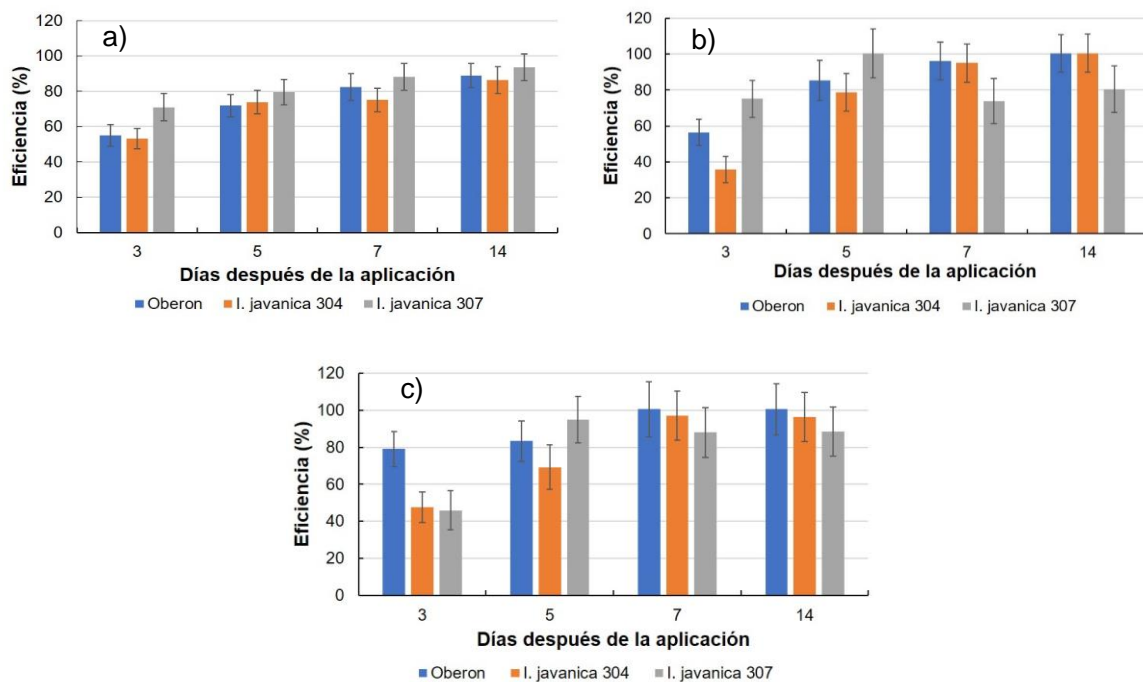


**Figura 1. Eficiencia de plaguicidas en el control del ácaro blanco *P. latus* en dos variedades de chile serrano (Criollo y Chiser 522) en invernadero.**

Sin embargo, cuando se registraron las eficiencias de los plaguicidas tomando en cuenta los días después de la aplicación (dda) en cada una de las etapas fenológicas del ácaro, se puede observar la variación de la eficiencia de los plaguicidas, incrementándose a través del tiempo, registrándose el mayor porcentaje de eficiencia a los 7 y 14 dda (Figura 2). Para el caso de

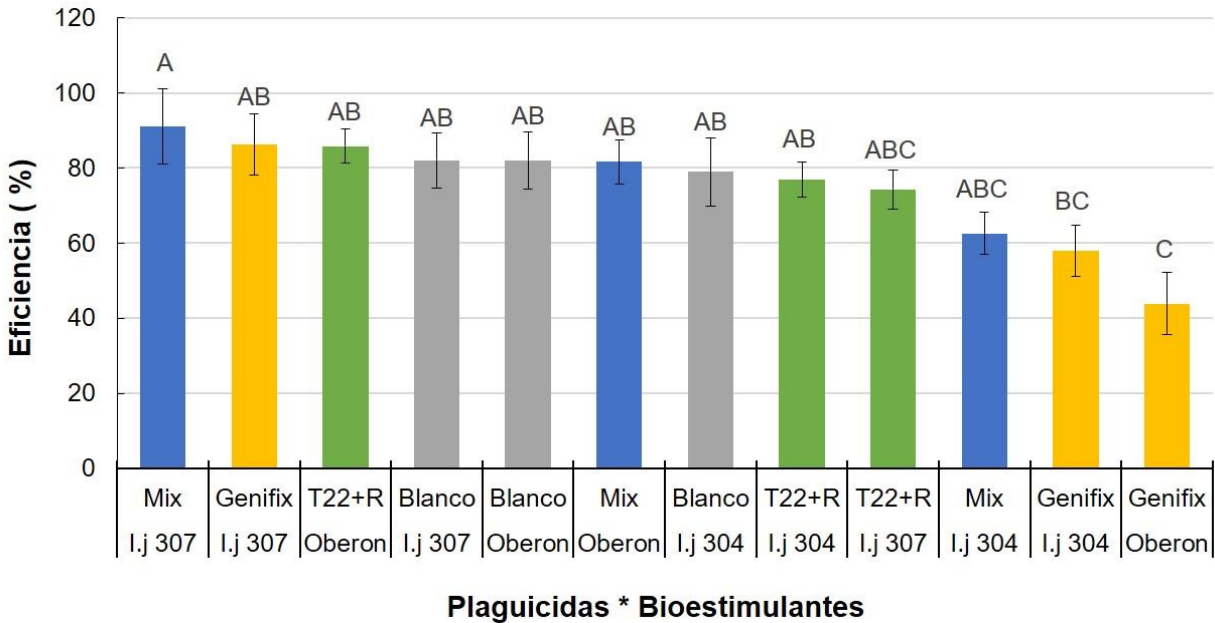


huevos, a los 3 dda el bioinsecticida *I. javanica* 307 tuvo el mayor porcentaje de eficiencia, emparejándose los otros plaguicidas hasta los 7 y 14 dda (Figura 2a). Para las ninfas, *I. javanica* 307 registró las mayores eficiencias a los 3 y 5 dda y reduciéndose a los 7 y 14 dda (Figura 2b), el insecticida Oberon® y el bioinsecticida *I. javanica* 304 fueron muy similares en los promedios de eficiencia (Figura 2b). En el caso de los adultos, el Oberon® respondió mejor que los bioinsecticidas a los 3 dda, los cuales posteriormente se emparejaron en eficiencia con el Oberon® a los 5,7 y 14 dda (Figura 2c).



**Figura 2. Eficiencia de plaguicidas en el control de *P. latus* en dos variedades de chile serrano en invernadero en relación a los días después de la aplicación y etapa fenológica del ácaro, A) huevo, b) ninfa y c) adulto.**

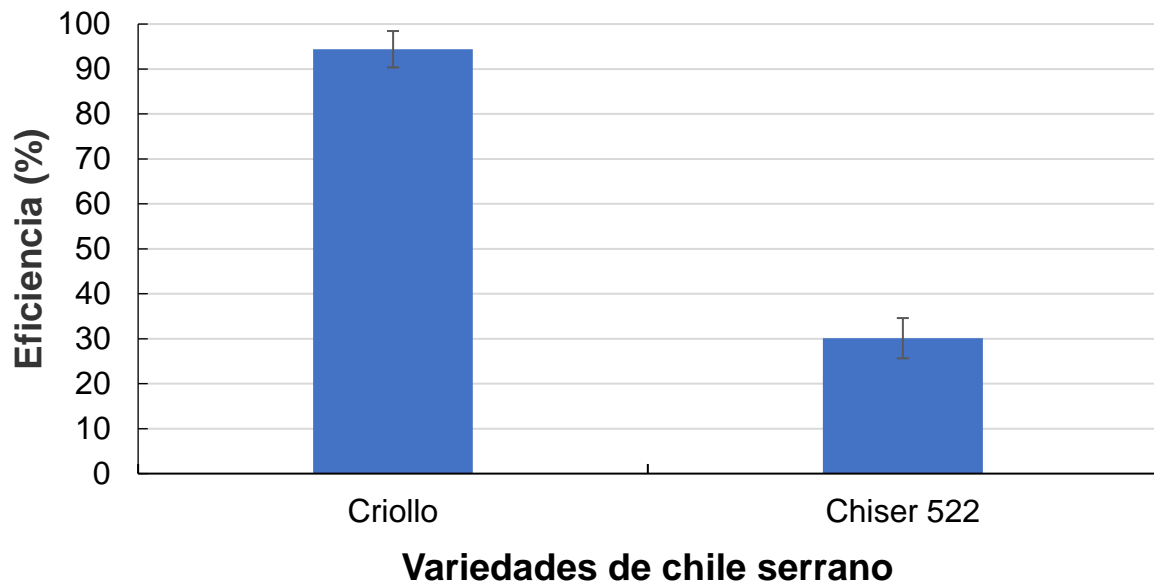
En relación a las interacciones bioestimulante\*plaguicida sólo se registraron diferencias significativas en la etapa de huevo del ácaro ( $F_{6,362}=3.115$ ,  $p=0.005$ ), siendo la interacción Mix® \* *I. javanica* 307 más eficiente que las interacciones Genifix® \* *I. javanica* 304 y Genifix® \* Oberon® (Figura 3). Sin embargo, hay que destacar que la interacción Genifix® \* *I. javanica* 307 fue la que registró promedios más altos de eficiencia junto con la interacción Mix® \* *I. javanica* 307 (Figura 3).



**Figura 3. Eficiencia de la interacción plaguicidas \* bioestimulante en el control del ácaro blanco *P. latus* en dos variedades de chile serrano (Criollo y Chiser 522) en invernadero.**

Cuando se compararon las variedades de chile serrano en relación a la eficiencia de los plaguicidas en cada una de las etapas fenológicas del ácaro, sólo se registró diferencia significativa en la etapa de ninfas ( $F_{1,121}=8.191$ ,  $p=0.005$ ), encontrándose una mayor eficiencia de los plaguicidas en la variedad criollo de chile serrano (>90%) en comparación a la eficiencia de los plaguicidas en la variedad Chister 522 (30%) (Figura 4).

Nuestros resultados corroboran y actualizan los efectos en el control del ácaro *P. latus* por parte del insecticida comercial Oberon®, el cual ha sido reportado en pimiento dulce bajo condiciones protegidas con los niveles más altos de efectividad y menor incidencia y severidad del daño causado por el ácaro (Jiménez *et al.*, 2013; Raudez y Jiménez, 2018). También se ha reportado un efecto del spiromesifen, ingrediente activo del Oberon®, en la disminución de huevos e individuos móviles de araña roja a partir de la primera aplicación y se observa una mayor efectividad al realizarse aplicaciones subsecuentes (Huerta *et al.*, 2017).



**Figura 4. Eficiencia de los plaguicidas en el control del ácaro blanco *P. latus* en dos variedades de Chile serrano (Criollo y Chiser 522) en invernadero.**

Para el caso de los bioinsecticidas, nuestro trabajo aporta evidencias de la eficiencia del entomopatógeno *I. javanica* cepa 307. Sin embargo, es poco lo que se sabe de esta especie de hongo en el control de ácaros, se tienen algunos reportes de alta eficiencia para la especie *I. fumosorosea* en el control de ácaros de la Familia Tetranychidae (Shi *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2014; Andréia *et al.*, 2017). Por otro lado, se ha reportado que *I. javanica* en combinación con aceite de nim es eficiente en el control de mosca blanca en el cultivo de jitomate (Murillo *et al.*, 2020).

Los bioestimulantes agrícolas son sustancias o microorganismos que se aplican a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo (du Jardin, 2015), ya que se sabe que estos estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas y de esta forma pueden tener un efecto de resistencia al ataque de plagas y enfermedades. En cultivos hortícolas ayudan al estrés abiótico (Bulgari *et al.*, 2019) y promueven el crecimiento vegetal y manejo sostenible de nematodos fitoparásitos (D'Addabbo *et al.*, 2019). De tal manera, que se pretende una interacción de sinergia entre los bioestimulantes y los plaguicidas en el manejo de las plagas.



## Conclusiones

1. El insecticida Oberon® y bioinsecticida *I. javanica* 307 fueron los que tuvieron los promedios más altos de eficiencia en el control del ácaro blanco *P. latus* en chile serrano en condiciones de invernadero.
2. La eficiencia de los plaguicidas fue mayor en chile serrano variedad Criollo a diferencia de la variedad Chister 522.
3. La interacción del bioestimulante Mix® con el bioinsecticida *I. javanica* 307 fue significativamente más eficiente en el control del ácaro blanco *P. latus* en comparación a la interacción del bioestimulante Genifix® con los plaguicidas *I. javanica* 304 y Oberon®.
4. El insecticida Oberon® y bioinsecticida *I. javanica* 307 son alternativas eficientes en el control del ácaro blanco *P. latus* por sus porcentajes de eficiencia y por ser productos de bajo y nulo impacto ambiental.

## Agradecimientos

Se agradece al MC. Moisés Ramírez Meraz, investigador del Campo Experimental Las Huestecas del INIFAP, por haber proporcionado la semilla de la variedad de chile Serrano Chiser 522.

Se agradece al INIFAP por los fondos financieros del proyecto “Tecnología de manejo integrado de bajo impacto ambiental para plagas de hortalizas en sistemas tropicales de agricultura protegida. SIGI 1053934196” con el cual se realizó este trabajo.

## Literatura Citada

- Andréia, G. C., L. Johann, C. F. Volken de S. and N. Juárez F. 2017. Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. *Biotemas* 30(1):73-78.
- Atreya, N. 2006. Chemophobia-pesticide residues in food. *Outlooks on Pest Management* 17(6):242.



- Bernardino, H. H. U., R. Mariaca M., A. Nazar B., J. D. Álvarez S., A. Torres D. y C. Herrera P. 2019. Conocimientos, conductas y síntomas de intoxicación aguda por plaguicidas entre productores de tres sistemas de producción agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35(1):7-23.
- Bulgari, R., G. Franzoni and A. Ferrante. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy* 9(6):1-30.
- D'Addabbo, T., S. Laquale, M. Perniola and V. Candido. 2019. Biostimulants for plant growth promotion and sustainable management of phytoparasitic nematodes in vegetable crops. *Agronomy* 9 (616):1-10.
- Delgado, R. G., M. A. Inzunza I., M. M. Villa C., E. A. Catalán V. y A. Román L. 2014. Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(8):1557-1565.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae.* 196:3-14.
- Huerta, P. J., J. F. Solís A., M. A. Tejeda R., S. Ramírez A., J. Luna G., L. Alonso H. *et al.* 2017. Efectividad de acaricidas para el control de araña roja en rosa en Chiautzingo, Puebla. *Entomología mexicana* 4:358-362.
- Jiménez, M. E., M. Izaguirre R. y J. Cantillo M. 2013. Plaguicidas botánicos y químicos para el control del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Bank) (Acarina: Tarsonemidae) en Chiltoma (*Capsicum annuum* L.), Tisma, Masaya. *La Calera* 13(20):9-15.
- Lugo, S. M. Á., R. J. Flores C., N. Isiordia A., G. A. Lugo G. y Á. Reyes O. 2019. Ácaros fitófagos asociados a jitomate en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (7):1541-1550.
- Márquez, Q. C., S. T. López E., P. Cano R. y A. Moreno R. 2013. Fertilización orgánica: una alternativa para la producción de chile piquín bajo condiciones protegidas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(3):279-286.
- Moreno, M. J. A. y M. G. López L. 2005. Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el Valle de Mexicali. *Estudios Fronterizos* 6:119-153.
- Monge, P. J. E. y M. Loría C. 2018. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Posgrado y Sociedad* 16(2):19-38.
- Montoya, A., I. Miranda, Y. Rodríguez, M. Ramos y H. Rodríguez. 2012. Incidencia de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en la producción protegida de pimiento (*Capsicum annuum* L. var Lical). *Centro Agrícola* 39(1):53-58.





- Murillo, C. F. D., H. Cabrera M., J. Adame G., J.A. Fernández V., J. Villegas N., V. López M. *et al.* 2020. Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia* 22(1):39-47.
- Nauen, R., U. Reckmann, J. Thomzik and W. Thielert. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento®) – a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer CropScience Journal* 61(2):245-278.
- Nava, P. E., C. García G., J. R. Camacho B. y E. L. Vázquez M. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai* 8(3):17-29.
- Pérez, M. A., H. Navarro y E. Miranda. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29:45-64.
- Pérez M. A., A. Segura, R. García, T. Colinas, M. Pérez, A. Vázquez y H. Navarro. 2009. Residuos de plaguicidas organofosforados en cabezuela de brócoli (*Brassica oleracea*) determinados por cromatografía de gases. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25:103-110.
- Polanco, R. A. G., T. V. Magaña C., J. Cetz I. y R. Quintal L. 2019. Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola* 46(2):72-83.
- Raudez, C. D. y E. Jiménez M. 2018. Plaguicidas para el manejo del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*, Banks.) (Acarina; Tarsonemidae), en pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones protegidas en Nicaragua. *La Calera* 18(31):61-68.
- Rodríguez, M. H., I. Miranda C., A. Montoya, Y. Rodríguez y M. Ramos L. 2008. Comportamiento poblacional de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en pimiento (*Capsicum annuum* L.) en cultivo protegido. *Fitosanidad* 12(4):215-220.
- Shi, W. B., L. Zhang and M. G. Feng. 2008. Time-concentration-mortality responses of carmine spider mite (Acari: Tetranychidae) females to three hypocrealean fungi as biocontrol agents. *Biological Control, Cambridge* 46:495-501.
- Weber, E. 2005. Behaviour of spiromesifen (Oberon®) in plants and animals. *Bayer CropScience Journal* 58(3):391-416.
- Zhang, L., W. B. Shi and M.G. Feng. 2014. Histopathological and molecular insights into the ovicidal activities of two entomopathogenic fungi against two-spotted spider mite. *Journal of Invertebrate Pathology, Riverside* 117:73-78.



## PLAGUICIDAS PARA EL CONTROL DE ARAÑA ROJA (*Tetranychus urticae* Koch.) EN CHILE SERRANO EN INVERNADERO

Héctor Cabrera Mireles<sup>1\*</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>2</sup>, Andrés Vásquez Hernández<sup>1</sup>, Jacel Adame García<sup>2</sup>, Magali Jimenez Jimenez<sup>1</sup>, Cecilia Reyes Loyola<sup>1</sup> y Arturo Andrés García<sup>1</sup>

### Resumen

La araña roja *Tetranychus urticae* es un ácaro de importancia económica en los cultivos hortícolas. El chile serrano se produce en regiones del país que cubren un amplio rango de condiciones ambientales. Los invernaderos, la fertilización y las variedades mejoradas son alternativas eficientes para incrementar la producción de chile serrano; sin embargo, la arañita roja es un problema como plaga en este cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de un plaguicida sintético y dos biológicos en el control de araña roja en dos variedades de chile serrano en condiciones de invernadero y su interacción con tres bioestimulantes. Se utilizó el chile Serrano Criollo y variedad Chiser 522, los cuales se establecieron en un invernadero en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP. Se utilizó un diseño factorial con arreglo en bloques completos al azar, con interacción. Los factores fueron: 1. Plaguicidas con cuatro niveles: I) Oberon®, II) *Isaria javanica* 304, III) *Isaria javanica* 307 y IV) Blanco (testigo); 2. Bioestimulantes con cuatro niveles: I) T22® 0.5% + *Rhizophagus intraradices*, II) Genifix®, III) Mix® y IV) Blanco (testigo) y 3. Días después de la aplicación (dda) con cuatro niveles: 3, 5, 7 y 14 dda. De cada parcela experimental se muestrearon las dos plantas centrales, de las cuales se tomaron dos hojas, de las hojas se registró el número de organismos por estado de desarrollo. Los datos de los muestreos fueron transformados a eficiencia (%) mediante la fórmula de Henderson y Tilton. El insecticida Oberon® fue el que tuvo el promedio más alto de eficiencia en el control del ácaro *T. urticae* en chile serrano en condiciones de invernadero. La eficiencia de los bioinsecticidas *I. javanica* 307 y 304 fue mayor hasta los 14 dda. La interacción bioestimulante\*plaguicida indicó que los bioestimulantes no contribuyeron al control del ácaro.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Cotaxtla. \*Autor por correspondencia: cabo.cabrera50@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván



**Palabras clave:** hortalizas, *I. javanica*, Oberon, plaga, invernadero

## Introducción

La araña roja *Tetranychus urticae* es un ácaro plaga de importancia económica en los cultivos hortícolas (Lugo *et al.*, 2019). Su presencia y daños en los cultivos se ha incrementado cada vez más debido a la intensificación de los cultivos y el empleo discriminado de acaricidas, lo cual a lleva a una resistencia de esta plaga a los acaricidas sintéticos (Cerna *et al.*, 2005; 2009).

El ácaro *T. urticae* es de tamaño diminuto, las hembras adultas miden alrededor de 0.4 mm de largo, estos pueden atacar cultivos en invernaderos y campo abierto, en zonas tropicales y templadas, producen una fina telaraña sobre y debajo de las hojas. *T. urticae* es extremadamente polífago y puede alimentarse de cientos de plantas, incluyendo la mayoría de las hortalizas y cultivos alimentarios, como chiles, tomates, papa, frijoles, maíz y fresas (Solangi *et al.*, 2015). Esta plaga pone sus huevos en las hojas y representa una amenaza para las plantas hospedantes al succionar el contenido celular de las hojas, dejando pequeñas manchas pálidas o cicatrices donde las células epidérmicas verdes han sido destruidas. Aunque las lesiones individuales son muy pequeñas, el ataque de cientos o miles de arañas rojas puede causar miles de lesiones y, por lo tanto, puede reducir significativamente la capacidad fotosintética de las plantas (Raworth *et al.*, 2002).

El control convencional de la araña roja incluye tratamientos con acaricidas que podrían provocar efectos secundarios indeseables, como la muerte de organismos no blancos (por ejemplo, depredadores), el desarrollo de resistencia a los acaricidas y problemas de residualidad (Draganova y Simova, 2010). En la actualidad los plaguicidas sintéticos son la principal estrategia de control de este ácaro. Sin embargo, debido a su uso intensivo, se ha desarrollado resistencia (Castillo *et al.*, 2020). Hasta la fecha se han reportado más de 450 casos de resistencia contra 92 ingredientes activos (van Leeuwen *et al.*, 2015). En campo la araña roja ha manifestado resistencia a abamectina, endosulfán y oxidemetón metílico en el Valle de Zamora, Michoacán, es la zona productora de fresa (Villegas *et al.*, 2010). Estos



factores combinados hacen de este ácaro una de las plagas más importantes de los cultivos agrícolas.

El chile serrano se produce en regiones del país que cubren un amplio rango de condiciones ambientales; sin embargo, los rendimientos alcanzados son contrastantes por los diferentes niveles de tecnología aplicados (Delgado *et al.*, 2014). Los invernaderos, la fertilización y las variedades mejoradas son alternativas eficientes para incrementar la producción de chile serrano (Márquez *et al.*, 2013; Delgado *et al.*, 2014; Monge y Loría, 2018); sin embargo, la arañita roja es un problema como plaga en este cultivo, la cual tienen que ser controladas en el interior de los invernaderos por plaguicidas que no causen resistencia y que sean consistentes con la demanda de los consumidores de reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente. La utilización de insecticidas de última generación (Randhawa *et al.*, 2020) o agentes de control biológico (Andréia *et al.*, 2017; Raghavendra *et al.*, 2018) que reduzcan el daño ambiental y la resistencia a los plaguicidas, es un paso en el desarrollo de nuevas estrategias o mejoras de las ya existentes que ofrecen una alternativa al control convencional de esta plaga. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de un plaguicida sintético y dos biológico en el control del ácaro araña roja en dos variedades de chile serrano en condiciones de invernadero y su interacción con tres bioestimulantes.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó el chile Serrano Criollo y variedad Chiser 522, los cuales se establecieron en un invernadero en los terrenos productivos del Campo Experimental Cotaxtla del Inifap, ubicado en el km 34 de la carretera libre Veracruz-Córdoba. Las condiciones ambientales del estudio corresponden a una planicie costera a 6 msnm con un clima tropical subhúmedo, condiciones que hacen propicio para la expresión de las plagas, especialmente para hortalizas.

### **Invernadero**

El invernadero fue tipo tropical con ventana cenital para favorecer la salida de aire caliente. Domo con cubierta de plástico transparente y laterales de malla blanca antiáfidos. Se aplicó un acolchado plástico blanco-negro, calibre 90. Se formaron camas de siembra a todo lo largo del invernadero, con una altura aproximada de 40 cm y 1 m de ancho. Se aplicó el abono



orgánico Lombricomposta, producido en el centro de producción de abonos orgánicos del campo experimental Cotaxtla. El tratamiento de fertilización química se manejó de forma racional ecológica, aplicando sólo el 50% de este tratamiento.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial con arreglo de tratamientos en bloques completos al azar, con interacción. Los factores fueron:

1. Plaguicidas con cuatro niveles: I) Oberon® (como producto comercial de última generación), II) *Isaria javanica* 304, III) *Isaria javanica* 307 (como insecticidas biológicos) y IV) Blanco (testigo).
2. Bioestimulantes con cuatro niveles: I) *Trichoderma harzianum* T22® 0.5% + *Rhizophagus intraradices*®, II) Genifix® (Cepas de *Bacillus*), III) Mix® (mezcla de cuatro *Trichodermas*: *T. viridae*, *T. aseprellum* y *T. koningii*) y IV) Blanco (testigo).
3. Días después de la aplicación (dda) con cuatro niveles: 3, 5, 7 y 14 dda.

Las variables de respuesta fueron: 1) Eficiencia de los bioplaguicidas para controlar huevo, ninfa y adulto, 2) Eficiencia de los bioestimulantes para controlar huevo, ninfa y adulto y 3) Eficiencia del control en cuatro fechas posteriores a la aplicación de los tratamientos.

### Diseño del muestreo

De cada parcela experimental se muestrearon las dos plantas centrales (parcela útil) de las cuales se tomaron dos hojas, una en la parte superior y la otra de la parte media de cada planta. Las hojas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Campo Experimental Cotaxtla donde se registró el número de organismos, por estado de desarrollo (huevo, ninfa y adulto), clasificándolos en vivos, muertos y micosados. Para los conteos se utilizó un espacio de muestra de 1.2 cm<sup>2</sup>, el cual se colocó en el envés de la hoja, a lo largo de la nervadura central en la región basal de cada hoja.

### Diseño estadístico

Los datos de los muestreos fueron transformados a eficiencia (%) mediante la fórmula de Henderson y Tilton.

$$\text{Eficiencia \%} = \left( 1 - \frac{n \text{ en Co antes del tratamiento} * n \text{ en T después del tratamiento}}{n \text{ en Co después del tratamiento} * n \text{ en T antes del tratamiento}} \right) * 100$$



Donde: n=número de insectos, T=tratamiento, Co=control

Para el análisis estadístico se utilizó el programa GLMM univariado, mediante los paquetes estadísticos SPSS® 20 e INFOSTAT®, obteniendo el análisis de varianza de los factores independientes y su interacción. La prueba de medias se realizó con la prueba de Tukey.

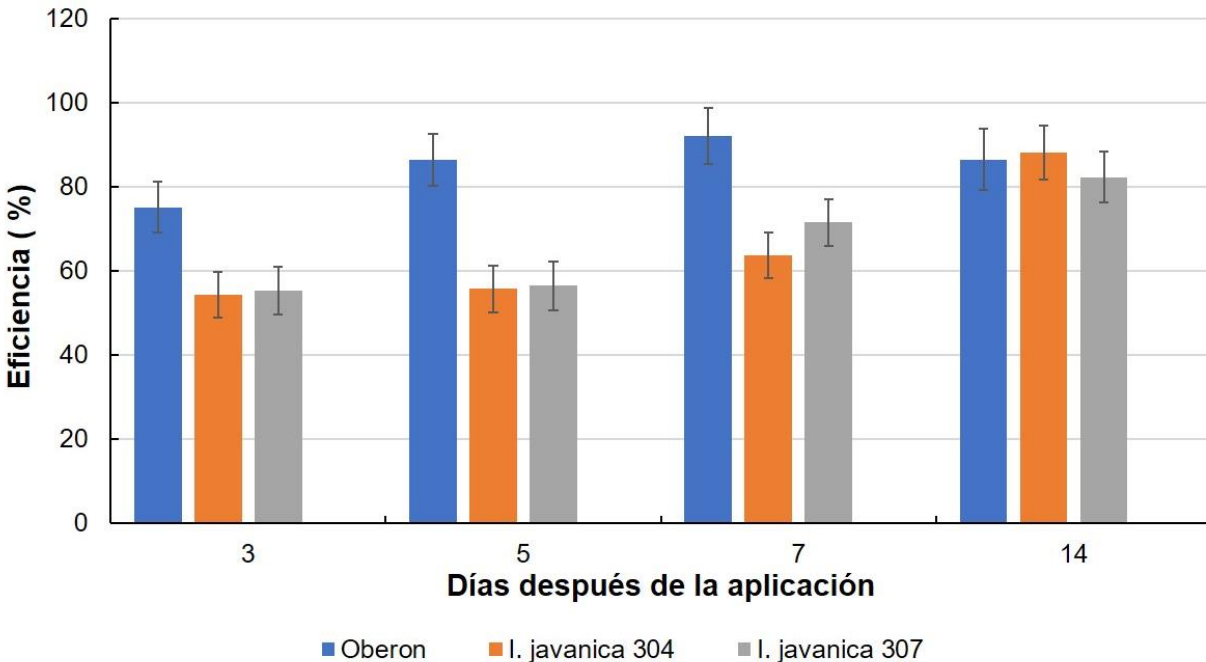
## Resultados y Discusión

Se registraron diferencias significativas entre la eficiencia de los plaguicidas en huevo ( $F_{2,536}=14.837$ ,  $p=0.0001$ ), ninfa ( $F_{2,225}=4.985$ ,  $p=0.008$ ), adulto ( $F_{2,133}=1.475$ ,  $p=0.434$ ) y total de organismos ( $F_{2,583}=12.292$ ,  $p=0.0001$ ). El insecticida Oberon® registro la mayor eficiencia en el control de cada uno de los estados fenológicos del ácaro *T. urticae* (> 90%) y del total de organismos (82.9%) (Cuadro 1), siendo significativamente diferente a los bioinsecticidas *I. javanica* 307 e *I. javanica* 304 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Eficiencia de plaguicidas en el control del ácaro *T. urticae* en dos variedades de chile serrano (Criollo y Chiser 522) en invernadero.**

Plaguicidas	Huevos	Ninfas	Adulto	Total
Oberon®	90.3±3.2 <sup>a</sup>	93.9±7.1 <sup>a</sup>	91.3±3.1 <sup>a</sup>	82.9±2.9 <sup>a</sup>
<i>I. javanica</i> 307	66.5±3.1 <sup>b</sup>	76.3±4.6 <sup>b</sup>	73.1±3.0 <sup>b</sup>	66.6±2.9 <sup>b</sup>
<i>I. javanica</i> 304	72.3±3.1 <sup>b</sup>	69.1±4.8 <sup>b</sup>	64.8±3.0 <sup>b</sup>	64.1±3.3 <sup>b</sup>

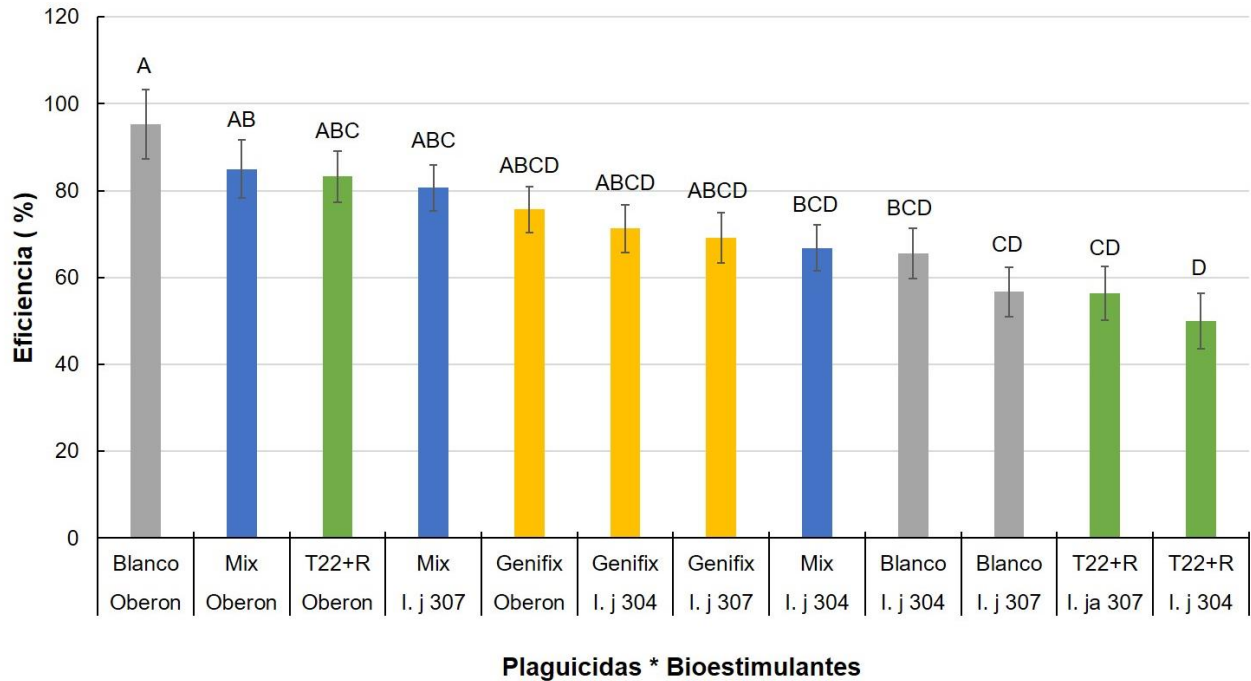
Las eficiencias de los plaguicidas tomando en cuenta los días después de la aplicación (dda) en cada una de las etapas fenológicas del ácaro y total de organismos fue similar. Considerando el total de los organismos, se observó que en cada uno de los días después de la aplicación de los plaguicidas, el insecticida Oberon® fue el que registro el mayor porcentaje de eficiencia a los 3, 5 y 7 dda, y sólo hasta los 14 dda los bioplaguicidas fueron estadísticamente iguales en eficiencia que el insecticida Oberon® (Figura 1). Conforme pasó el tiempo el insecticida Oberon® fue incrementando su eficiencia (>80%) hasta los 7 dda, y posteriormente se redujo a los 14 dda, a diferencia de los bioinsecticidas que iniciaron con una menor eficiencia (< 60%) los primeros días de evaluación y se incrementaron hacia los 7 dda y con un incremento significativo a los 14 dda (>80%) (Figura 1).



**Figura 1. Eficiencia de plaguicidas en el control de *T. urticae* en dos variedades de chile serrano en invernadero en relación con los días después de la aplicación y total de los organismos.**

En relación con la interacción bioestimulante\*plaguicida se registró diferencias significativas utilizando el total de organismos ( $F_{6,583}=2.210$ ,  $p=0.041$ ), observándose que los bioestimulantes no contribuyeron al control del ácaro, ya que la mayor eficiencia se dio con el insecticida Oberon® sin bioestimulante (blanco), que incluso fue más eficiente que los bioinsecticidas en combinación con los bioestimulantes Mix® y T22®+ *R. itraradices* (Figura 2).

Nuestros resultados corroboran y actualizan los efectos en el control del ácaro *T. urticae* por parte del insecticida comercial Oberon®, el cual ha sido reportado disminuyendo poblaciones de este ácaro de 3.4 a 0.48 ácaros por hoja en dos semanas, siendo más efectivo que plaguicidas a base de extractos vegetales como nim y tabaco (Solangi *et al.*, 2015). También se ha reportado reduciendo poblaciones de *T. urticae* a 1.41 ácaros/2 cm<sup>2</sup> de área de la hoja en comparación al testigo 21.01 ácaros/2 cm<sup>2</sup> de área de la hoja (Randhawa *et al.*, 2020). Así mismo, se ha reportado un efecto del spiromesifen, ingrediente activo del Oberon®, en la disminución de huevos e individuos móviles de araña roja a partir de la primera aplicación y se observa una mayor efectividad al realizarse aplicaciones subsecuentes (Huerta *et al.*, 2017).



**Figura 2. Eficiencia de la interacción plaguicidas \* bioestimulante en el control del ácaro *T. urticae* en dos variedades de chile serrano (Criollo y Chiser 522) en invernadero.**

Por otro lado, también se ha comprobado la eficiencia del insecticida Oberon® en el control del ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* en pimiento dulce bajo condiciones protegidas, obteniéndose los niveles más altos de efectividad y menor incidencia y severidad del daño causado por el ácaro (Jiménez *et al.*, 2013; Raudez y Jiménez, 2018). Para el caso de los bioinsecticidas, nuestro trabajo aporta evidencias de una mejor eficiencia de los entomopatógenos *I. javanica* cepa 307 y 305 hasta los 14 dda y una eficiencia de alrededor del 60% a los 3, 5 y 7 dda. Sin embargo, es poco lo que se sabe de esta especie de hongo en el control de ácaros, se tienen algunos reportes de alta eficiencia para la especie *I. fumosorosea* en el control de ácaros de la Familia Tetranychidae (Shi *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2014; Andréia *et al.*, 2017). Por otro lado, se ha reportado que *I. javanica* en combinación con aceite de nim es eficiente en el control de mosca blanca en el cultivo de jitomate (Murillo *et al.*, 2020).





## Conclusiones

1. El insecticida Oberon® fue el que tuvo el promedio más alto de eficiencia en el control del ácaro *T. urticae* en chile serrano en condiciones de invernadero.
2. La eficiencia de los bioinsecticidas *I. javanica* 307 y 304 fue mayor hasta los 14 dda, llegando a ser igual que el insecticida Oberon®.
3. La interacción bioestimulante\*plaguicida indicó que los bioestimulantes no contribuyeron al control del ácaro *T. urticae* en chile serrano en condiciones de invernadero.
4. El insecticida Oberon® es una alternativa eficiente en el control del ácaro *T. urticae* por sus altos porcentajes de eficiencia y por ser productos de bajo impacto ambiental, los bioinsecticidas *I. javanica* 307 y 304 pueden considerarse como una alternativa en el manejo biorracional o sustentable de la plaga considerando sus efectos en el tiempo.

## Agradecimientos

Se agradece al MC. Moisés Ramírez Meraz, investigador del Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP, por haber proporcionado la semilla de la variedad de chile Serrano Chiser 522.

Se agradece al INIFAP por los fondos financieros del proyecto “Tecnología de manejo integrado de bajo impacto ambiental para plagas de hortalizas en sistemas tropicales de agricultura protegida. SIGI 1053934196” con el cual se realizó este trabajo.

## Literatura Citada

- Andréia, G. C., L. Johann, C. F. Volken de S. and N. Juárez F. 2017. Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. *Biotemas* 30(1):73-78.
- Castillo, R. O., A. W. Guzmán, M. T. Santillán G. and F. Tamayo M. 2020. Interaction between predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and entomopathogenic fungi in *Tetranychus urticae* populations. *BioControl* 65:433-445.



- Cerna, C. E., J. Landeros, Y. M. Ochoa F., J. J. Luna R., O. Vázquez M. y O. Ventura L. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. *Investigación y Ciencia* 17(44):4-10.
- Cerna, C. E., J. Landeros, E. Guerrero, A. Flores y M. H. Badii. 2005. Detección de resistencia enzimática por productos sinergistas en una línea de campo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Folia Entomol. Mex.* 44(3):287-295.
- Delgado, R. G., M. A. Inzunza I., M. M. Villa C., E. A. Catalán V. y A. Román L. 2014. Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(8):1557-1565.
- Draganova, S. A. and S. A. Simova. 2010. Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) to Isolates of Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*. *Pestic. Phytomed (Belgrade)* 25(1):51-57.
- Huerta P. J., J. F. Solís A., M. A. Tejeda R., S. Ramírez A., J. Luna G., L. Alonso H. *et al.* 2017. Efectividad de acaricidas para el control de araña roja en rosa en Chiautzingo, Puebla. *Entomología mexicana* 4:358-362.
- Jiménez E., M. Izaguirre R. y J. Cantillo M. 2013. Plaguicidas botánicos y químicos para el control del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Bank) (Acarina: Tarsonemidae) en Chiltoma (*Capsicum annuum* L.), Tisma, Masaya. *La Calera* 13(20):9-15.
- Lugo, S. M. Á., R. J. Flores C., N. Isiordia A., G. A. Lugo G. y Á. Reyes O. 2019. Ácaros fitófagos asociados a jitomate en el Norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(7):1541-1550.
- Márquez, Q. C., S. T. López E., P. Cano R. y A. Moreno R. 2013. Fertilización orgánica: una alternativa para la producción de chile piquín bajo condiciones protegidas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(3):279-286.
- Monge, P. J. E. y M. Loría C. 2018. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Posgrado y Sociedad* 16(2):19-38.
- Murillo, C. F. D., H. Cabrera M., J. Adame G., J. A. Fernández V., J. Villegas N., V. López M. *et al.* 2020. Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia* 22(1):39-47.
- Raghavendra, K. V., C. Chinniah and R. Gowthami. 2018. Evaluation of mycoacaricides against two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch on jasmine (*Jasminum sambac* Ait.). *Journal of Entomological Research* 42(2):217-221.
- Randhawa, H. S., K. Paramjit and Damanpreet. 2020. Bioefficacy of oberon 22.9% (spiromesifen) against red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in okra and effect on its natural enemies. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8(2):1740-1743.



- Raudez, C. D. y E. Jiménez M. 2018. Plaguicidas para el manejo del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*, Banks.) (Acarina; Tarsonemidae), en pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones protegidas en Nicaragua. *La Calera* 18(31):61-68.
- Raworth, D. A., D. R. Gillespie, M. Roy and H. M. Thistlewood A. 2002. *Tetranychus urticae* Koch, twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). p. 259-265. *In*: Mason P. G. & J. T. Huber (ed.). *Biological Control Programmes in Canada, 1981–2000*. CAB International.
- Shi, W. B., L. Zhang and M. G. Feng. 2008. Time-concentration-mortality responses of carmine spider mite (Acari: Tetranychidae) females to three hypocrealean fungi as biocontrol agents. *Biological Control, Cambridge* 46:495-501.
- Solangi, B. K., V. Suthar, R. Sultana and K. Nadeem. 2015. Effect of botanical pesticides against red spider mite *Tetranychus urticae* (Koch) of okra crop. *Pak. J. Entomol.* 30(2):145-153.
- van Leeuwen, T., L. Tirry, A. Yamamoto, R. Nauen and W. Dermauw. 2015. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pestic Biochem Phys* 121:12-21.
- Villegas, E. S. E., J. C. Rodríguez M., S. Anaya R., H. Sánchez A., J. Hernández M. y R. Bujanos M. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia* 44(1):75-81.
- Zhang, L., W. B. Shi and M. G. Feng. 2014. Histopathological and molecular insights into the ovicidal activities of two entomopathogenic fungi against two-spotted spider mite. *Journal of Invertebrate Pathology, Riverside* 117:73-78.



# ESTADO FITOSANITARIO DEL BANANO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS, QUEVEDO, ECUADOR

*Ana Ruth Álvarez Sánchez<sup>1\*</sup>, Aimé Rosario Batista Casacó<sup>1</sup>, Marlon Fernando Monge Freile<sup>1</sup>,  
D. J. Yáñez Cajo<sup>1</sup> y Galdy Hernández Zarate<sup>2</sup>*

---

## Resumen

El país de Ecuador goza de condiciones edáficas y climáticas excepcionales, que han permitido que la agricultura se convierta en una de las principales actividades económicas del país. Comercialmente, cuenta con varias especies de plantas frutales emblemáticas, dentro de las que destaca el banano, que lo ubican como uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial. A pesar de ello, la producción del banano se ve afectada por enfermedades causadas por insectos, microorganismos patógenos y virus, particularmente debido a que crece en ambientes húmedos y a una mala gestión de las plantaciones a nivel de cultivo y poscosecha. El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado fitosanitario del cultivo de banano en la Provincia Los Ríos, Quevedo, Ecuador. Para ello, se realizó una encuesta en 11 de las principales plantaciones de banano de Los Ríos. Además, en cada plantación se colectaron de manera aleatoria, hojas jóvenes (tercio superior) con síntomas o daños ocasionados por plagas y microorganismos fitopatógenos. En el caso de los virus, se realizó la caracterización molecular del virus del rayado del banano (BSV). Los resultados del estado fitosanitario (encuestas) en las fincas de estudio indicaron que las plagas de insectos más recurrentes en el follaje del banano fueron: el gusano cogollero, gusano peludo de la hoja, cochinilla harinosa, picudos negros y nemátodos. En cuanto a hongos, se detectó por análisis foliar la enfermedad de la pudrición de la corona del banano, Sigatoka amarilla y Sigatoka negra. Molecularmente, se detectó la presencia del virus del rayado del banano (BSV) en dos de las plantaciones evaluadas. La presencia de plagas y enfermedades observadas en este estudio, pueden afectar significativamente la producción bananera en la Provincia de Los Ríos.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Finca Experimental "La María", km 7 vía Quevedo-El Empalme, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Programa de Maestría y Doctorado en Agroecosistemas Tropicales, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz, México.



Es fundamental establecer medidas fitosanitarias que permitan disminuir los riesgos de estos agentes patógenos en la región.

**Palabras clave:** enfermedades, fitopatógenos, plagas, RT-PCR

## Introducción

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo (Larrea, 2006; Corral *et al.*, 2017), y se caracteriza por contar con una gran variedad de plantas frutales emblemáticas, de importancia económica y alimentaria dentro de las que destaca el banano, un fruto tropical perenne (Vargas *et al.*, 2018) cuyo cultivo y exportación comenzó a inicios del siglo XX (Arroba, 2003; Gonzabay, 2017). En la actualidad, los principales productores de banano se concentran en el litoral ecuatoriano entre las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro (Informe de Sector Bananero Ecuatoriano, 2017), donde se localiza el 55% de la superficie total de cultivo de banano a nivel nacional (Gonzabay, 2017). De ellas, la Provincia de Los Ríos produce el 35.79% de la producción nacional (Álvarez Morales *et al.*, 2020).

De acuerdo a la FAO, el banano es el fruto más cultivado (165 países) y exportado en el mundo; por su valor nutritivo (carbohidratos, alto contenido de vitaminas K, C, B6 y minerales) representa un alimento básico para más de 400 millones de personas a nivel mundial (Blasco López y Gómez Montaña, 2014; FAO, 2017). Desde 1952, Ecuador es líder en el campo internacional del banano y en la actualidad, es el quinto mayor productor en el mundo y segundo en América Latina, detrás de Brasil (FAO, 2018).

Dentro de las principales variedades de banano que exporta Ecuador, se encuentran Cavendish, Orito o Baby Banana, banano rojo y Barraganete. Localmente para el autoconsumo se producen las variedades Dominico en las provincias de Manabí, Santo Domingo (Álvarez Morales *et al.*, 2020). Para 2018, los ingresos procedentes del banano representaron alrededor del 30% de los ingresos de las exportaciones agrícolas (FAO, 2020), y se estimó que, aproximadamente el 12% de la población está directa e indirectamente involucrada con la actividad bananera (MAGAP, 2015).



A pesar de la relevancia económica y social que representa la industria del banano en Ecuador, las plantaciones bananeras se han visto severamente afectadas por plagas y enfermedades, las cuales representan un factor limitante en la producción. Entre las principales limitaciones fitosanitarias para su producción, se encuentran las enfermedades ocasionadas por: i) plagas por insectos (gusanos, cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y coleópteros como el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) (Yáñez *et al.*, 2019); ii) nematodos (nematodo barrenador (*Radopholus similis*) (Argotti, 2019); iii) bacterias (podredumbre blanda debido a enterobacterias (*Erwinia carotovora*, *E. crisanthema*), mancha roja (*Chaetanaphothrips* sp), moko bacteriano del plátano (*Ralstonia solanacearum*) (Chirinos *et al.*, 2020); iv) hongos (mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc)), y la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) (Villavicencio, 2018); y iv) virus, como el virus del mosaico del pepino (CMV), virus del rayado del banano (BSV, por su siglas en inglés, *Banana Streak Virus*), potyvirus del mosaico de la bráctea del plátano (BBMV), virus de la parte superior del racimo del plátano (BBTV) (Ochoa y Insuasti, 2015; Vizuet *et al.*, 2001). Estos fitopatógenos afectan los órganos que conforman la planta del banano, tales como el sistema radicular como o cepa, el pseudotallo, el tallo floral y los frutos, lo que puede afectar el anclaje de la planta, la absorción y transformación de agua, la disponibilidad de nutrientes y la actividad fotosintética, cuyos efectos consecuentes inciden sobre el rendimiento y la calidad de la producción (Loor-Veliz, 2020; Regalado *et al.*, 2019).

Dada la importancia socioeconómica y alimentaria de las plantaciones bananeras en la Provincia de Los Ríos, Quevedo, Ecuador, el objetivo de este trabajo fue evaluar el estado fitosanitario de 11 plantaciones de banano de la región.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El área de estudio se ubicó en la Provincia de Los Ríos, Quevedo, Ecuador. Se seleccionaron 11 localidades con plantaciones de banano (Cuadro 1). Durante la época de lluvias (noviembre 2019-febrero 2020), en cada plantación se colectaron aleatoriamente muestras de hojas jóvenes (tercio superior) que presentaran daños causados por plagas, microorganismos



fitopatógenos o enfermedades virales (mosaico, aclareo de nervaduras, distorsión y reducción de la lámina foliar, entre otros). Las muestras se depositaron en bolsas de polipropileno (10 x 15 cm), debidamente identificadas y se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología Vegetal del INIAP, para el análisis de fitopatógenos.

### Encuesta

Como instrumento de investigación se utilizó una encuesta (n=11) de preguntas concretas dirigidas a los productores de banano, con el fin de determinar el estado fitosanitario de los cultivos de banano de cada sitio de colecta. Dentro de las preguntas de la encuesta, se incluyeron aquellas relacionadas con la época del año en que se da con mayor frecuencia la aparición de plagas y enfermedades, el tipo de plagas en hojas, raíz y frutos, y el tipo de control químico o biológico utilizado en cada plantación.

**Cuadro 1. Coordenadas de ubicación de sitios de recolecta.**

Número	Finca	Latitud (N)	Longitud (O)
1	La María	01° 06' 28"	70° 27' 13"
2	Ashley	01° 06' 14.9"	79° 34' 26.3"
3	El Saber	01° 06' 55"	79° 32' 18.9"
4	Ramón	01° 05' 23"	79° 33' 39.6"
5	La Cruz	01° 05' 12"	79° 29' 11.2"
6	Azuy	01° 03' 16"	79° 26' 48"
7	Represa	01° 03' 41"	79° 25' 15"
8	El Amanecer	01° 05' 62"	79° 25' 23"
9	El Porvenir	01° 06' 33"	79° 28' 16.1"
10	La Habana	01° 06' 20"	79° 30' 28.9"
11	Sur	01° 03' 14"	79° 29' 33"

### Análisis fitosanitario

Para el análisis de plagas y microorganismos fitopatógenos presentes en plantas con síntomas de infección, las muestras se enviaron al Departamento de Fitopatología de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del Ecuador.



## Detección molecular del virus del rayado del banano (BSV)

### Extracción de ARN total

El ARN total se extrajo utilizando el método comercial (PureLink™ Plant RNA Reagent Invitrogen™), siguiendo las indicaciones de esa técnica. Se utilizaron 0.5 g de plantas con síntomas de infección viral, las cuales fueron maceradas con nitrógeno líquido. Posteriormente, se mezclaron con 0.5 mL del reactivo *Concert Plant RNA* y se centrifugaron por 2 min a 9000 x g. El sobrenadante se mezcló con 0.1 mL de NaCl (5M) y 0,3 mL de cloroformo y se centrifugó por 10 min bajo las mismas condiciones. A la fase acuosa, se le agregó un volumen igual de alcohol isopropílico, se incubó a temperatura ambiente por 10 min, y se centrifugó a 9000 x g por 10 min a 4°C. El alcohol se decantó y se agregó 1 mL de etanol al 75%, nuevamente se centrifugó a 9 000 x g por 1 min a temperatura ambiente. Finalmente, se decantó sobrenadante y el ARN se re-suspendió en 30 µL de agua libre de nucleasas y se mantuvo a -70°C hasta su análisis.

### RT-PCR

Para la reacción de transcripción reversa por PCR se utilizó una mezcla de 2 µL de buffer 10X, 4 µL de MgCl<sub>2</sub> (25 mM), 2 µL de una mezcla de dNTP (10 mM), 1.7 µL de una mezcla de oligonucleotidos dT, 1 µL de inhibidor de ribonucleasas, 1 µL de Reverso Transcriptasa AMV (SIGMA) y 8 µL del ARN (250 ng µL<sup>-1</sup>). La mezcla se incubó cuatro veces. Inicialmente durante 10 min a 25 °C, seguida de incubaciones a 37°C por 60 min y de 99°C durante 15 min, y finalmente a 4°C durante 5 min. Del ADN complementario (ADNc) obtenido se tomaron 2 µL y se adicionaron a la mezcla de PCR (2 µL de buffer 10X, 4 µL de una mezcla de dNTP 10 mM, 1 µL de enzima Taq ADN Polimerasa (Promega), 9.7 µL de H<sub>2</sub>O, 1.7 µL del oligonucleótido BSV para su amplificación. La reacción de PCR se realizó bajo las siguientes condiciones 1 min a 93°C, 1 min a 50°C y 1 a min 72°C durante 30 ciclos. Los fragmentos amplificados fueron observados en un gel de agarosa al 0.8% en buffer TBE 1X y visualizado en un transiluminador con luz ultra violeta.

**Cuadro 2. Oligonucleótidos específicos para el virus BSV del banano.**

Nombre	Primers	Nucleótidos	Amplificado (pb)
BSV	F-5´- GCTATCGAGACTGTTGCGA-3´ R- 5´- ACGGAGGGAGACTGCAAGT-3´	20	650

F: oligonucleótido sentido: R: oligonucleótido antisentido.

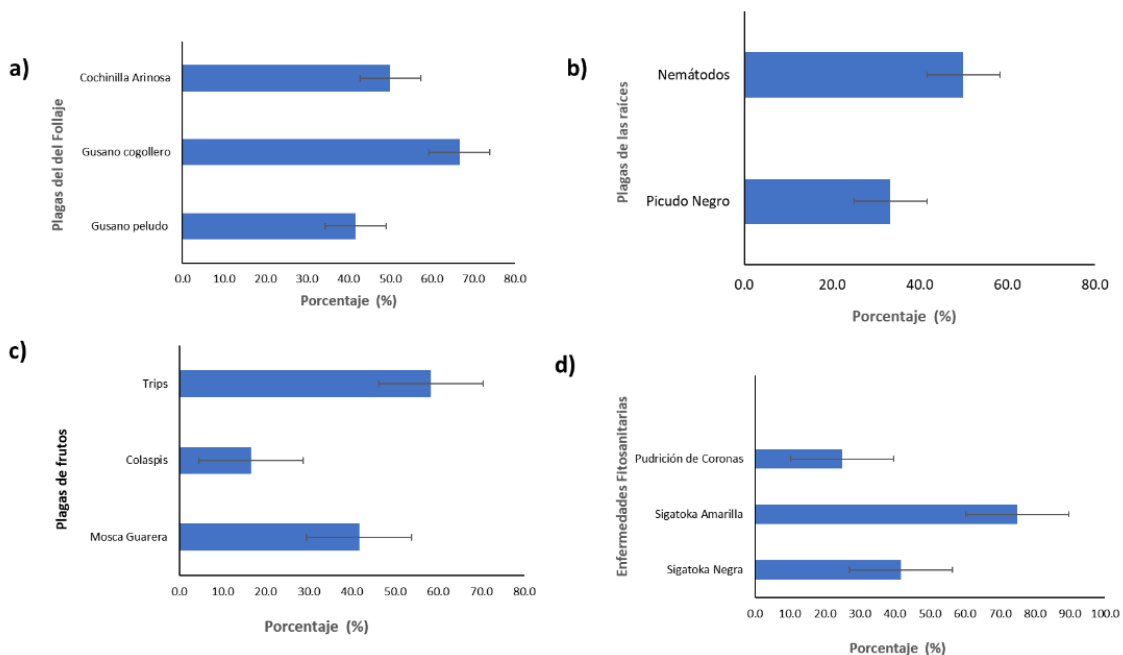




## Resultados y Discusión

### Análisis fitosanitario del banano

Los resultados de la exploración fitosanitaria en las fincas de estudio indicaron que las plagas de insectos más recurrentes encontradas en el follaje del banano fueron el gusano cogollero del banano (66.7%), el gusano peludo de la hoja (41.7%) y la cochinilla harinosa (50%) (Figura 1a). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Briceño (1975) y Bueno-Moran (2016), quienes indican que de los insectos que atacan al plátano, el 60% corresponde a gusanos defoliadores del orden Lepidoptera.



**Figura 1. Análisis fitosanitario del banano de 11 fincas bananeras de la provincia de Los Ríos, Ecuador: a) plagas del follaje; b) plagas de las raíces; c) plagas en frutos; d) hongos fitopatógenos detectados en las plantaciones de banano (INIAP).**

Las principales plagas defoliadoras de las musa son los gusanos, como el gusano verde del plátano (*Ceramida* sp., *Oiketicus kirbyi* Guilding y *Catigo telamoniumsm emnon* y el gusano cogollero. La importancia de estos resultados, radica en las graves consecuencias para los agricultores de la zona de Quevedo. Actualmente, se sabe que hay un mayor número de insectos hembras, respecto de machos y que la mayor densidad larval se localiza generalmente en la octava hoja (Espinoza y Morales, 2012).



En raíces, el análisis fitosanitario mostró que el 50% de las plagas corresponden a nematodos y el 33.3% al picudo negro (Figura 1b). Existen varias especies de nemátodos que atacan las raíces y el rizoma del banano (Triviño, 2004). Sin embargo, el nemátodo barrenador del banano (*Radopholus similis*) es considerado el principal problema en las plantaciones comerciales, orientadas hacia los mercados de exportación. La distribución de esta especie está condicionada por sus preferencias de temperatura, las que fluctúan entre 24 y 32°C, lo cual lo hace uno de los patógenos más importantes en las zonas de producción inter-tropicales como el Ecuador. Su reproducción es óptima alrededor de 30°C, y no se reproduce si la temperatura es menor de 16-17°C (Chávez-Velazco *et al.*, 2009), condición que favorece la reproducción de este nematodo en las 11 principales plantaciones bananeras de Quevedo. Por otra parte, el picudo o gorgojo negro del banano, es una especie de coleóptero curculionideo de la familia Curculionidae, considerada una plaga en las plantas del género *Musa* de los plantíos de Ecuador (Armendáriz *et al.*, 2016; Bohórquez Sánchez, 2020).

En frutos, se encontraron diferentes plagas, con mayor incidencia los Trips (58.3%), mosca guarera (41.7%) y *Colaspis* (16.7%) (Figura 1c). Estos resultados coinciden con los reportados previamente en la literatura, que señalan la presencia de Trips, cochinilla (Pseudococcidae), hormigas depredadoras (*Pheidole megacephala*), nematodos y hongos entomopatógenos en plantaciones de banano en el Ecuador (MAGAP, 2015); Vilatuña *et al.* (2016) reportaron que las moscas son consideradas una de las plagas más importantes, debido al impacto económico que causan en el Ecuador.

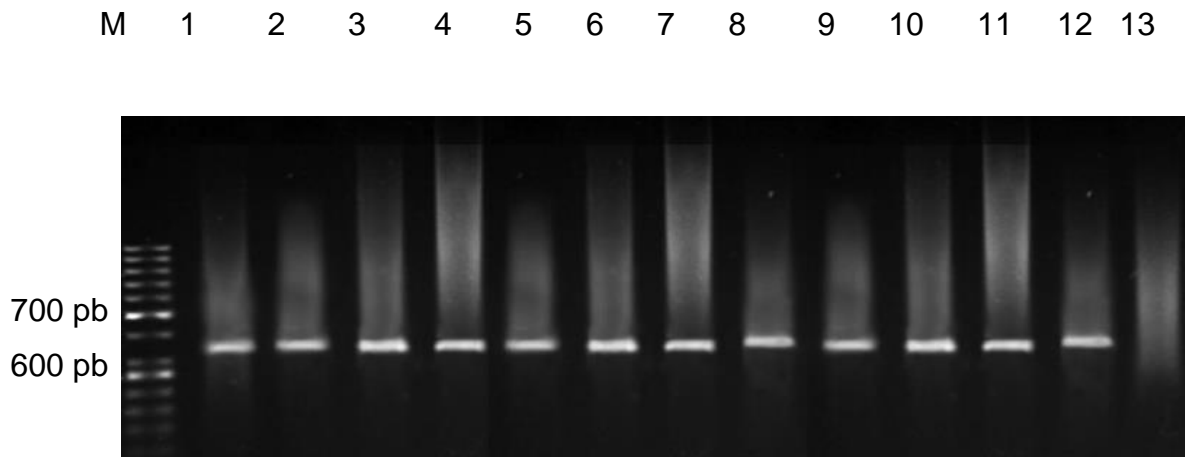
Los resultados del análisis fitosanitario en campo, y evaluados por el INIAP, indicaron que el material analizado correspondía a Sigatoka amarilla y Sigatoka negra (Figura 1d). La Sigatoka es la enfermedad foliar más destructiva en musáceas (Panissi, 2010), afectan al tejido foliar ocasiona disminución en el rendimiento hasta en un 50%. El control eficaz de Sigatoka negra se basa en el uso de agroquímicos, pero uso intenso preocupante por la pérdida percepción del patógeno hacia fungicidas. Se estima que anualmente, se realizan de la entre 15 a 60 aplicaciones de fungicidas en las plantaciones bananeros para el combate de Sigatoka negra, lo que representa el 78% de la inversión total de pesticidas utilizados en la producción de diferentes variedades de musáceas (Pérez, 2013). En este sentido, se hace necesario el desarrollo de nueva herramienta para manejar y control de plagas y enfermedades.



#### Detección molecular del virus del rayado del banano (BSV) por RT-PCR

El análisis de la reacción de RT-PCR permitió observar una banda del tamaño esperado (650 pb) en las muestras positivas para el virus del estriado del banano (BSV). De las 11 plantaciones, únicamente dos de ellas fueron positivas al virus BSV, a partir de las muestras analizadas. La figura 4, ejemplifica las reacciones de PCR en las muestras positivas.

La presencia del virus BSV es de gran importancia en la industria bananera debido a las grandes pérdidas económicas que conlleva su presencia. Los resultados muestran la importancia del monitoreo de las plantaciones mediante técnicas sensitivas y precisas, como la técnica molecular de RT-PCR. Mocha-Cuenca (2018) desarrolló un protocolo de diagnóstico a través de PCR, para detectar la presencia de este virus en bananeras de la Provincia de El Oro, Ecuador, demostrando la presencia del virus BSV en el 89,36% de las bananeras analizadas.



**Figura 4. Amplificación por PCR del virus del estriado del banano (BSV). Carril M, marcador de peso molecular (1kb *Thermofisher Scientific*); carriles 1-11, productos de PCR de las muestras con sintomatología vírica con oligonucleótidos específicos para BSV; carril 12, control positivo para BSV; carril 13; control negativo de las reacciones.**

Actualmente, se están desarrollando estrategias para combatir y regular la incidencia del virus BSV en plantaciones comerciales de musáceas en Ecuador (Armijos *et al.*, 2009); Viejó (2020) describió prácticas integrales en plantaciones comerciales de banano para minimizar las pérdidas por BSV. El autor menciona que los síntomas por BSV pueden desaparecer o aparecer en diferentes épocas y no toda el área foliar puede mostrar los síntomas del estriado. Además, señala que la etapa más contagiosa es durante el estado invernal, debido a que, en



esa estación, se manifiestan diferentes insectos plagas y se incrementa la presencia de la cochinilla harinosa, siendo uno de los vectores transmisores del BSV.

## **Conclusiones**

1. El estudio fitosanitario realizado en las 11 plantaciones de banano, demostró la presencia de diversas plagas, encontrándose principalmente insectos y fitopatógenos de origen fúngico.
2. Los gusanos predominantes fueron el gusano cogollero, el gusano peludo de la hoja y la cochinilla harinosa; mientras que como hongos fitopatógenos se observó la presencia de agentes asociados a la pudrición de coronas, Sigatoka amarilla y Sigatoka negra.
3. Se evidenció la presencia del virus del rayado del banano (BSV) mediante métodos moleculares (RT-PCR).
4. Se recomienda desarrollar estrategias para el manejo y control de las plagas y enfermedades que permitan disminuir los riesgos por diseminación de estos agentes patógenos en la región.

## **Agradecimientos**

Se agradece el apoyo financiero recibido por parte del FOCICYT-UTEQ 2019-2020.

## **Literatura Citada**

Álvarez Morales, E. L., León Córdova, S. A., Sánchez Bravo, M. L. y Cusme Macías, B. L. 2020. Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de Los Ríos. *Journal of Business and Entrepreneuria Studies*, 4(2), 86-95.

Argotti, E. E. 2019. Patogenicidad de nemátodos entomopatógenos del género *Steinernema* y *Heterorhabditis* sobre larvas de *Tecia solanivora* en Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 9(6): 162-172.



- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J. M. y Ulloa, S. M. 2016. Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía mesoamericana* 27(2): 319-327.
- Armijos, F., Contreras, J., Espinoza, W., Flores, R. 2009. Tecnologías para regular la incidencia del virus del estriado del banano (BSV) en plantaciones comerciales de musáceas en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Estación Experimental del Litoral del Sur.
- Arroba, Ernesto. 2003. La Teoría del Ciclo Económico Bananero y el Fenómeno de El Niño: el caso de Ecuador desde 1948 al 2000
- Blasco López, G., Gómez Montaña, F. J. 2014. Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp.). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. 14(2):22-26
- Briceño, A. 1975. The bioecology of *Opsiphanes tamarindi* Felder (*Lepidoptera*, *Brassolidae*) in Venezuela. E.E. U.U. 103 p.
- Bohórquez Sánchez, K. D. 2020. Manejo etológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA), Jujan-Guayas. Tesis Doctoral. Universidad Agraria Del Ecuador. 72 p.
- Bueno Moran, J. G. 2016. Control de ceramidia en banano (*Musa* spp.) mediante la aplicación de productos comerciales biológicos e inhibidores de quitina en plantaciones de la zona de Quinsaloma, Provincia de Los Ríos. Tesis de Maestría. 93 p.
- Chávez-Velazco, C., Solórzano-Figueroa, F. y Araya-Vargas, M. 2009. Relación entre nematodos y la productividad del banano (*Musa* AAA) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*: 351-360.
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., Solis, L. y Geraud-Pouey, F. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1):1-16.
- Corral, V. H., Sucoshañay, D., Álvarez, L., y Castro, P. 2017. La actividad ecoturística y su incidencia en la conservación ambiental del Jardín Botánico Las Orquídeas del sector Los Ángeles de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Revista interamericana de Ambiente y Turismo*, 13(2): 129-137.
- Espinoza, O; Morales, M. 2012. Dinámica poblacional de *Antichloris viridis* druce lepidóptera Ctenuchidae en la temporada fría en la zona de Caña Quemada. Universidad Técnica de Machala.



- FAO. 2017. Global programme on banana Fusarium wilt disease: Protecting banana production from the disease with focus on tropical race 4 (TR4). FAO, Rome, Italia. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/fcc/web\\_programmesummary\\_PRINT.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/fcc/web_programmesummary_PRINT.pdf) [consultado el 28 de julio de 2021]
- FAO. 2018. Situación del mercado del banano. Resultados preliminares relativos a 2017. Roma. Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/Bananas/Documentsupda-te.pdf> [consultado el 28 de julio de 2021]
- FAO. 2020. Análisis del mercado del banano. Panorama general de febrero de 2020.
- Gonzabay, R. 2017. Cultivo del banano en el Ecuador. Revista AFESE, 58: 113-142.
- Informe Sector Bananero Ecuatoriano. 2017. Ministerio de Comercio Exterior. Quito, Ecuador. Diciembre 2017. 50 p.
- Larrea, C. 2006. Hacia una historia ecológica del Ecuador: propuestas para el debate Corporación Editora Nacional. Quito, Ecuador. Ecociencia, 15: 1-136 p.
- Loor Véliz, S. A. 2020. Identificación y caracterización morfológica del agente patógeno que causa la enfermedad del “dedo pudre” en el cultivo de Banano Tesis de Licenciatura, Quevedo, Ecuador. 73 p.
- MAGAP. 2015. Guía fitosanitaria de campo cultivo de banano. Recuperado de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/guia-de-campo-banano.pdf> [ recuperado el 27 de mayo de 2021]
- Mocha Cuenca, J. B. 2018. Badnavirus, protocolo de diagnóstico, en las bananeras del Oro, Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas 6(3):18-24.
- Ochoa, L. J. y Insuasti, A. M. 2015. Etiología de las enfermedades virales del tomate de árbol en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito, Ecuador. Informe Técnico Anual. INIAP. Ecuador. Est. Exp. Santa Catalina. Departamento Nacional de Protección Vegetal estudios agronómicos, fitopatológicos y entomológicos de frutales nativos andinos. 4 p.
- Pérez, L. 2013. Estrategias para reducir el uso de agroquímicos en bananos y plátanos. *In*: Memorias de la XX Reunión Internacional ACORBAT, 9-13 de septiembre 2013, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Regalado, J. G., Plaza, A. M. y Sánchez, C. P. 2019. Amenazas de las manchas foliares de Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., en la producción sostenible de banano en el Ecuador. Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável, 14(5); 591-596.



- Triviño, C. 2004. Manejo de nematodos en musáceas del Ecuador. Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos, 103 p.
- Vargas Tierras, Y. B., Prado Beltrán, J. K., Nicolalde Cruz, J. R., Casanoves, F., Virginio Filho, E. M. y Viera Arroyo, W. F. 2018. Caracterización y rol de los frutales amazónicos en fincas familiares en las Provincias de Sucumbíos y Orellana (Ecuador). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(3):
- Viejó Barzola, H. D. 2020. Manejo integrado del virus del rayado (Banana streak virus-BSV) en plantaciones comerciales. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Vilatuña, J., Valenzuela, P., Bolaños, J., Hidalgo, R. y Mariño, A. 2016. Hospederos de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en Ecuador. *Ecuador es Calidad* 3(1). DOI: <https://doi.org/10.36331/revista.v3i1.16>
- Villavicencio Vásquez, M. E. 2018. Identificación y evaluación de hongos endófitos de *Theobroma cacao* L. como candidatos a agentes de control biológico de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) del cacao. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 63 p.
- Vizúete, B., Insuasti, M. L., Ochoa, J., Ellis, M. 2001. Biological and serological characterization of tree tomato virus diseases in Ecuador. 3 p.
- Yáñez, L. H. T., Hernández, D. J. M., Sánchez, N. L. M., Sánchez, F. E. N. y Caicedo, I. A. M. 2019. Comparación de métodos de control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Vinces, Ecuador. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3: 6-12.



## DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA DE SEMILLA Y ETAPAS DE IMBIBICIÓN DURANTE LA GERMINACIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus* sp.)

Viviana E. Gutierrez Rangel<sup>1</sup>, Genaro Pérez Jiménez<sup>2\*</sup>, Antonio Martínez Ruiz<sup>2</sup>, Giovanna I. Fuentes Escobar<sup>3</sup> y Fernando López Morales<sup>4</sup>

### Resumen

La pitahaya es una fruta de forma ovalada, la pulpa contiene pequeñas semillas; no existe suficiente información acerca de estas, en particular del género *Hylocereus* sp. El objetivo del presente estudio fue caracterizar las semillas del género *Hylocereus* sp y describir las fases durante el proceso de imbibición. Durante el estudio se realizaron diez repeticiones de 100 semillas y se obtuvieron imágenes digitalizadas que fueron analizadas con el software ImageJ, para adquirir las variables área, ancho, largo y perímetro. Para el análisis de imbibición se utilizó la metodología de consumo de agua hasta que se mostrara la emergencia de la radícula. Los resultados obtenidos mostraron que el peso de mil semillas fue de 1.9 g, el área corresponde a 3.95 mm<sup>2</sup>, en comparación a semillas de otras especies de pitahayas demuestran que el género y especie puesto en estudio tiene menores atributos morfométricos y fisiológicos. Se identificó la fase I durante las primeras diez horas con un consumo de 0.27 mL de agua; se demostró la identificación de la sub-fase I y II de la fase II, donde la primera mostró una duración de 50 h, la cual corresponde a la liberación de solutos; y la segunda se identificó de la hora 60 a la 72 donde se mostró la recuperación de agua. Después de las 72 h se observó la ruptura de la testa debido a la protuberancia de la radícula. Como conclusión se demostró que las características físicas de la semilla del género *Hylocereus* sp. son de menor tamaño en comparación a otras especies y que en el proceso de imbibición la fase II mostro dos sub fases, una de expulsión de solutos y otra de consumo moderado de agua expulsada por la semilla, además de que el proceso de germinación tuvo una duración de 72 h hasta que mostró la emergencia de la radícula.

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Puebla.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental San Martinito, Santa Rita Tlahuapan.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

<sup>4</sup> Centro de Agroecología. Instituto de ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, EcoCampus Valsequillo.





**Palabras clave:** Imbibición, calidad física, *Hylocereus* sp.

## Introducción

Las características cualitativas y cuantitativas permiten clasificar los cultivares, y polimorfismo dentro del germoplasma para conocer la variabilidad entre y dentro de las especies. Estas características cuantitativas que se obtienen del fruto y semillas también son conocidas como características morfométricas (Reyes *et al.*, 2014). Souza y Fagundes (2014) reportan que las características de mayor interés son el tamaño y el peso, mientras que Verdugo *et al.* (2007) mencionan que también deben tomarse en consideración la longitud, ancho y área de las semillas. Cuando la caracterización morfométrica de las semillas se lleva a cabo de forma manual se pueden cometer diversos errores, ya que la similitud entre el color y forma que se distinguen a simple vista no son confiables (García y Estrada, 1999); hecho de caracterizar las semillas únicamente por su tamaño no es lo recomendable.

Por lo anterior, se opta por el uso de software que ayuden a reducir el error para la caracterización de las semillas, como ejemplo Photoshop 5.0, y Sigma Scan Pro 5.0, que fue utilizado para caracterizar semillas de orquídeas, que son bastante pequeñas (Verdugo *et al.*, 2007) o el programa ImageJ utilizado por Pérez *et al.* (2020), quienes caracterizaron tres genotipos de semillas de alhelí.

La germinación es un proceso fisiológico que llevan a cabo las semillas para posteriormente emerger y desarrollarse hasta dar lugar a una planta normal (Delouche, 2002). Este proceso inicia con la respiración y producción de proteínas; la temperatura, oxígeno, agua y luz que influyen directamente en la germinación (Desai, 2004).

El proceso de germinación comienza con la fase de imbibición (Ma *et al.*, 2017); este proceso determina la cantidad de agua necesaria para germinar (Moreno *et al.*, 2006) y se lleva a cabo por medio de la inmersión de la semilla en volúmenes conocidos de agua o en soluciones osmóticas durante determinado tiempo (Pérez *et al.*, 2017).

La imbibición se divide en tres fases; la primera consiste en el consumo acelerado de agua por parte de la semilla, la segunda muestra un menor consumo y se mantiene estable; la tercera consiste en la ruptura de la testa y la aparición de protuberancia radicular, sin embargo, se ha



reportado que pueden dividirse las fases respecto a su comportamiento al consumo de agua (Pérez *et al.*, 2020). La pitahaya es una fruta que en su endocarpio contiene pequeñas semillas de las cuales no se ha documentado información sobre su descripción morfométrica, además de que se desconoce el inicio de la germinación durante el proceso de imbibición, por lo anterior el objetivo de la investigación fue caracterizar morfométricamente las semillas de pitahaya del género *Hylocereus* sp., mediante el análisis de imágenes con el software ImageJ, además identificar las fases de la etapa de imbibición.

## **Materiales y Métodos**

### **Lugar experimental**

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campo experimental San Martinitito, ubicado en el municipio de Tlahuapan del estado de Puebla; durante los meses de enero a marzo de 2021.

### **Material seminal**

Las semillas utilizadas fueron proporcionadas por el INIFAP; las cuales correspondían a la especie *Hylocereus* sp., y se seleccionaron visualmente por calidad física al no mostrar restos de pulpa o daños sobre la testa.

### **Procesamiento de imágenes**

Se realizaron 10 repeticiones de 100 semillas, muestras que fueron procesadas con ayuda de la pantalla de un escáner (EPSON STYLUS cx5600®) y así se obtuvieron imágenes digitales a color (color 24 bits, 400 ppp) con ayuda del software ImageJ (Pérez *et al.*, 2020) las imágenes se analizaron para calcular el promedio, el área, ancho, longitud y perímetro; además, se integró el índice de redondez (IR) con la fórmula:

$$IR = [(4\pi \text{ área}) / \text{perímetro}^2];$$

Y para el diámetro feret (DF) se utilizó la fórmula:

$$DF = \sqrt{\frac{4 \times \text{área}}{\pi}}$$



### **Peso de mil semillas**

Se realizaron 8 repeticiones de 100 semillas, las cuales se pesaron en una balanza analítica; se registró su peso y posteriormente se hizo un promedio de los pesos obtenidos utilizando la metodología propuesta por la ISTA (2010).

### **Absorción de agua**

En charolas de plástico, se pesaron las cinco repeticiones de 50 semillas y posteriormente se les agregaron 3 mL de agua destilada. Después de dos horas, se extrajeron las semillas y se retiró el exceso de agua con toallas de papel para pesarlas y registrar la ganancia de agua. Entre cada registro de peso se volvió a añadir el volumen inicial de agua. Este procedimiento se realizó durante un día y posteriormente cada 12 h hasta completar 72 h. El experimento se mantuvo con fotoperiodo constante de 24 h en luz fluorescente y a  $19.5 \pm 3^\circ\text{C}$ . Con estos resultados se calculó la media de los valores y se graficaron para la obtención de la curva de imbibición.

### **Determinación de color de la semilla**


En la determinación de color de semilla se realizó por comparación visual entre una muestra representativa sobre las cartas de la Royal Horticultural Society (RHS) (Pérez *et al.*, 2020) y donde se mostró mejor similitud el dato de coloración y numeración se registraron.

## **Resultados y Discusión**

Respecto a la obtención del color, se encontró que el color de las semillas de pitahaya para el género *Hylocereus sp.*, fue negro correspondiente a la carta del grupo de colores negro número 203 ubicación A de la carta de la RHS, respecto a la forma se describe que en la parte basal es semicircular y de la parte primaria tiene una forma ovoide (Cuadro 1). En este sentido, Suarez *et al.* (2012) reportaron que el peso de mil semillas obtenido fue de 1.9 g para la especie *Selenicereus megalanthus* y el PMS de 7.7 g, esto difiere por 5.8 g, lo cual podría atribuirse a que principalmente son especies distintas a pesar de que ambas son pitahayas.



**Cuadro 1. Características físicas de semilla de *Hylocereus* sp.**

Género	Imagen	PMS (g)	Color
<i>Hylocereus</i> sp.		1.90	Negro 203 ubicación A de la carta de la RHS

PMS: Peso de mil semillas; g: gramos.

El Cuadro 2 se muestra los promedios de las variables calculadas para las características morfométrica de las semillas del genero *Hylocereus* sp. Se obtuvo que la longitud fue de 2.87 mm, el ancho de 1.74 mm resultados que difieren con los obtenido para la caracterización de semillas de *S. megalanthus*, la cual es de 4.7 mm de longitud y 2.5 mm de ancho (Suarez *et al.*, 2012).

**Cuadro 2. Valores medios de características morfométricas de *Hylocereus* sp.**

Género	AR	A	L	P	L/A	IR	DF
<i>Hylocereus</i> sp.	3.95	1.74	2.87	7.88	1.64	0.80	2.24

AR: área (mm<sup>2</sup>); A: ancho (mm); L: longitud (mm); P: perímetro (mm); IR: índice de redondez (mm); DF: diámetro feret (mm).

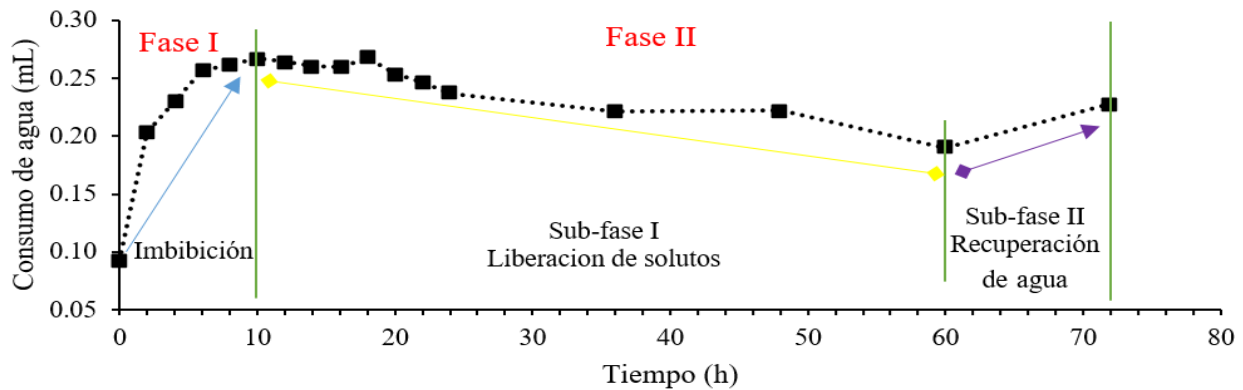
El perímetro calculado fue de 7.88 mm, con una relación de longitud/ancho de 1.64 mm, El índice de redondez se obtuvieron 0.80 mm y el diámetro feret de 2.24 mm; Reyes *et al.* (2014) obtuvieron que el IR para el género *Vanilla* fue de 0.036 ( $\mu$ m) y el DF 265.69 ( $\mu$ m).

Respecto a la evaluación del cálculo del consumo de agua en la imbibición de semillas, los resultados se muestran en la Figura 10; en la cual se observa que la curva obtenida durante la imbibición de semillas de *Hylocereus* sp. mostró que en las primeras dos h, las muestras de semilla en peso seco (0.09 g) absorbieron un alto contenido de agua al obtener una ganancia en peso de 0.20 g, sin embargo, el contenido máximo que absorbieron fue de 0.07 mL después de transcurridas 10 h, ya que para entonces las semillas pesaron 0.27 g lo cual se identifica como la fase 1, en donde la semilla consume rápidamente el agua. La fase II se determinó después de las 11 h y culminó a las 72 h, pero dentro de esta fase se identificaron dos sub-fases; en la primera sub-fase se identificó que la semilla libero parte del agua absorbida en la fase uno, en 50 h comenzando en la hora 10 y finalizando en la hora 60; después durante la sub-fase II fueron 12 h en las que la semilla recupero un poco del agua liberada de la sub-fase anterior. Después de los eventos descritos anteriormente a partir de las 72 h comenzó la



ruptura de la testa para después presentarse la protuberancia que dio paso a la radícula y con ello el inicio de la germinación (Figura 1).

De lo anterior, resultados similares se aprecian en la especie *Echinocereus stramineus*, conocida como pitaya perteneciente a la familia Cactaceae ya que la semilla comienza a germinar después de las 72 h, sin embargo, su máximo consumo de agua se da durante 48 h (García *et al.*, 2020).



**Figura 1. Absorción de agua de semilla del genero *Hylocereus* sp. por fase de imbibición (fase I), fase II por el consumo de agua.**

## Conclusiones

1. Se caracterizó morfométricamente la semilla de pitahaya correspondiente al género *Hylocereus* sp., obteniendo un área de 3.95 mm<sup>2</sup>, 1.74 mm de ancho, 2.87 mm de longitud, 7.88 mm de perímetro, 0.80 mm para el índice de redondez y un diámetro feret de 2.24 mm.
2. Se identificó la fase I donde la semilla absorbe rápidamente el agua la cual duró 10 h, la segunda fase comprendió de 62 h donde se reconocieron dos sub-fases; la primera duró 50 h donde las semillas liberaron agua y nuevamente la absorbieron en la segunda sub-fase la cual duró 12 h
3. La etapa de imbibición tuvo una duración de 72 h para dar apertura a la emisión de la radícula y empezar la germinación.



## Literatura Citada

- Delouche, J. C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed News* 6:6. [Fhttp://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66\\_esp.shtm](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtm) (Consultado el 5 de junio del 2021)
- Desai, B. B. 2004. *Seed handbook, biology, production, processing, and storage*. second edition. Marcel Dekker, INC. USA. pp. 787
- García, G y Estrada, G.J. A. 1999. Caracterización de frijol de la variedad bayomex mediante descriptores agronómicos y análisis de imágenes de morfología de semillas. *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 22: 63-74.
- García, S., Gonzales, R., y Valero, J. 2020. Perfil proteico, fitoquímicos, caracterización morfométrica y degerminación de la semilla *echinocereus stramineus* durante el desarrollo del fruto. Junio-2021 <http://148.210.21.170/bitstream/handle/20.500.11961/17960/Memoria%20Coloquio%20Sarah%c3%ad%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consultado el 19 de junio del 2021)
- International Seed Testing Association. 2010. Reglas del ISTA. Junio 2021. [http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=31](http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31) (Consultado el 4 de mayo del 2021)
- Ma, Z., Bykova, N. V., and Igamberdiev, A. U. 2017. Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds. *Crop Journal*, 5(6), 459–477. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.08.007>
- Moreno, F., Guido, A., and Stanislav, M. 2006. Effect of the seed coats on germination of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell) seeds. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239011.pdf>
- Pérez, G., García, G., Fuentes, G., and Gonzalés, H. 2020. Morphological characters and identification of sub-phases during imbibition in seeds of stock (13, 47–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1627>
- Pérez, C., Carrillo, G., Vidal, E., y Ortiz, E. 2017. Efecto de la imbibición en la calidad fisiológica de semillas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1765. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.169>
- Reyes, D., Flores, Á., Huerta, M., Kelso, H., Avendaño, C., Lobato *et al.* 2014. Variación morfométrica de fruto y semilla en cuatro especies del género *Vanilla*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 205–218. <https://doi.org/10.19136/era.a1n3.649>



- Souza, M. L., and Fagundes, M. 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 05(17), 2566–2573. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.517270>
- Suárez, R., Caetano, C., Ramírez, H., y Morales, J. 2012. Caracterización morfoanatómica y fisiológica de semilla sexual de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt y Rose. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24(June), 97–111.
- Verdugo, G., Marchant, J., Cisternas, M., Calderón, X., y Peñaloza, P. 2007. Caracterización morfométrica de la Germinación de *Chloraea crispa* Lindl. (orchidaceae) usando análisis de imagen. *Gayana - Botanica*, 64(2), 232–238. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432007000200008>



## LA LUZ ARTIFICIAL DE ALTA INTENSIDAD AFECTA EL CONTENIDO DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN FRIJOL

*Genaro Pérez Jiménez<sup>1</sup>, Agustina Bautista Ramírez<sup>2</sup>, Jose A. Honorato Salazar<sup>1</sup>, Antonio Martínez Ruiz<sup>1</sup>, Giovanna I. Fuentes Escobar<sup>3</sup> y Fernando López Morales<sup>4</sup>*

### Resumen

La propuesta de producción intensiva en sistemas de iluminación en ambientes controlados iluminados con luz artificial por LED, aun continua en exploración por la respuesta fisiológica de las plantas; en frijol no se ha documentado información científica sobre la interacción de luz con la producción de pigmentos, por lo que el objetivo de la investigación fue determinar el efecto en el contenido de clorofila (Cl), carotenos (Ca) y xantofilas (Xf). El diseño experimental fue de bloques completamente al azar. La iluminación de alta intensidad fue de luz LED de 125, 250, 600 nm con espectros de iluminación rojo, azul y morado, respectivamente y un testigo de luz fluorescente. Como material vegetal se evaluaron cuatro genotipos de frijol. Para extraer los pigmentos fotosintéticos, se utilizó el método de clorofila en capa fina. Los resultados mostraron diferencias significativas entre el contenido de pigmentos para todos los genotipos, además, se encontraron diferencias estadísticas significativas para Cl y Xf; así mismo, para la variable Ca se obtuvo una respuesta altamente significativa. La longitud de onda roja para la variable Cl mostró diferencias con respecto a la media más baja entre los genotipos SE y X1 (0,080) los cuales no presentaron diferencias estadísticas. La concentración de Xf en los espectros blanco, rojo y azul no fueron diferentes. La variable Cl mostró que se obtuvo una mejor respuesta con los genotipos SE y M1 utilizando el LED azul con respecto a la luz fluorescente utilizada como testigo. Para efectos de estudios de cultivo de interiores se recomienda la luz LED en espectro rojo para optimizar el contenido de clorofila y e incrementar la pigmentación del dosel de la planta y se obtenga incremento de la tasa fotosintética; en específico, al genotipo X1 se recomienda mantener su desarrollo en rojo para obtener el

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental San Martinito, Santa Rita Tlahuapan.

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Puebla.

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

<sup>4</sup> Centro de Agroecología. Instituto de ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, EcoCampus Valsequillo.





incremento de clorofila y luz azul para SE, debido a que promueven un mayor contenido de pigmentos y calidad visual de plántulas. Se describe una variación de respuesta entre genotipos a la luz de alta intensidad emitida por diodos, por lo que es necesario realizar experimentación por genotipo y evitar generalizar efectos por especie.

**Palabras clave:** clorofila, carotenoides, xantofilas, light emitted diode

## Introducción

La propuesta de producción intensiva en sistemas de iluminación en ambientes controlados por lámparas fluorescentes y lámparas de sodio había sido una alternativa exitosa de granjas urbanas. Sin embargo, estas opciones no eran redituables, debido a que consumían grandes cantidades de energía eléctrica y generaban mucho calor (Bian *et al.*, 2018).

Por lo anterior, en la actualidad el avance de la tecnología de iluminación por “Luz emitida por diodos (LED)” se ha convertido en una opción viable para el cultivo de plantas, aumentando el rendimiento en épocas donde el fotoperiodo afecta la capacidad fotosintética de las plantas (por ejemplo la temporada de invierno y finales de otoño (Lu *et al.*, 2012).

De lo anterior, Niu y Masabni (2018) mencionan que la luz artificial por iluminación LED ha mostrado efectividad sobre el control homeostático de la productividad del crecimiento de plantas, mejorando atributos relacionados a la obtención de productos de calidad, siendo una iluminación artificial a bajo costo, menor gasto eléctrico, con exposición de radiaciones caloríficas bajas y mayor durabilidad del equipo .

El espectro de la luz LED tiene diferentes longitudes de onda aprovechables en el desarrollo de las plantas, de lo anterior, se ha documentado que la distancia en espectro de luz violeta, azul y roja se encuentra en 450 nm, 475 nm y 620 nm respectivamente. Las longitudes de onda mencionadas muestran influencia en la cantidad de pigmentos (clorofila y carotenoides), relacionados directamente sobre el crecimiento vegetativo, modificación en la morfología de la planta, expansión del área foliar, y fotosíntesis; por activación de fitocromos, mostrando efectos sobre la germinación, elongación del tallo e inducción de la floración (Gonzalías y Ramirez, 2016).







La interacción y entendimiento sobre los efectos de diferentes longitudes de onda de luz LED en la producción de pigmentos fotosintéticos aún no se ha documentado en frijol. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de diferentes longitudes de onda de luz LED (rojo, azul, morado y luz fluorescente o blanco), en la cantidad de clorofila, carotenoides y xantofilas en cuatro genotipos de frijol.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los laboratorios del Campo Experimental San Martinito perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El recurso genético puesto sobre análisis fueron cuatro genotipos de frijol proporcionados por el INIFAP, los cuales se estandarizaron por selección visual (tamaño).

Las características morfológicas consideradas fueron el peso del grano, el cual se calculó con ayuda de una balanza analítica (P), el área (A), diámetro ecuatorial (DE) y diámetro transversal (DT), las cuales se midieron con ayuda del programa *ImagenJ*<sup>®</sup>. Los valores de los rasgos cuantitativos corresponden al promedio de 30 semillas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Descripción física de semillas de frijol puestas en observación.**

Genotipo	Descripción				Imagen
	P(g)	A(cm)	DT (cm)	DE (cm)	
SE	2.99	0.41	1.00	0.56	
X1	3.25	0.43	1.01	0.53	
M1	2.38	0.29	0.75	0.44	
N1	2.86	0.62	1.08	0.73	

P= peso; A= área; DT: diámetro transversal; DE= diámetro ecuatorial.



El experimento se estableció en diseño experimental bloques completamente al azar. Los tratamientos se conformaron a partir de la combinación de los genotipos con los espectros de luz LED de 125, 250, 600 nm con espectros de iluminación rojo, azul y morado, respectivamente y un testigo de luz fluorescente. De cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones de 30 semillas, donde las muestras se mantuvieron en una cámara de germinación a  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  con intervalos de 16 h luz y 8 de oscuridad, por un periodo de 10 días.

Para la extracción de pigmentos se escogieron 5 g de hojas frescas de cada tratamiento de iluminación y variedades. Se realizaron cortes en papel Whatman No. 1 para obtener tiras de 2 x 5 cm, y aproximadamente a 1 cm del borde de la base, con un lápiz se trazó una línea. Después de realizó una trituración de materia fresca de 5 g en un mortero con 2 mL de etanol al 80% y después se filtró para obtener la muestra libre de impurezas. Se usaron tres vasos (para cada genotipo) de precipitados de 150 mL con 10 mL de acetona al 100%. Con la ayuda de una pipeta Pasteur, se colocó una gota de la muestra filtrada en medio de la línea trazada (tres repeticiones por genotipo). Cada una de las tiras se colocó en los vasos que contenían acetona y se reposar la muestra por 45 min, luego que la solución haya desplazado por capilar se retiraron las tiras. Transcurrido este tiempo se procedió a calcular el frente de corrida (Rf) de cada una de las bandas que aparecieron. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS Ver. 9.4; con el procedimiento GLM se calcularon los cuadrados medios y se determinó la significancia estadística de las variables clorofila (Cl), carotenoides (Ca) y xantofilas (Xf), y donde se detectó significancia se aplicó la prueba de comparación de Tukey ( $p = 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

Se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación de genotipos para las variables Cl, Xf, y Ca. En la influencia de la iluminación durante el fotoperiodo por LED's para las variables se mostraron diferencias estadísticas significativas para Cl y Xf; así como altamente significativas para la variable Ca. En la interacción gen\*luz se obtuvieron cambios altamente significativos para las variables Cl y Ca, pero no se detectaron diferencias estadísticas para Xf (Cuadro 2).

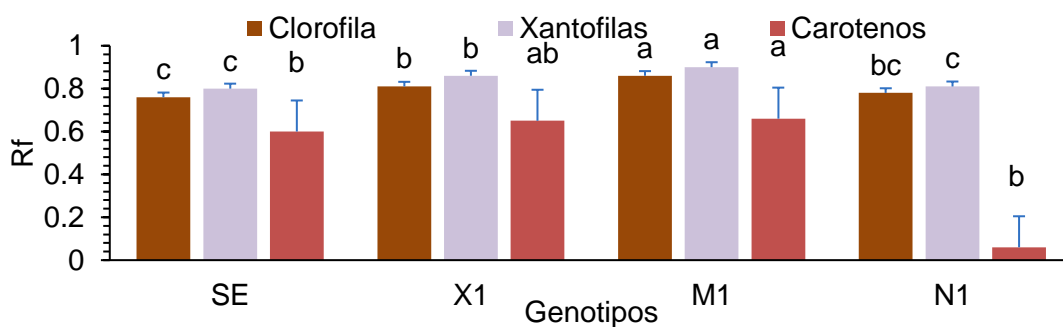


**Cuadro 2. ANOVA de pigmentos fotosintéticos en plántulas de frijol y su interacción con luz LED.**

Variable	Media	Gen	Luz	CM <sup>†</sup> Gen*Luz	Error	CV <sup>‡</sup>	R <sup>2</sup>
Clorofila	7.80	205.41**	29.63*	80.16**	5.34	29.60	0.54
Xantofilas	3.39	2.74**	1.031*	0.50 ns	0.23	14.24	0.23
Carotenos	6.55	109.82**	162.30**	125.31**	4.55	32.54	0.65

†: cuadrados medios; ‡: coeficiente de variación; Gen: genotipo; \*: significativo (0.0005); \*\*: altamente significativo (<.0001); ns: no significativo al  $p \leq 0.5$

La comparación múltiple de medias por genotipo mostró diferencias en Cl, Xf y Ca (Figura 1). El valor de Rf del genotipo M1 para la variable Cl (0.86%) fue superior con respecto a los demás genotipos, con una media diferencial de 0.1, este resultado se puede inferir por la diferencia fenotípica entre materiales y su origen de formación genética. El contenido de Xf se mostró una acumulación proporción en el genotipo M1 (0.9), en contraste a lo observado en el genotipo N1 (0.81) y en SE (0.80). Autores han reportado que la acumulación de Xf es una respuesta de protección al exceso de luz, que altera el funcionamiento homeostático de la planta (Misra *et al.*, 2006). Los genotipos M1 y X1 obtuvieron mayor contenido de Ca (0.66 y 0.65, respectivamente). Al respecto, Muhammad (2014) describen que los carotenos son pigmentos que participan en procesos fotosintéticos y oxidativos, necesarios en el funcionamiento activo de la fotosíntesis de leguminosas, capacidad que se mostró en el vigor de las plántulas.

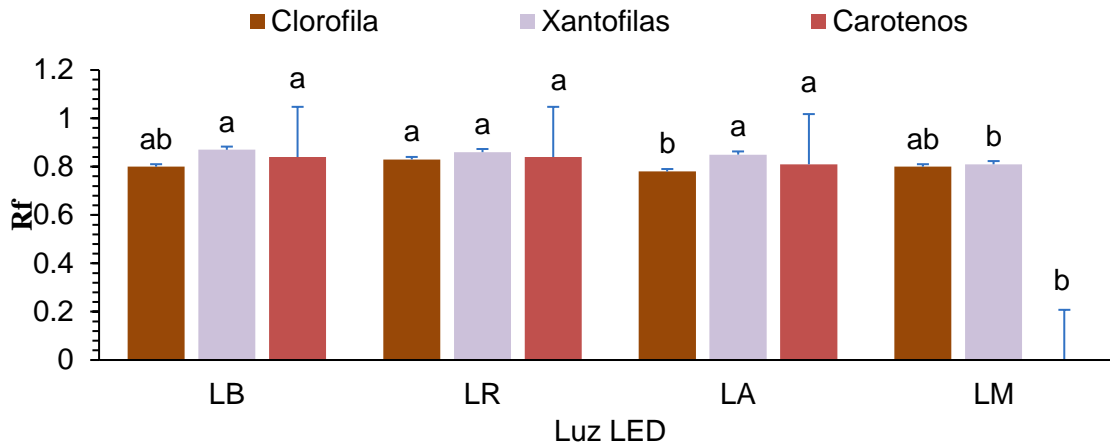


**Figura 1. Contenido de pigmentos fotosintéticos para cada genotipo.**

La concentración de Xf y Ca en la iluminación fluorescente y LED rojo y azul no fueron diferentes; sin embargo, para la LM no se observó presencia de xantofilas y Ca, lo que coincide



con lo reportado por Mengxi *et al.* (2011) y Moreno *et al.* (2017), quienes en plántulas de *Capsicum annuum*, registraron incrementos de pigmentos fotosintéticos utilizando LED.



**Figura 2. Contenido de pigmentos fotosintéticos por cada tipo de luz. LB: luz fluorescente, LR: Luz roja, LA: Luz azul, LM: Luz morada.**

La interacción gen\* luz mostró diferencias en los promedios obtenidos con la iluminación azul en la variable CI para los genotipos SE y M1 se observaron valores superiores al control en los genotipos X1 y N1. La respuesta al contenido de pigmentos en respuesta al espectro rojo mostró un promedio inferior respecto a la luz fluorescente. De lo anterior, Manrique (2003) encontró que los pigmentos clorofílicos se sintetizan en el espectro rojo y en menor proporción en el azul; y pueden concentrar hasta 1 g de clorofila m<sup>2</sup> de área foliar.

Manrique (2003) menciona que las Xantofilas pertenecen al grupo de carotenoides que son absorbidos en mayor proporción con los LED's rojo y azul, que su ciclo está relacionado con diferentes factores como a las condiciones lumínicas y factores ambientales como altas temperaturas, el déficit hídrico y el contenido de nutrientes en una planta (Demmig y Adams, 1992). La variable CI mostró una respuesta de incrementó con los genotipos SE y M1 utilizando el LED azul, con respecto a la luz fluorescente utilizada como testigo. El Cuadro 3, muestra que luz morada mostró alto contenido xantofilas respecto a los demás tratamientos. El contenido de carotenos para las interacciones entre los genotipos demostró una alta concentración en la luz fluorescente respecto a los demás tratamientos. Una respuesta favorable en la eficiencia fotosintética es el contenido de clorofila, debido a la importancia de la descomposición de la luz espectral y formación de sustancias orgánicas aprovechables a la



planta, de lo contrario en la presencia de pigmentos carotenoides se ha demostrado de un aceleramiento de la oxidación de los tejidos afectando el desarrollo fisiológico de las plantas. Así mismo, se ha reportado que los carotenos son un grupo de carotenoides y al igual que las Xantofilas son sintetizados en longitudes de onda con LED,s rojo y azul; son las fuentes de los colores amarillentas, anaranjadas o rojizas; con el genotipo M1 con LED mostró una inhibición de carotenos (Cuadro 3); esto puede deberse al exceso de oxígeno presente en el ambiente que degrada a los carotenoides (Meléndez, 2017)

**Cuadro 3. Comparación de medias en el contenido de clorofila, xantofilas y carotenos en cuatro genotipos de frijol y su interacción con luces LED's.**

Genotipo	Luz fluorescente		
	Clorofila	Xantofilas	Carotenos
SE	0.76 b	0.74 c	0.81 b
X1	0.82 ab	0.89 b	0.83 ab
M1	0.86 a	0.97 a	0.90 a
N1	0.79 ab	0.87 b	0.83 ab
DMS	0.07	0.07	0.08
Luz roja			
SE	0.76 b	0.85 b	0.77 b
X1	0.91 a	0.98 a	0.97 a
M1	0.80 b	0.87 b	0.83 b
N1	0.82 b	0.75 c	0.78 b
DMS	0.07	0.05	0.12
Luz azul			
SE	0.78 b	0.87 b	0.82 ab
X1	0.71 b	0.72 c	0.74 b
M1	0.89 a	0.95 a	0.91 a
N1	0.73 b	0.85 b	0.79 b
DMS	0.10	0.06	0.11
Luz morada			
SE	0.74 b	0.76 b	0.00 a
X1	0.81 ab	0.86 a	0.00 a
M1	0.88 a	0.83 ab	0.00 a
N1	0.76 b	0.78 b	0.00 a
DMS	0.11	0.07	0

DMS\*: diferencia mínima significativa, valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.5$ ).



## Conclusiones

1. La longitud de onda de la luz de alta intensidad emitida por diodos (LED) altera la cantidad de clorofila, xantofila y carotenoides en plántulas de frijol.
2. Para cultivos de interiores se recomienda la luz LED en espectro rojo, con la cual se optimiza el contenido de clorofila, incrementa la pigmentación del dosel de la planta y se obtiene un incremento en la tasa fotosintética.
3. Para el genotipo X1 se recomienda mantener su desarrollo en rojo para obtener el incremento de clorofila y luz azul para SE, debido a que promueven un mayor contenido de pigmentos y calidad visual de plántulas.

## Literatura Citada

- Bian, F., Su, J., Liu, W., and Li, S. 2018. Dormancy release and germination of *Taxus yunnanensis* seeds during wet sand storage. *Scientific Reports*, 8(32), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21469-9>
- Demmig, A., and Adams, W. 1992. Photoprotection and Other Responses of Plants to High Light Stress. *Biology, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular*, 43, 599–626.
- Gonzalias, R. Y., y Ramirez, L. E. 2016. Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). *Informador Técnico (Colombia)*, 80(2), 111–120.
- Lu, N., Maruo, T., Johkan, M., Hohjo, M., Tsukagoshi, S., Ito, Y., *et al.* 2012. Effects of supplemental lighting with light emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single truss tomato plants grown at high planting density. *Environmental Control in Biology*, 50(1), 63–74. <https://doi.org/10.2525/ecb.50.63>
- Manrique, E. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*, 12(1), 1–11.
- Meléndez-Martínez, A. J. 2017. Carotenoides en agroalimentación y salud.
- Mengxi, L., Zhigang, X., Yang, Y., and Yijie, F. 2011. Effects of different spectral lights on *Oncidium* PLBs induction, proliferation, and plant regeneration. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 106(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9887-1>



- Misra, A. N., Latowski, D., and Strzalka, K. 2006. The xanthophyll cycle activity in kidney bean and cabbage leaves under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 53(1), 102–109. <https://doi.org/10.1134/S1021443706010134>
- Moreno-Jiménez, A. M., Loza-Cornejo, S. y Ortiz-Morales, M. 2017. Efecto de luz LED sobre semillas de *Capsicum annuum* L. var. serrano. *Biotecnología Vegetal*, 17(3), 145–151. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/552>
- Muhammad, J. 2014. Estimation of carotenoid contents of selected mediterranean legumes by HPLC. *World Journal of Medical Sciences*, 10(1), 89–93. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjms.2014.10.1.81202>
- Niu, G., and Masabni, J. (2018). Plant Production in Controlled Environments. *Horticulturae*, 4(4), 4–7. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040028>





# GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL CENTRO DE VERACRUZ

*Rogelio Miranda Marini<sup>1</sup>, Maurilio Mendoza Mexicano<sup>1</sup> y Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>1</sup>*

## Resumen

El cultivo de la caña de azúcar en México está presentando una crisis ante la falta de germoplasma que se adapten a las diferentes regiones edafoclimáticas productoras del endulzante, lo que ha generado un estancamiento en la productividad de los cañaverales. Así mismo la mayor parte de la producción está basada en solo dos variedades (CP 72-2086 y MEX 69-290), siendo la de mayor importancia la primera, así mismo en la última década se han presentado problemas de roya naranja atentando contra la producción mundial de caña, ya que esta es susceptible. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento agroindustrial de 20 variedades promisorias de caña de azúcar buscando una alternativa a la variedad CP 72-2086, por lo que se estableció una parcela experimental con 16 variedades promisorias de caña de azúcar en el área de influencia del ingenio San José de Abajo, donde les evaluaron parámetros agrícolas (población, rendimiento, número de hojas y diámetro de tallo) e industriales de interés (°Brix, POL, Fibra). Resultando como variedades promisorias la COLMEX 05-225, COLMEX 05-38 C5, COLMEX 05-238 y COLMEX 05-373 C1, todas de reciente hibridación en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar perteneciente a la Cámara Nacional de la Industrias Azucarera y Alcoholera.

**Palabras clave:** *Saccharum officinarum* L, Roya naranja, adaptabilidad, agroindustrial

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC- INIFAP. \*miranda.rogelio@gmail.com



## Introducción

En México se destinan más de 700 mil hectáreas al cultivo de caña de azúcar según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020), presentándose en 15 estados de los cuales sobresalen Veracruz con el 37% de la superficie sembrada, seguido por Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí y Tamaulipas (con el 10, 9, 8 y 8%, respectivamente, de la superficie nacional), por contraparte los estados que presentan mayores rendimientos agronómicos son Puebla y Morelos con 146 y 118 t/ha.

En el estado de Veracruz se localizan 22 ingenios azucareros (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 18 restantes, en un área relativamente compacta, presentando una gran diversidad de condiciones orográficas y edáficas tan contrastantes como arenosoles, feozem, andosoles y vertésoles, así como climáticas pasando de tropicales hasta llegar a los templado húmedo, y altitudinales que van desde los 0 hasta los 1600 msnm.

En lo que respecta a la producción de los ingenios azucareros en México el 70% está basado en solo dos variedades, la MEX 69-290 y CP 72-2086, 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 la última década a la aparición de nuevas plagas y enfermedades como la roya naranja.

La roya naranja ha afectado de manera significativa la producción primaria en la variedad CP 72-2086 en la mayoría de los países productores de caña, siendo más afectados en centro y Sudamérica, así como en Australia (Ángel *et al.*, 2011; Margarey *et al.*, 2005, Quemé *et al.*, 2010), en el caso específico de Guatemala esta variedad ha tendido a desaparecer, pasando en los últimos 10 años de un 75% a un 30% de la superficie sembrada (Ovalle *et al.*, 2009).

La variedad CP 72-2086 presenta características que la determinan de temprana a intermedia (dependiendo de las condiciones edafoclimáticas), lo que significa que entre noviembre y enero llega a su madurez fisiológica, los ingenios utilizan esta variedad para iniciar zafra y en la actualidad en México no existe alguna sustituta que presente plasticidad respecto a la adaptación a diferentes ambientes.



Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende estudiar el comportamiento agroindustrial (rendimiento en campo y fabrica) de 16 variedades promisorias de caña de azúcar y cuatro testigos regionales en el área de influencia del ingenio San José de Abajo en el municipio de Cuitlahuac, Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

El experimento de evaluación de variedades de caña de azúcar, se estableció el 26 de enero de 2018 en el área de influencia del ingenio San José de Abajo, localizado en el municipio de Cuitlahuac, Veracruz a los 19° 46.50' de latitud norte y 96° 46.65' de longitud oeste; presentando clima cálido húmedo, con una temperatura media anual de 21.2°C y 900 mm de precipitación, el periodo de lluvias abundantes en verano, aunque presenta una buena distribución a lo largo del año. El tipo de suelo es un Feozem, de textura franca, presentando adecuado drenaje superficial y alto contenido de materia orgánica.

La preparación del terreno se realizó mediante un paso de subsuelo, dos pasos con un arado de disco y dos pasos de rastra, para posteriormente realizar el surcado.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones, el cual conto con 20 unidades experimentales (siendo las variedades de caña: COLMEX 05-38 C9, COLMEX 05-633, COLMEX 05-663, RB 85-5113, COLMEX 05-256, COLMEX 05-236, COLMEX 05-373 C1, COLMEX 05-730, COLMEX 05-884 C3, COLMEX 05-38 C5, COLMEX 05-238, COLMEX 05-542, COLMEX 05-66, ATEMEX 96-40, COLMEX 05-5, COLMEX 05-225 y como testigos RD 75-11, MEX 69-290, CP 72-2086 e ITV 92-373) en parcelas de 8 m de largo con 4 surcos a una separación de 1.2 m.

La fertilización se fracciono en tres, la primera se realizó al momento de la siembra mediante la aplicación mecanizada de 200 kg de fosfato di-amónico, a los 60 días de realizada la siembra se aplicaron de forma mecanizada 300 kg de la fórmula 20-10-10 de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente y finalmente a los 120 días se realizó la aplicación manual de 100 kg de urea por hectárea.



El control de malezas se realizó a los 3 días de sembrado mediante la aplicación de 1.5 kg/ha de atrazina (calibre 90), a los 60 días se realizó una limpieza manual y 75 días se realizó el control mediante 2 paquetes/ha Gesapax Gold (Ametrina, 2,4-D y diuron).

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 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. 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 Stanless 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 extrapolándolo 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), se determinaron los siguientes parámetros, Pol en porcentaje se realiza mediante una lectura directa de una submuestra clarificada, sobre una solución de 26 g 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 la razón porcentual entre el Pol y los °Brix del jugo. Los azúcares reductores 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 24 variedades de caña, de las cuales se midieron diferentes parámetros de desarrollo agronómico observándose (Cuadro 1) 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)	Numero de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Población (miles)
COLMEX 05-225	51 b	2.68 a	20.7 a	25 a	119.3 a
COLMEX 05-663	56 ab	2.64 a	27.0 a	32 a	116.2 a
ITV 92-373	54 ab	2.57 a	22.3 a	31 a	115.7 a
COLMEX 05-38 C5	73 a	2.74 a	24.5 a	28 a	105.6 a
COLMEX 05-542	53 b	2.75 a	18.0 a	30 a	104.0 a
COLMEX 05- 633	61 ab	2.55 a	22.1 a	28 a	101.3 ab
COLMEX 05-373 C1	47 ab	2.84 a	27.6 a	31 a	100.1 ab
MEX 69-290	50 b	2.17 a	22.8 a	29 a	96.9 ab
COLMEX 05-238	50 b	2.68 a	24.0 a	27 a	96.3 ab
COLMEX 05-66	45 bc	2.42 a	21.5 a	33 a	90.5 b
CP 72-2086	48 bc	2.64 a	27.4 a	30 a	85 bc
COLMEX 05-730	43 bc	2.90 a	26.0 a	30 a	83.9 bc
RB 85-5113	40 c	2.51 a	24.3 a	26 a	82.7 bc
COLMEX 05-884 C3	47 bc	2.92 a	25.3 a	29 a	80.1 c
RD 75-11	42 c	2.60 a	22.5 a	27 a	76.8 c
COLMEX 05-5	41 c	2.62 a	23.9 a	28 a	75.4 c
ATEMEX 96-40	47 bc	2.70 a	21.7 a	29 a	75.0 cd
COLMEX 05-256	38 c	2.51 a	21.7 a	28 a	73.6 cd
COLMEX 05-236	47 bc	2.22 a	21.5 a	28 a	72.7 cd
COLMEX 05-38 C9	26 d	2.64 a	22.5 a	31 a	55.3 e

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

Como promedio de las 24 variedades a los doce meses de evaluación, la altura fluctuó entre los 2.18 y 2.92 m, la variedad que presentó mayor altura fue la COLMEX 05-884 C3, sin presentarse una diferencia significativa con las restantes. Las variedades de menor altura fueron MEX 69-290 con 2.18 m y COLMEX 05-236 con 2.22 m.



La germinación de las variedades presento valores de 26 a 73% dependiendo la variedad, este parámetro definió en un 50% el comportamiento agronómico de los genotipos de caña de azúcar. Realizando la extrapolación de tallos de las parcelas experimentales a tallos por hectárea, se presentó una variación entre los 24 germoplasmas, siendo la COLMEX 05-227 con 119 mil tallos con mayor población (clasificada como muy buena población al presentar más de 80 mil tallos/ha al igual que el 71% de las variedades en estas condiciones edafoclimáticas), la COLMEX 05-38 C9 con 55 mil tallos presento el menor número de tallos/ha (clasificada como población regular entre 40 y 60 mil tallos/ha), así mismo el 25% de las variedades fueron clasificadas como buena población (de 60 a 80 mil tallos/ha).

El diámetro de los tallos vario entre 26 y 34 mm, presentándose un 75% de las variedades con diámetros medios (entre 20 y 30 mm) y el otro 25% con diámetros gruesos (más de 30 mm). El número de hojas fotosintéticamente activas presento una variación de 18 a 31 hojas, este parámetro nos indica principalmente la eficiencia en el uso de la radiación solar, ya que al tener mayor área foliar fotosintéticamente activa promueve una mayor acumulación de carbohidratos, aunque estos dos parámetros no influyeron en el rendimiento agronómico.

La producción de biomasa (t/ha de caña de azúcar) las más productoras de fueron COLMEX 05-225 con 164 t/ha, COLMEX 05-663 con 162 t/ha e ITV 92-373 con 156 t/ha, mismos que se vieron relacionados con la población de tallos por hectárea similar a resultados obtenidos en el sur de Quintana Roo (Sandoval *et al.*, 2013), así mismo, el incrementar los rendimientos en campo y fábrica (Cuadro 2) son los parámetros buscados dentro programa de mejoramiento genético según la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera (2019).

Los sólidos totales (Grados brix) presentes en el jugo de la caña (Cuadro 2), se midieron con un Brixómetro digital, en el tercio medio de los tallos de caña de azúcar, los 20 genotipos evaluados presentaron una variación significativa ( $p < 0.05$ ) entre un valor mínimo de 17.1 en la variedad COLMEX 05-884 C1 y un valor máximo de 24.2 correspondiente a la variedad COLMEX 05-373 C1. Sin embargo, otras variedades como ITV 92-373, COLMEX 05-225, COLMEX 05-238, COLMEX 05-5 y COLMEX 05-256 presentaron valores superiores a los 21 grados Brix, siendo una característica deseable poseer mayor °Brix (Blanco *et al.*, 2004).



**Cuadro 2. Calidad industrial a los 12 meses.**

Variedad	POL (%)	Fibra	°Brix	Pureza
COLMEX 05-373 C1	19.47 a	12.23 a	24.2 a	80.28 bc
COLMEX 05-542	18.93 a	12.79 a	21.2 ab	88.97 b
COLMEX 05-730	18.35 a	12.94 a	20.4 ab	89.56 b
COLMEX 05-225	18.18 a	13.03 a	22.8 a	79.47 bc
COLMEX 05-38 C5	17.97 a	12.71 a	20.0 b	89.71 b
COLMEX 05-238	17.88 a	11.67 a	22.7 a	78.47 c
COLMEX 05-236	17.68 a	12.47 a	20.5 ab	85.89 bc
RD 75-11	17.57 ab	12.30 a	20.0 b	87.75 b
MEX 69-290	17.54 ab	11.07 a	19.4 b	90.14 b
ITV 92-373	17.52 ab	13.45 a	23.7 a	73.84 b
RB 85-5113	17.50 ab	11.36 a	21.2 ab	82.19 bc
COLMEX 05-5	17.41 ab	13.76 a	22.3 a	77.99 c
ATEMEX 96-40	17.36 ab	12.72 a	19.0 b	91.22 b
COLMEX 05-884 C3	16.88 ab	10.30 a	17.1 c	98.44 a
COMLEX 05-663	16.38 ab	13.01 a	18.6 bc	87.83 b
COMLEX 05-38 C9	16.32 b	13.43 a	17.9 bc	91.06 b
CP 72-2086	16.21 b	13.38 a	20.0 b	80.98 bc
COLMEX 05-66	16.17 b	14.70 a	20.2 ab	79.91 bc
COLMEX-633	16.17 b	14.47 a	19.1 b	84.35 bc
COLMEX 05-256	16.12 b	12.81 a	22.0 a	73.11 c

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

El POL o contenido de sacarosa de la caña de azúcar, es uno de los parámetros más importantes a nivel industrial y presento valores de 16.2 a 19.47%, respecto al mejor testigo la RD 75-11 con valores de 17.57%. Las variedades más sobresalientes fueron la COLMEX 05-373 C1, COLMEX 05-542, COLMEX 05-38 C1 y COLMEX 05-730 con valores de 19.47, 18.93, 18.35, 18.18 y 18.35%, respectivamente, considerando que el parámetro deseable dentro de la evaluación de variedades son valores superiores al 15% (Blanco *et al.*, 2004), siendo que el promedio nacional de sacarosa se encuentra en 13.7% (SAGARPA, 2007) y los testigos RD 75-11, MEX 69-290, ITV 92-373 y CP 72-2086 se localizaron con valores de 16.21 a 17.57%, respectivamente.



En la zona de estudio y con las variedades evaluadas, no se presentó incidencia de roya naranja, en cambio se observó una ligera incidencia de roya café en algunas variedades, la cual no influyó en la calidad de la caña.

## Conclusiones

Como se puede observar en los resultados la variedad COLMEX 05-225 presentó para el ciclo de plantilla, bajo las condiciones edafoclimáticas del área de influencia del ingenio San José de Abajo en la comunidad del mismo nombre en Cuitlahuac, Ver., características sobresalientes en los aspectos agronómicos e industriales respecto al mejor testigo la ITV 92-373, así mismo otras variedades que presentaron potencial por la combinación de estas características son las COLMEX 05-38 C5, COLMEX 05-238 y COLMEX 05-373 C1.

## Literatura Citada

- Ángel, S.J.C., O.M. Cadabid y K.J.I. Victoria. 2011. Presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en el valle del río Cauca, Colombia. Carta trimestral. Cenicaña. 2010. 32: 24-29.
- Blanco, M.A., J. Borroto, J.L. Golles, Y. Capdesner, A. Cervantes, S. Rodríguez, M. Rivas y H. Peralta. 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.
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera. 2019. Programa de variedades. Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar. Rosario Izapa, Tapachula, Chiapas.
- CONADESUCA (Comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar). 2020. Reporte 33 de avances de producción de caña de azúcar. [http://www.infocana.gob.mx/mos\\_boletin.php?id=199](http://www.infocana.gob.mx/mos_boletin.php?id=199) [consultado el 22 de febrero de 2021].





- García, M. y E. Medina. 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. pp: 1-38.
- Jiménez, O. y N. Contreras. 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.
- Margarey, R., T. Staier, J. Bull, B. Croft and T. Willcox. 2005. The Australian sugarcane orange rust epiphytotic. ISSCT. Proceedings. XXV congress. Guatemala. pp 648-653.
- Ovalle, W., H. Orozco, J. Quemé, M. Melgar, Maldonado y S. García. 2009. La roya naranja en Guatemala y estrategias para su manejo. [http://www.sugarjournal.com/articles/active\\_subs/2009/August2009](http://www.sugarjournal.com/articles/active_subs/2009/August2009). [consultado el 15 de febrero de 2021].
- Quemé, J.L., H. Orozco y A. Salazar. 2010. Estrategias de cruzamiento en el Programa de Variedades del CENIGCAÑA. pp 87-91. *In.*: Memoria presentación de resultados de investigación 2009-2010.
- Romero, E.R. 2009. Manual del cañero. 1era edición Edit. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Tucumán, Argentina. 232 pp.
- SAGARPA (Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación). 2007. Programa nacional de la agroindustria de la caña de azúcar 2007-2012. 52 p.
- Sandoval, G.J.A., P.J.F. Cervantes y B.G.J. Zapata. 2013. Evaluación de nuevas variedades de caña de azúcar con potencial para la industria del etanol y adaptadas a suelos vertisoles en Quintana Roo. 164 p. *In.*: Memoria Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Veracruz, México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Cierre de la producción por cultivo. [online] <http://www.siap.gob.mx/> [consultado el 20 de febrero de 2021].
- Zossi, B.S., G.J. Cárdenas, N. Sorol y 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.



# DIAGNÓSTICO TÉCNICO PRODUCTIVO DEL MAÍZ DEL MUNICIPIO DE SAYULA DE ALEMÁN, VER

Marcos Ventura Vázquez Hernández<sup>1</sup>, Mauro Sierra Macías<sup>1</sup> y Flavio Antonio Rodríguez Montalvo<sup>1\*</sup>

## Resumen

El estado de Veracruz tiene una sólida producción agroalimentaria. En el sector agrícola se produjeron 31,530,870.2 t de productos agrícolas que representan el 4.5% del total de la producción nacional en el 2019, que superan un valor de producción de 44 mil 454 millones de pesos. En cuanto a la superficie sembrada, destacan los cultivos de maíz grano, caña de azúcar, naranja, café cereza y limón, sobresaliendo el cultivo de maíz con 574,332.8 ha sembradas, que representan el 37.9% de la superficie agrícola del estado de Veracruz y 7.3% de la superficie de la superficie agrícola nacional. La producción de carne en canal de Veracruz en el 2019 fue de 824,809 t, que representó el 11.4% de la producción nacional en el 2019, con un valor de 37.77 millones de pesos. En este sector, a nivel nacional, sobresale la producción de carne de ave de traspatio, bovino y porcino con una distribución del 48, 28 y 22%, respectivamente. La producción agropecuaria de Sayula de Alemán, Ver., se caracteriza por la producción de maíz para grano y maíz y sorgo para la producción de forraje. La superficie sembrada de maíz supera anualmente las 4200 ha, pero con bajos rendimientos (3 toneladas por hectárea máximo). Por otra parte, la producción de carne en canal alcanza las 5500 toneladas, sobresaliendo la producción de carne de bovinos, porcinos y aves. Se realizó el diagnóstico técnico productivo del Municipio de Sayula de Alemán, Veracruz. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron problemas edafoclimáticos y de manejo del cultivo que afectan la producción del cultivo de maíz para grano y forraje, que pueden ser corregidos con la preparación del suelo y con mejoras en el manejo del cultivo.

**Palabras clave:** *Zea mays*, producción, problemática

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Km. 34.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Medellín, Veracruz, México. 94270. Correo-e: vazquez.marcos@inifap.gob.mx



## Introducción

El estado de Veracruz tiene una población de más de 8.1 millones de personas, de los cuales más 425 mil contribuyen para que Veracruz sea el segundo estado más importante en la producción de alimentos. Participa con 7.3% del valor de la producción nacional, lo que genera una derrama económica superior a los 44 mil 454 millones de pesos anuales. En el área agrícola ocupa el primer lugar en la producción de caña de azúcar, arroz, piña, naranja, limón, mandarina, tangerina, papaya, chayote, vainilla, pimienta y hule, entre otros; se encuentra entre los diez estados con mayor producción de café, maíz, sorgo, frijol negro, chile verde, papa, toronja, mango, jícama, plátano, sandía, tabaco y palma de aceite. Si bien, Veracruz no ocupa el primer lugar en la producción de maíz, la superficie cultivada de maíz representa casi el 38% de la superficie agrícola del estado (SIACON, 2021) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Superficie sembrada y participación estatal de los cinco principales productos agrícolas en Veracruz.**

Cultivos	Superficie sembrada (ha)	Participación (%)
Agrícola estatal	1,514,813.50	100
Maíz grano	574,332.80	37.9
Caña de azúcar	303,579.10	20
Naranja	169,965.50	11.2
Café cereza	143,801.60	9.5
Limón	47,895.10	3.2

En cuanto al volumen de producción, el cultivo de maíz representa el 3.5% de la producción agrícola estatal, superado sólo por la caña de azúcar que representa el 69.1% y la naranja el 7.9% (Cuadro 2).

El municipio de Sayula de Alemán tiene sus características intrínsecas en la producción del cultivo de maíz blanco, que se destina principalmente para autoconsumo. La producción de maíz se realiza en los dos períodos agrícolas, Primavera-Verano (P-V) y Otoño-Invierno (O-I). En el 2019 la superficie sembrada anualmente fue de 4,495 ha, de las cuales el 42.8% se siembra en el ciclo P-V y 57.2% en O-I con una producción anual de 10,745 t, con un valor de la producción superior a los 37.8 millones de pesos (SIACON 2021).



**Cuadro 2. Volumen de producción y participación estatal de los cinco principales productos agrícolas en Veracruz.**

Cultivos	Volumen de producción (t)	Participación estatal (%)
Agrícola estatal	31,530,870.2	100.0
Caña de azúcar	21,788,889.0	69.1
Naranja	2,486,956.3	7.9
Maíz grano	1,113,138.5	3.5
Limón	702,876.4	2.2
Piña	686,784.3	2.2

Debido a la importancia de la producción bovina en el municipio de Sayula de Alemán la producción de forraje verde cobra gran importancia con base a la producción de maíz y sorgo para silo. La producción ganadera es de pastoreo semi extensivo; por tanto, el silo es considerado como un insumo por los productores de ganado bovino de doble propósito, utilizado como suplemento alimenticio para que sus animales mantengan su condición corporal en la época de estiaje, cuando la cobertura vegetal de las praderas disminuye (SIACON, 2021). No están registradas las estadísticas de producción de maíz y sorgo para forraje en el municipio de Sayula de Alemán; sin embargo, de acuerdo con el SIACON (2021), en el Estado de Veracruz se sembraron 1,251.01 ha de maíz y 1,273.34 ha de sorgo para forraje verde, con un rendimiento promedio de 29.5 y 21.6 t, respectivamente; que en conjunto suman un valor de producción superior a los 53 millones de pesos (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Superficie sembrada, volumen de producción y valor de la producción forraje verde de maíz y sorgo en el estado de Veracruz.**

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Valor de la producción (\$)
Maíz	1,251.0	36,942.8	31,965,637.17
Sorgo	1,273.3	27,479.3	21,198,201.24
<i>Total</i>	<i>2,524.4</i>	<i>64,422.2</i>	<i>53,163,838.41</i>

Pese a la importancia económica y social de las actividades agropecuarias en el estado de Veracruz, esta no se ve reflejada en las condiciones y en la calidad de vida de los productores de alimentos, mismos que se consumen en México y en el extranjero. Es por ello que el Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER), de la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER) planteó objetivos concretos como incrementar de manera sostenible la productividad



de las Unidades de Producción Familiar (UPF) del medio rural, con el fin de contribuir a mejorar el ingreso de la población rural. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue dar a conocer los resultados del diagnóstico técnico productivo del cultivo de maíz del municipio de Sayula de Alemán.

## **Materiales y Métodos**

El diagnóstico técnico-productivo de las unidades de producción familiar (UPF) se realizó mediante la aplicación de metodologías participativas y análisis de información secundaria, donde se identificó el estado actual de sus recursos naturales, producción agrícola y pecuaria, nivel tecnológico y productivo. Todo lo anterior permitió identificar la problemática productiva, proponer innovaciones tecnológicas adecuadas para mejorar la producción en el Prodeter 20. El diagnóstico de las UPF consistió en las siguientes etapas:

### **a) Caracterización tecnológica de las Unidades de Producción Familiar (UPF)**

Se diseñó un cuestionario que permitió obtener la información base para la detección de problemas técnicos que inciden en la producción. Se realizó una descripción de las actividades, tecnologías e insumos empleados por los productores en sus actividades productivas. Además, con la información de aspectos socioculturales, que permitan coadyuvar en los procesos de apropiación del conocimiento y mejora de los procesos productivos (edad, escolaridad, tenencia de la tierra, entre otros). Para la caracterización de las UPF se realizó un muestreo aleatorio representativo en campo del 10 al 20% de las UPF que integran el PRODETER 20, se seleccionaron considerando las características físicas y geográficas del territorio.

### **b) Identificación de la problemática productiva**

A partir de la caracterización de las UPF, se identificaron los principales problemas tecnológicos que limitan la productividad en el territorio y con base en la opinión de los productores, se complementó con la información sistematizada de la caracterización y la problemática identificada.



### c) Propuesta de modelo tecnológico

Una vez integrada la información, el equipo de trabajo propuso los componentes tecnológicos apropiados a las condiciones de las UPF, para lo cual identificaron las tecnologías disponibles para atender la problemática productiva en un taller participativo se validó la pertinencia de esta propuesta, además del cambio que se espera en los indicadores productivos (corto, mediano y largo plazo).

## Resultados y Discusión

### Diagnóstico

#### Caracterización del municipio de Sayula de Alemán

Sayula de Alemán tiene una extensión de 662 km<sup>2</sup>. Se localiza entre las coordenadas extremas en 17°34'-17°56' de latitud norte y 94°48'-95°05' longitud oeste. Debido a la orografía del municipio presenta una altitud máxima de 130 m y mínima 10 m. Limita al norte con el municipio de Acayucan, al noreste con el municipio de Oluta, al este con el municipio de Texistepec, al sur con el municipio de Jesús Carranza y al oeste con el municipio de San Juan Evangelista (IIEGE, 2019) (Figura 1).

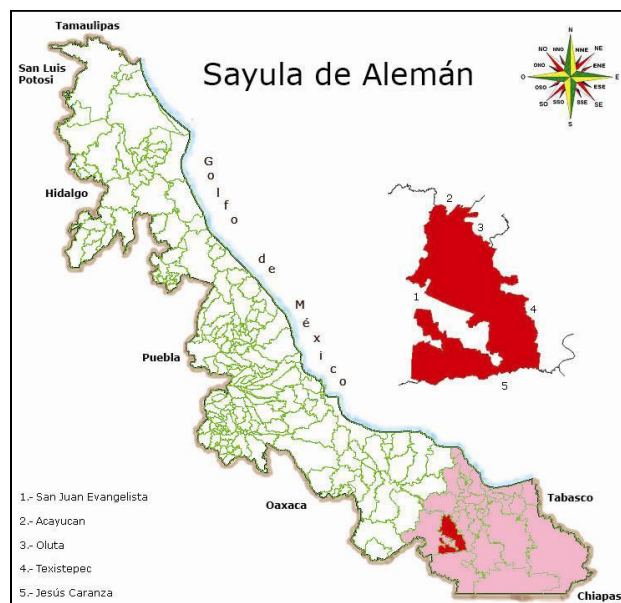
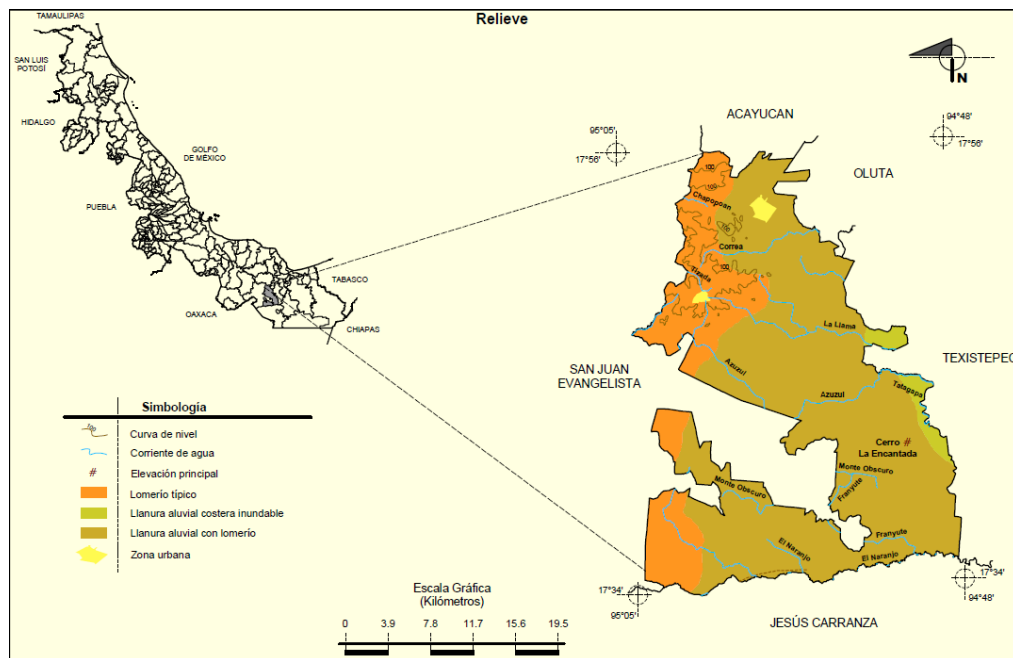


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Sayula de Alemán, Veracruz.



## Relieve e hidrografía

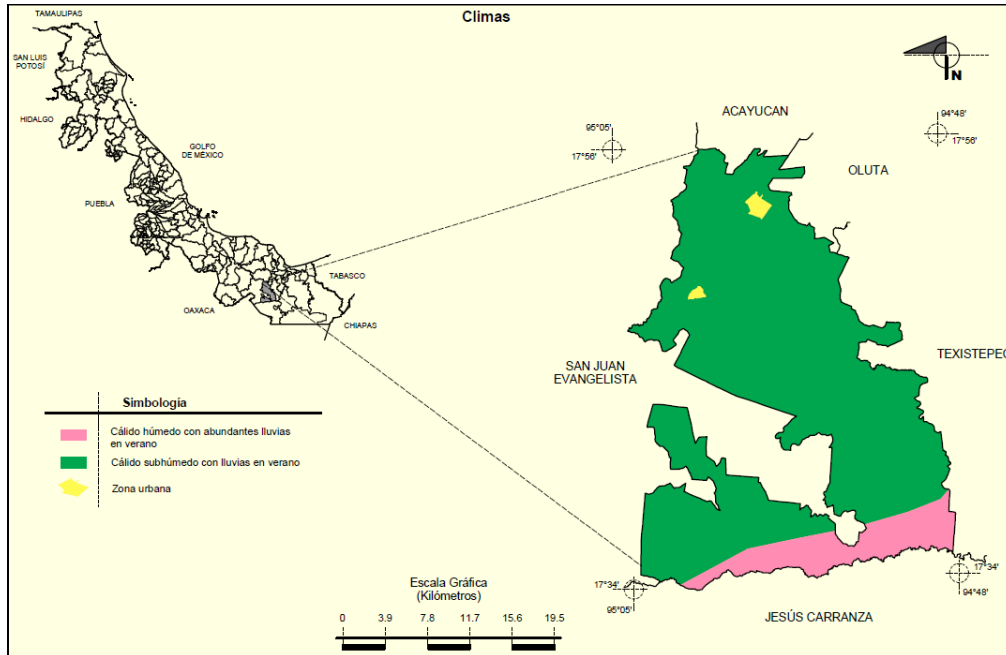
Sayula de Alemán se encuentran ubicado en las grandes llanuras del Sureste Veracruzano por lo que es prácticamente plano, su altitud va de 10 a 130 m. El 89% del territorio de Sayula de Alemán pertenece a la Cuenca del Rio Coatzacoalcos y 11% al Papaloapan. Por el fluyen las corrientes de agua perennes conocidas como El Naranjo, Correa, Chapopoan, Azuzul, Tatagapa y Tizada y las corrientes de agua intermitente, como Franyute, La Llama y Monte Oscuro (INEGI, 2021) (Figura 2a).



**Figura 2. Relieve e hidrografía del municipio de Sayula de Alemán, Veracruz.**

## Clima y ecosistemas

El 90% del territorio del municipio de Sayula de Alemán tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y el 10% restante, localizado en el extremo sur del territorio registra clima Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Figura 3). La temperatura media anual de todo el municipio fluctúa entre 24 y 26°C; con una precipitación promedio anual de 1500 a 2000 mm (INEGI, 2021b).



**Figura 3. Caracterización climática del municipio de Sayula de Alemán, Veracruz.**

### Tipo de suelos

En cuanto a la dominancia del tipo de suelo el Luvisol domina en el 51% en Sayula de Alemán (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Dominancia del tipo de suelo de Sayula de Alemán, Veracruz.**

Tipos de suelo	Dominancia (%)
Luvisol	51
Regosol	21
Fluvisol	
Vertisol	13
Arenosol	
Cambisol	
Gleysol	2
Phaeozem	12

La Figura 4 muestra la distribución del tipo de suelo dentro de los municipios de Sayula de Alemán.



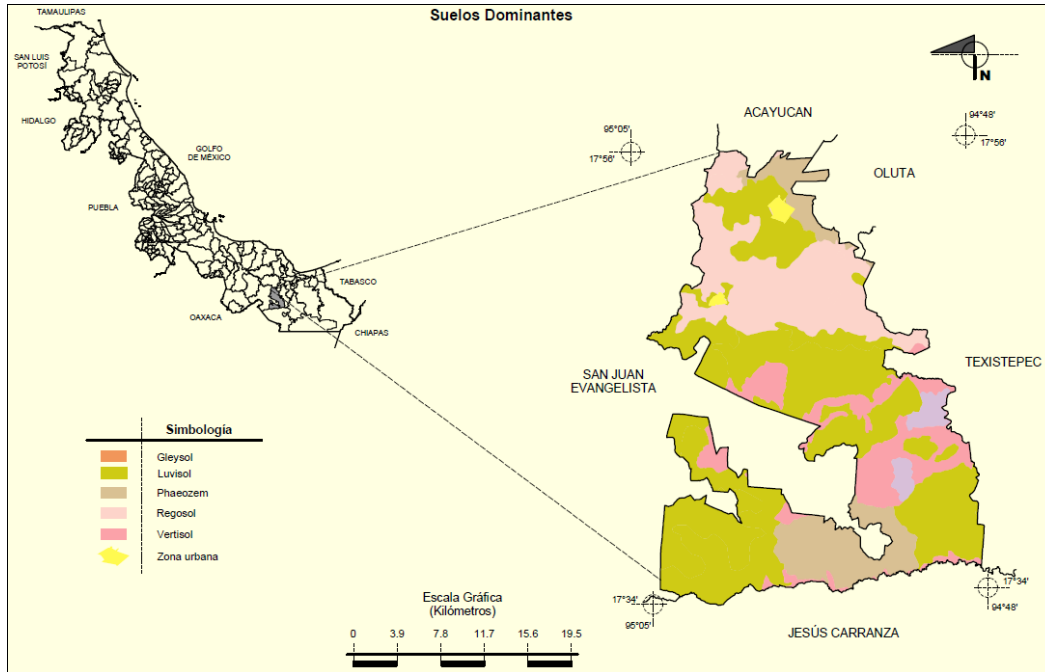


Figura 4. Distribución de los tipos de suelos en el municipio de Sayula de Alemán, Veracruz.

### Uso del suelo y vegetación

El 90% de la extensión territorial de Sayula de Alemán se encuentra cubierta por pastizal, con pequeños sectores de selva (4%) y bosque (1%). El 2% del territorio es dedicado a la agricultura y el 1% es de zona urbana (INEGI, 2021c) (Figura 5).

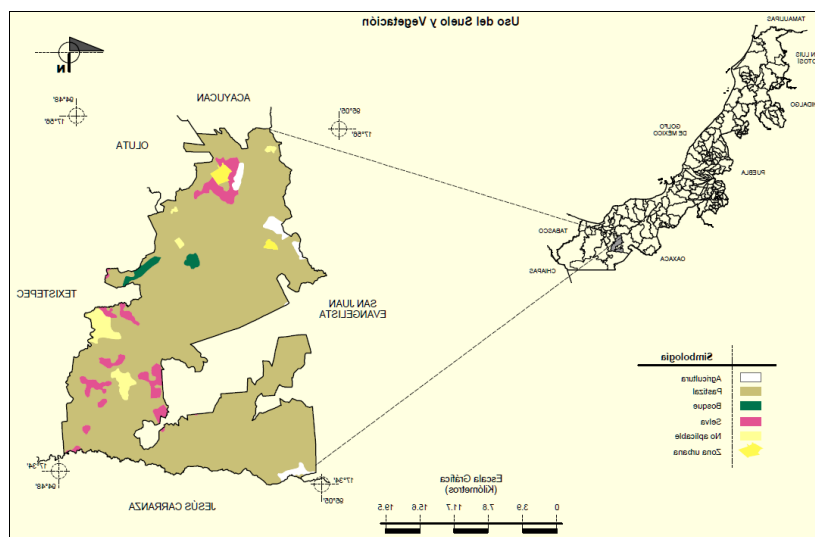


Figura 5. Uso del suelo y vegetación en el municipio de Sayula de Alemán, Veracruz.



## Producción agropecuaria

Las actividades agropecuarias están representadas en su mayoría por la agricultura y en una cantidad menor por la ganadería, los productos cultivados son: maíz, mijo, mango y guaya; mientras que la producción ganadera lo constituyen la cría de ganado vacuno y porcino. El tipo de agricultura es de temporal (Figura 6) y su uso potencial de la tierra para las actividades agrícolas y pecuarias, de acuerdo con el INEGI, de detallan en el Cuadro 5.

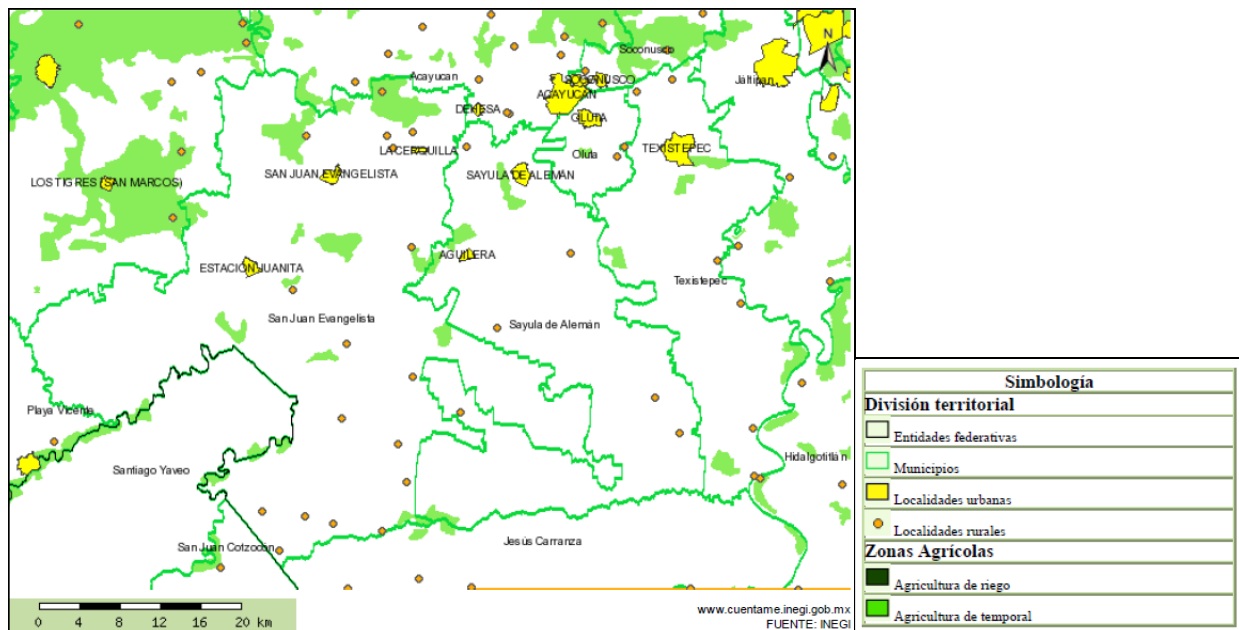


Figura 6. Zonas agrícolas de los municipios del PRODETER 20-SAYULA.

Cuadro 5. Uso potencial del suelo para las actividades agrícolas y pecuarias de Sayula de Alemán.

Actividades agrícolas	
Uso potencial para la agricultura	Sayula de Alemán
Para la agricultura mecanizada continua	55
Para la agricultura mecanizada estacional	15
Para la agricultura con tracción animal continua	15
Para la agricultura manual continua	13
No apta para la agricultura	2
Actividades pecuarias	
Uso potencial para la agricultura	Sayula de Alemán
Para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola	55

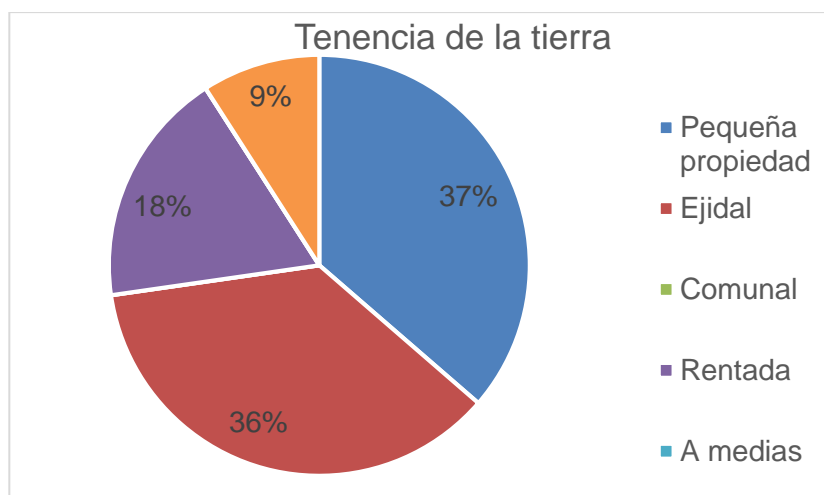


### Continúa Cuadro 5...

Actividades pecuarias	Sayula de Alemán
Uso potencial para la agricultura	
Para el establecimiento de praderas cultivadas con tracción animal	15
Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal	28
Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal	0
No apta para uso pecuario	2

### Caracterización de productores

En lo que respecta a la tenencia de la tierra, el 37% de los productores entrevistados se encuentran inscritos dentro del régimen de pequeña propiedad, seguido de la tenencia ejidal (36%) y el 18% renta los terrenos para la producción agrícola, principalmente (Figura 7).



**Figura 7. Distribución de la tenencia de la tierra de los integrantes del Prodeter 20 del municipio de Sayula de Alemán.**

Las actividades agropecuarias más importantes para los productores son la producción de maíz, de bovinos de doble propósito, cerdos y aves. De acuerdo con los productores, solo un 35% de ellos recibieron algún tipo de asesoría técnica relacionada con las actividades agropecuarias, de las cuales el 43% fue proporcionada por los proveedores de insumos, y el resto fue pagada por los mismos productores. Dada las condiciones del relieve en el territorio



del Prodetar 20, el 91% de los productores tienen alguna obra de captación de agua, de las cuales el 83% son represas y el 15% son pozos

### **Caracterización tecnológica de las UPF de maíz**

De acuerdo con el análisis de la información obtenida no todos los productores disponen en tiempo y forma de los recursos económicos y humanos para realizar las diversas actividades en el cultivo, lo que conlleva a obtener bajos rendimientos (hasta 3 t/ha). Además, el 60% de los productores utilizan semilla criolla seleccionada por ellos mismos, pero desconocen el proceso para seleccionar la mejor semilla para el siguiente ciclo, el 40% utilizan algún tipo de semilla certificada, con la expectativa de obtener un incremento en la producción.

El 36% de los productores realizan la labranza tradicional, el 18% realizan la labranza reducida y el 46% realiza la labranza mínima. Sin embargo, pasan de 15 a 100 días entre la preparación del terreno y la siembra, este periodo permite la pérdida de humedad del suelo repercutiendo en bajos rendimientos. El 67% de los productores realizan la siembra manual y solo el 33% realizan la siembra mecanizada, cuando en promedio el 78% de la superficie agrícola es mecanizable.

En cuanto a la fertilización, no se realizan análisis de suelo para conocer la fertilidad del suelo. La mayoría de los productores aplican de 50 a 100 kg de urea (23-46 kg de nitrógeno) y como máximo 200 kg por hectárea (92 kg de nitrógeno), y en la mayoría de los casos se olvidan de aplicar fósforo y potasio al cultivo.

Para el control de malezas de hoja angosta y ancha todos los productores realizan el control químico; los herbicidas más utilizados son gramoxone, Tordon, Herbi po y 2,4-D.

En el aspecto de plagas, el gusano cogollero es la que se presenta más frecuentemente, seguido de gusano trozador, para su control utilizan comúnmente los insecticidas Foley rey y Arrivo.

El 92% de los productores realizan la cosecha manual, y requieren de 10 a 12 jornales por hectárea para su cosecha. El rendimiento promedio obtenido por los productores es de 2.6 toneladas por hectárea. La mayoría de los productores de maíz ocupan su cosecha para el autoconsumo y los que venden el 100% de su cosecha o parte de ella señalan un bajo precio en el maíz que oscila alrededor de \$4.00 el kg de grano.

El bajo rendimiento obtenido en la región es multifactorial, tanto por condiciones del suelo, clima, preparación del terreno y a las malas prácticas del manejo del cultivo. Por otra parte, en



muchas ocasiones el rendimiento del maíz puede bajar aún más debido a las sequias o a las afectaciones meteorológicas de la región, llegando a perder hasta el 100% de su cosecha.

### **Identificación de la problemática productiva de las UPF de maíz**

En el territorio existe experiencia, potencial y alta capacidad productiva en el cultivo de maíz, sin embargo, además de los factores climáticos y edáficos que afectan a la producción, también las malas prácticas agrícolas desarrolladas en el cultivo de maíz pueden contribuir aún más a la reducción del rendimiento. Esto se debe a que actualmente los productores de maíz realizan sus actividades agrícolas de manera independiente y desorganizada, sin el acompañamiento técnico y organizativo de instituciones públicas o privadas, lo que conlleva a realizar malas prácticas de manejo, empezando desde la preparación del terreno y fechas tardías de siembra. En este sentido, el 39% del terreno se encuentran son de superficie ondulada, el 39% se ubica en laderas suaves y el 22% de ellos son de superficie plana. Estas características permiten obtener en promedio el 78% del suelo para actividades mecanizadas, desde la preparación, siembra y control de plagas y enfermedades de manera mecanizada. La problemática detectada en las unidades de producción de maíz se describe a continuación:

**Uso de semilla criolla.** El 60% de los productores utilizan semilla criolla que ha sido seleccionada por ellos mismos. Sin embargo, debido al desconocimiento en prácticas de mejoramiento, sumado al desconocimiento de la calidad y nutrición del suelo y a las malas prácticas que manejo del cultivo que se detectaron también como problemática, no han logrado incrementar la productividad. Por otra parte, la mayoría de los productores que utilizan semilla certificada se inclinan más hacia la marca de la empresa Dekalb, posiblemente atraídos por el precio de la semilla, comparado con el de otras empresas.

**Preparación del suelo.** El 50% de los productores encuestados realizan el rastreo del suelo y tardan de 15 hasta 100 días en realizar la siembra, solo el 45% de los productores realizan la siembra alrededor de los 30 días después de la preparación del suelo y menos del 20% lo realizan 15 días después de la preparación del suelo. El rastreo y el periodo que tardan en realizar la siembra los productores es uno de los principales factores que limitan la productividad de maíz en el territorio, ya que el rastreo, si bien permite mejor la penetración del agua, el realizarlo cuando no hay precipitación favorece la pérdida de la humedad. Por otra parte, durante el tiempo que transcurre desde la preparación del terreno y la siembra, al ser



demasiado prolongado, también se favorece la pérdida de humedad del suelo, que en el peor de los casos la semilla puede no germinar.

**Siembra.** El 62% de los productores realizan la siembra manualmente, con distancia entre plantas variable y 80 cm entre surcos, con densidades que van desde las 40 mil a 60 mil plantas por hectárea.

**pH y Nutrición.** Las parcelas evaluadas presentan pH debajo de 7, con valores que van de 5.6 a 6.9. Sin embargo, esto era desconocido por los productores debido a que ninguno de ellos realiza análisis de suelo de sus parcelas, ya sea por el costo de los análisis o por que desconocen donde se encuentran los laboratorios. El 83% de los productores realizan la fertilización al cultivo, el 50% realiza dos aplicaciones de durante el ciclo; sin embargo, el 75% de los productores solo aplican urea al suelo, lo que puede contribuir a la acidificación del suelo a largo plazo. También se detectó que el 10% de los productores aplican solo vía foliar sin realizar aplicaciones de fertilizantes al suelo, por lo que el fertilizante aplicado por esta vía es todavía mucho menor al aplicado al suelo por la mayoría de los productores, favoreciendo la desnutrición y baja productividad del cultivo. De acuerdo con los productores encuestados, las cantidades de fertilizantes que aplican no son suficiente para el cultivo de maíz, pues solo aplican de uno a cuatro bultos (50 a 200 kg) de fertilizante por hectárea, además, de que la fertilización la realizan manual y requieren de 8 hasta 14 jornales para realizar la fertilización, encareciendo el costo del cultivo.

**Control de malezas y plagas.** Todos los productores realizan aplicaciones para el control de malezas de hoja angosta y ancha, sin embargo, cerca del 10% de ellos realizan la aplicación de algún insecticida para el control del gusano cogollero junto con el herbicida, por lo que al eliminar químicamente las malezas quedan expuestas las plantas de maíz para ser dañados por el cogollero o trozador, dependiendo de la etapa del cultivo. En el aspecto de plagas, el gusano cogollero es la que se presenta más frecuentemente, y utilizan más frecuentemente el Foley Rey y Arribo para su control.

### **Componentes tecnológicos apropiados a las condiciones de las UPF**

Los componentes tecnológicos identificados como necesarios en las UPF en el cultivo de maíz del PRODETER 20 SAYULA, son los siguientes:

**Uso de semilla mejorada.** La semilla mejorada utilizada por los productores, pertenece en su mayoría a una sola empresa. Se deben de evaluar otros genotipos para seleccionar aquellos



que presenten mejor rendimiento que la usada actualmente. Algunos materiales comerciales, si bien puede ser más caro su precio, también pueden incrementar el rendimiento. Por otra parte, existen algunos genotipos disponibles en el mercado con precios similares, pero que no han sido evaluados en la región, pero que por su desarrollo y adaptación a la región del trópico pueden presentar rendimientos mayores a los que tienen actualmente los productores en sus parcelas.

**pH del suelo y nutrición.** Debido a la acidez de los suelos en la región se recomienda realizar un análisis de suelo para conocer el valor del pH y disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que permite realizar correcciones oportunas del pH y el contenido de nutrientes del suelo para realizar la aplicación de fertilizantes requeridas por el cultivo para su correcto desarrollo y aumento de la productividad. La corrección del pH se realiza con la aplicación de cal dolomítica y la cantidad a aplicar depende del grado de acidez que se presente en cada suelo.

**Preparación del terreno.** La preparación del terreno se debe realizar lo más próximo a la fecha de siembra, principalmente en el ciclo otoño-invierno (siembra con humedad residual), debido a que cuando se realiza el rastreo aumenta la pérdida de agua del suelo por vaporización reduciendo la disponibilidad de agua en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Esto permite un mejor aprovechamiento de la humedad residual desde la siembra y en consecuencia se podrán obtener mejores rendimientos. La corrección de la acidez del suelo se realiza en esta etapa, esto con la finalidad de incorporar la cal dolomítica al suelo.

**Siembra.** Se recomienda realizar la protección de la semilla para la siembra con Semevin, para evitar el daño del gusano cogollero o trozador en etapas tempranas del cultivo para evitar la resiembra parcial. También se recomienda realizar la siembra de forma mecanizada donde el relieve del suelo lo permita y de ser posible, realizar la primera fertilización con la siembra, dependiendo de la fertilidad del suelo. Al realizar la siembra y fertilización mecanizada conjunta se pueden reducir costos de producción y el tiempo de la actividad, porque se asegura realizar la siembra en el mismo día (mejor aprovechamiento de la humedad inicial para la germinación y establecimiento), profundidad de siembra homogénea y una mejor distribución de las plantas dentro de la parcela comparado con la siembra manual.

**Control de malezas.** De acuerdo con los resultados obtenidos, se requiere realizar el control de las malezas con herbicidas selectivos para reducir el número de jornales y aplicaciones. Junto con el control de las malezas se debe realizar la aplicación de algún insecticida para el



control del gusano cogollero o trazador, ya que los zacates son los principales huéspedes de esta plaga y al realizar el control de la maleza, el único alimento disponible y más accesible.

**Nutrición.** Se requiere de realizar un análisis completo del suelo para generar un programa de fertilización. Así mismo, distribuir la dosis de fertilización en dos o tres aplicaciones durante el establecimiento y desarrollo del cultivo. Esto permitirá no solo aportar los nutrientes requeridos por el cultivo, sino que también será utilizado más eficientemente por la planta. Por otra parte, una alternativa para disminuir el número de jornales que requieren para la fertilización se puede recurrir al uso de mochilas fertilizadoras (Figura 8), mismas que pueden ser elaboradas por los productores a un bajo costo, pudiendo disminuir el número de jornales de 12 a 2 por hectárea.



**Figura 8. Aplicación de fertilizante con mochila fertilizadora.**

## **Conclusiones**

El bajo rendimiento en maíz, obtenido por los productores del Prodeter 20 es multifactorial, obedece a problemas de acidez del suelo, preparación del suelo y malas prácticas de manejo del cultivo. La aplicación de los componentes tecnológicos propuestos mejorará la productividad de maíz para grano y forraje.





## Literatura Citada

- IIEGE (Integración de Información Estadística y Geográfica Estatal) 2019. Cuadernillos municipales, Sayula de Alemán. [consultado el 5 de agosto de 2021]. Disponible: [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Sayula-de-Alemán\\_2019.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2019/06/Sayula-de-Alemán_2019.pdf).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2021a. Espacios y datos de México. Mapoteca [consultado el 3 de agosto de 2021]. Disponible: INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2021. Mapas (Versión 3). [consultado el 3 de agosto de 2020]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/datos/#>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2021b. Mapas (Versión 3). [consultado el 3 de agosto de 2021]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/datos/#>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2021c. Mapoteca digital (Versión 3). [consultado el 3 de agosto de 2020]. Disponible: [http://solgeo.inegi.org.mx/mapoteca/frames.html?layer=100&map=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fmapoteca%2Fmap\\_dig\\_cuentame2.map&program=%2Fcgi-bin%2Fmapserv&root=%2Fmapoteca&map\\_web\\_imagepath=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fms\\_tmp%2F&map\\_web\\_imageurl=%2Fms\\_tmp%2F&box=false&drag=true](http://solgeo.inegi.org.mx/mapoteca/frames.html?layer=100&map=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fmapoteca%2Fmap_dig_cuentame2.map&program=%2Fcgi-bin%2Fmapserv&root=%2Fmapoteca&map_web_imagepath=%2Fvar%2Fwww%2Fhtdocs%2Fms_tmp%2F&map_web_imageurl=%2Fms_tmp%2F&box=false&drag=true)
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de consulta) 2021. Estadística de la producción agrícola de 2021. [consultado el 5 de agosto de 2021]. Disponible: [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos/ProduccionAgricola/Cierre\\_agricola\\_mun\\_2020.csv](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos/ProduccionAgricola/Cierre_agricola_mun_2020.csv).



# ***PECUARIA***



*Índice*  
*Clic aquí*



## INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PREDECIR EL PESO AL DESTETE DE GANADO PRODUCTOR DE CARNE EN PASTOREO

*Aurelio Guevara Escobar<sup>1\*</sup>, Mónica Cervantes Jiménez<sup>1</sup>, Vicente Lemus Ramírez<sup>2</sup>, Adolfo Kunio Yabuta Osorio<sup>2</sup> y Humberto Suzán Azpiri<sup>1</sup>*

### Resumen

Las bases de datos de producción animal involucran muchas variables y, además, se relacionan con múltiples factores de manejo y de la base genética del ganado. Tradicionalmente, los métodos de regresión basada en cuadrados mínimos ordinarios (OLS) se han usado para el análisis de datos, pero nuevos métodos de inteligencia artificial ofrecen una alternativa. Se usaron algoritmos de aprendizaje automatizado (ML) para predecir el peso al destete (WW) de ganado bovino en pastoreo. Se usaron 159 registros de crías nacidas de vacas Limousin entre 2004 y 2010 en el altiplano central de México. Se utilizaron procedimientos disponibles en la plataforma de análisis R para obtener modelos de regresión múltiple por medio de OLS o un modelo de tipo ML con base en distintos algoritmos. La raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE) y sesgo fueron menores en el modelo ML (21.75 y -0.50) en comparación con el modelo OLS (36.28 y -5.67). Otras medidas de bondad de ajuste también fueron mejores para el modelo ML. La capacidad para explicar la variación de los datos ( $r^2$ ) en la fase de entrenamiento fue de 0.994 y 0.352 para ML y OLS; en la fase de validación esta capacidad se conservó, siendo los valores de  $r^2= 0.781$  y 0.364, respectivamente. Este resultado sugirió que el modelo ML no adoleció de sobreajuste. La importancia de las variables en el modelo ML fueron: cría macho del Semental Ambition (0.48), edad de la cría al destete (0.18), peso de la cría al nacimiento (0.10), peso de la vaca al parto (0.08) y mes de parto (0.04); la importancia individual de otras variables fue menor a 0.02. Las variables explicativas significativas en el OLS para describir WW, según el índice de Pratt, fueron: edad de la cría al destete (0.12), número de parto (0.14), edad de la vaca al parto

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Qro., México. \*guevara@uaq.mx

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal del Altiplano, Tequisquiapan, Qro., México.



(0.03), peso de la cría al nacimiento (0.03) y el tipo de servicio cuando fue monta natural (0.04). Fue notable la ausencia del sexo de la cría como variable importante en el modelo OLS, aunque en el ML tuvo una importancia de 0.018.

**Palabras clave:** alfalfa, aprendizaje automatizado, bovinos, peso corporal, regresión

## Introducción

Predecir las variables productivas del ganado es importante para representar los esquemas productivos, sus proyecciones económicas y la mejora genética, entre otros. La regresión obtenida por el algoritmo de cuadrados mínimos ordinarios (OLS) se considera una representación óptima entre una variable de respuesta y una variable explicativa, dado que existe normalidad en la distribución de sus residuales y otros supuestos (Quinn y Keough, 2002). Para mejorar las predicciones de la variable de respuesta se acostumbra usar múltiples variables explicativas e incluso transformaciones aritméticas de algunas de estas variables. Con esta práctica, son posibles las situaciones de multicolinealidad y la sobreparametrización del modelo, lo cual no es deseable (O'Brien, 2007). Con pruebas estadísticas adecuadas y removiendo variables del modelo se pueden evitar estas situaciones.

Recientemente, los algoritmos de inteligencia artificial (ML) destacan entre las alternativas al OLS para resolver la regresión entre variables (Linaza *et al.*, 2021). Las predicciones con algoritmos ML resultan de haber encontrado asociaciones y rasgos característicos en los datos con base en reglas de clasificación y regresión. También, es posible generar diferentes realizaciones predictivas usando un algoritmo ML con base en muestras aleatorias de una porción de la base de datos disponible. Las diferentes realizaciones pueden ensamblarse y entonces el modelo resultante predice mejor la variable de respuesta. Más aún, es posible ensamblar realizaciones de diferentes algoritmos ML (LeDell y Poirier, 2020). El análisis de datos con algoritmos ML es emergente, pero de aplicación en diferentes áreas de conocimiento y la modelación se beneficia del mayor número de variables disponibles para identificar su contribución e importancia.



Se conoce que el peso de la cría al nacimiento, su edad al destete y el número de parto de la madre son variables importantes para predecir el peso al destete (WW). La producción láctea se relaciona con el WW (Rutledge *et al.*, 1971), aunque mayor producción láctea puede acarrear un costo nutricional mayor y afectar otras variables productivas y reproductivas (Mulliniks *et al.*, 2020). El cambio de peso de la vaca entre la fecha de parto y el destete podría ser una variable útil para representar el esfuerzo materno durante la lactación, aunque asociada a la historia de alimentación y la edad de la vaca. Por otra parte, la contribución paterna también debe considerarse, sobre todo por la importancia de los programas de reproducción artificial. La contribución ambiental es definitiva en la expresión del genotipo y puede representarse por la temperatura ambiental, la disponibilidad de forraje, la lluvia estacional o simplemente la fecha de nacimiento. Para resolver la naturaleza multifactorial sobre WW, se han presentado estudios de caso aprovechando el acceso a bases de datos disponibles y experimentos específicos (Kertz *et al.*, 2017; Walmsley *et al.*, 2016). En el presente estudio se comparan los enfoques OLS y ML en su bondad para predecir valores observados del peso al destete de ganado bovino productor de carne en pastoreo.

## **Materiales y Métodos**

Se usaron 159 registros de nacimiento de un hato de 88 vacas Limousin en pastoreo de pradera mixta dominada por alfalfa en condiciones del altiplano mexicano durante los años 2004 a 2010, en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en el altiplano, a cargo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El sitio se ubica a 20° 36' 13.88" N, 99° 55' 02.91" O y altitud de 1,913 msnm. El clima es templado, con promedio anual de precipitación de 512 mm, ocurriendo en un periodo promedio de lluvias de 78 días y temperatura diaria promedio de 17.5°C. El esquema productivo fue de partos durante todo el año, pastoreo rotacional y riego con pivote central. Se usó monta natural (MN) e inseminación artificial (IA) con toros Limousin, once nacimientos producto de IA con toros Angus, dos con Belgian Blue y uno con Blonde d'Aquitane. La variable de respuesta fue WW. Las variables explicativas fueron: la vaca, el semental, edad de la vaca, peso de la vaca al parto, tipo de parto, tipo de servicio, raza del



semental, sexo de la cría, peso al nacimiento, mes de nacimiento, edad al destete, pureza racial de la cría y de su madre.

Con el programa R (R Development Core Team, 2009) se obtuvieron los modelos; algunas funciones se encuentran en paquetes de código que deben instalarse en R explícitamente. Los OLS se modelaron con un procedimiento por pasos (stepwise) y usando el valor de inflación de varianza (VIF) para identificar multicolinealidad; con la función stepAIC del paquete MASS (Venables y Ripley, 2002) y la función vif del paquete car (Fox y Weisberg, 2019). La permanencia de variables en modelo consideró un umbral máximo de VIF de 10 y una significancia de 0.05. Con la función calc.yhat del paquete yhat (Nimon *et al.*, 2021), se determinó la importancia de las variables con el índice de Pratt (Nathans *et al.*, 2012). El modelo OLS se representa como:

$$Y = bX + e \quad 1)$$

Donde Y es el vector de la variable de respuesta (WW), b es el vector de parámetros de solución, X es la matriz de diseño de las variables explicativas y e es el vector de residuales. Las variables explicativas no incluyeron transformaciones de los datos originales y tampoco ningún tipo de interacción entre las variables.

En el mismo programa R, se generó el modelo ML con la función AutoML del paquete H2O (Hall *et al.*, 2019). Los modelos ML generados son de “caja negra” y no es posible tener una representación de como las variables se combinan y se interpretan para hacer predicciones. Para ayudar a la interpretabilidad del modelo se usó la función h2o.explain para obtener la importancia de las variables en los modelos individuales. La función AutoML efectúa tareas importantes para generar una pila de modelos individuales y ensambles de modelos: pre-proceso de datos, normalización, ingeniería para selección de rasgos, optimización de hiperparámetros, análisis predictivo, procedimientos para identificar y resolver casos de observaciones no independientes o con distribuciones idénticas y sobreajuste (Truong *et al.*, 2019). Cada modelo puede generarse con algún algoritmo de inteligencia artificial: feed forward artificial neural network (DL), general linear models (GLMs), gradient-boosting machine (GBM), extreme gradient boosting (XGBoost), default distributed random forest (DRF) y extremely randomized trees (XRT). La tarea de entrenamiento trata de encontrar los mejores parámetros para el modelo, al tiempo que minimiza una función de pérdida de entrenamiento como la devianza o el cuadro medio del error. También se considera un término de regularización que



controla la complejidad del modelo y ayuda a reducir el sobreajuste (Mitchell y Frank, 2017). La función AutoML se iteró treinta veces con un valor semilla diferente cada vez. En cada ejecución la base de datos de entrenamiento se divide diez veces para obtener una validación cruzada. Se estableció un tiempo de 300 s para detener el proceso de optimización del modelo, y en cada iteración se añadieron aproximadamente 50 modelos a la pila usando un equipo Dell 7810 con doble procesador Xeon 2680 v 4 y 128 Gb de memoria RAM.

Al azar se seleccionaron el 80% de los registros para utilizarlos en el entrenamiento de los modelos de OLS y ML. El resto de los registros se usó para validar los modelos. La validación consistió en construir una regresión (ecuación 2) entre valores observados y valores predichos y calcular el coeficiente de regresión ajustado por grados de libertad ( $r^2$ ) y la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE) como medidas de bondad de ajuste. Para ambos modelos (OLS y ML) se calculó el sesgo entre los valores observados y los estimados usando el procedimiento de Bland y Altman (2010) implementado en el paquete blandr (Datta, 2017).

$$Y = a + bx + e \quad 2)$$

Donde Y es el vector de valores observados de WW, a es el intercepto, b es la pendiente y x es el vector de valores estimados en cada modelo, e es el vector de residuales.

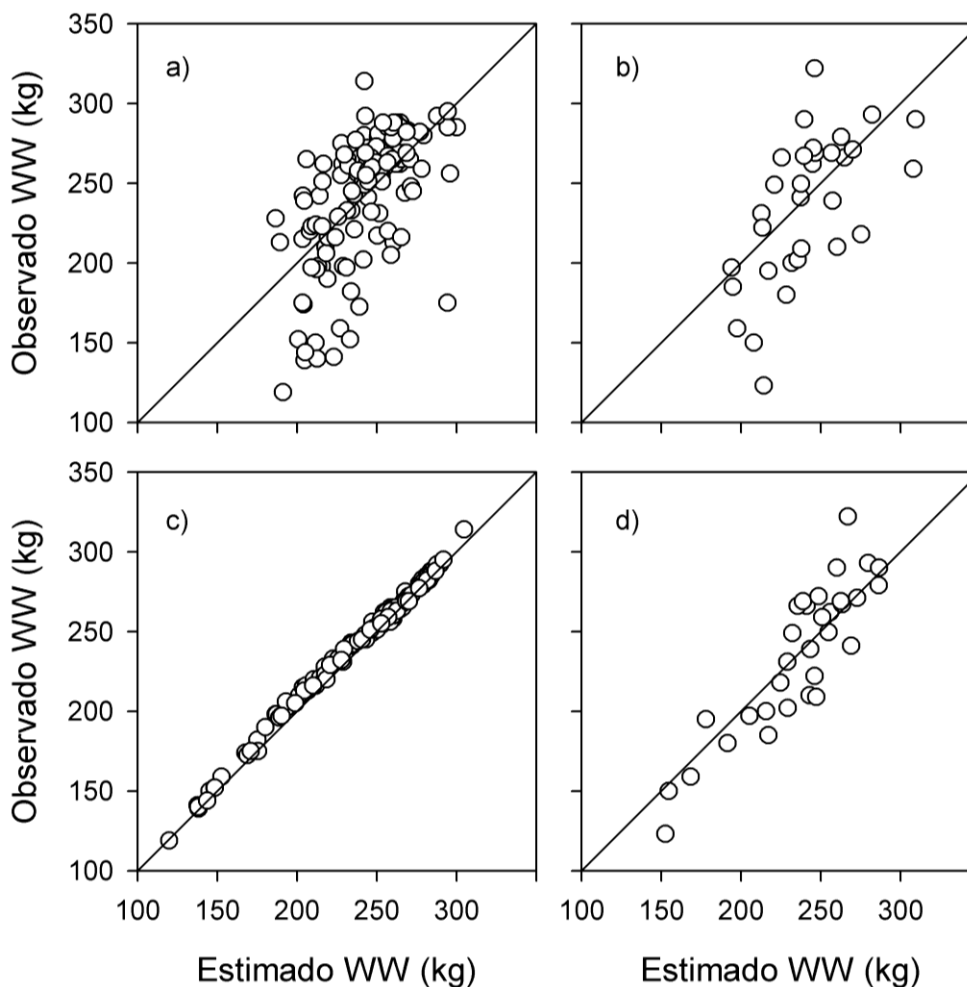
## Resultados y Discusión

El hato fue de vacas de primero a quinto parto, con un peso promedio al parto de  $584.3 \pm 36.2$  kg para las primerizas y de  $670.1 \pm 48.2$  kg para las multíparas. El promedio de WW fue de  $238.9 \pm 36.6$  kg para hembras y  $243.1 \pm 46.6$  kg para machos, a las edades de  $201.7 \pm 21.2$  d y  $197.3 \pm 20.2$  d, respectivamente. El peso al destete estuvo dentro del rango reportado para el ganado Limousin en Francia para el peso al destete ajustado a 210 d de  $247.2 \pm 43.0$  kg (Phocas *et al.*, 2005).

La mejor representación del WW con el algoritmo ML fue un ensamble de modelos con un RMSE de 21.75 y  $r^2$  de 0.781; los valores correspondientes para el modelo OLS fueron: RMSE de 36.28 y  $r^2$  de 0.364, siendo satisfactorios los valores de VIF, que fueron inferiores a 4 (O'Brien, 2007). El ensamble ML tuvo una devianza de 472.9, en tanto que el mejor modelo sin ensamble tuvo una devianza de 494.9; un modelo ML de tipo XGBoost. De un total de 1181



modelos, el peor ML fue un modelo de aprendizaje profundo con una devianza de 7211.3. El modelo ML fue mejor en ambas etapas: entrenamiento y validación (Figura 1). El sesgo fue menor con el modelo ML [-0.50; intervalo de confianza al 95% (IC) de -8.46 a 7.46] en comparación con el modelo OLS (-5.67, con IC de -18.79 a 7.46), existiendo menor concordancia para el modelo OLS con los datos observados. En general, todas las medidas de bondad de ajuste favorecieron al modelo ML, aunque la medida de sesgo debe preferirse en relación al coeficiente de correlación (Bland y Altman, 2010).



**Figura 1. Relación entre valores observados del peso al destete (WW) de ganado productor de carne en pastoreo y los valores estimados por dos modelos: mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y aprendizaje automático (ML). Las Figuras a) y b) corresponden a las etapas de entrenamiento ( $r^2 = 0.352$ ) y validación ( $r^2 = 0.364$ ) del OLS. Las Figuras c) y d) son el resultado en el entrenamiento ( $r^2 = 0.994$ ) y validación ( $r^2 = 0.781$ ) del modelo ML. La línea diagonal es la relación 1:1.**





Para el mejor modelo ML (XGBoost) las variables más importantes fueron: Semental Ambition: cría macho (0.48), edad de la cría al destete (0.18), peso de la cría al nacimiento (0.10), peso de la vaca al parto (0.08), mes del parto (0.04); la importancia individual de otras variables fue menor a 0.02 (pureza de la cría, edad de la vaca, sexo de cría: hembra y pureza de la cría, semental Roble: macho). La importancia de otras variables fue menor a 0.001, incluyendo al número de parto y el sexo de la cría: macho, entre otras. La importancia de las variables explicativas de tipo discreta se asoció con un valor específico.

Para el modelo OLS, las variables explicativas significativas para describir WW y su contribución a explicar la regresión, según el índice de Pratt, fueron: edad de la cría al destete (0.12), número de parto (0.14), edad de la vaca al parto (0.03), peso de la cría al nacimiento (0.03) y el tipo de servicio cuando fue monta natural (0.04). Fue notable la ausencia del sexo de la cría como variable importante en el modelo OLS.

El modelo ML proporcionó predicciones de WW con base en variables conocidas al momento del parto, de tal forma que este tipo de modelo puede usarse para predecir el WW a una edad de destete específica. La utilidad de un modelo ML también radica en poder orientar análisis posteriores o experimentos, de acuerdo a la importancia de las variables incorporadas en el modelo. Por ejemplo, uno de los sementales con mayor peso al destete de su descendencia fue “Sucha” y uno de los de menor desempeño fue “Ambition” (Cuadro 1). No obstante, el promedio de peso al nacimiento de la progenie fue similar 36.6 y 37.8 kg entre estos sementales ( $p > 0.05$ ), pero diferente para WW: 181.5 vs 260.6 kg ( $p < 0.05$ ). La importancia de la variable semental, cuando tomó del valor de “Ambition” se interpreta como muy informativa para poder clasificar los datos y poder hacer una predicción adecuada de WW.

**Cuadro 1. Número de crías ( $n$ ) de machos (M) y hembras (H), promedio ( $\bar{y}$ ) y desviación estándar ( $s$ ) del peso al destete (WW, kg) para los sementales Ambition y Sucha, así como para el hato en general.**

Semental	$n$		$\bar{y}$		$s$	
	H	M	H	M	H	M
Ambition	11	19	186	179	37	33
Sucha	16	13	256	266	10	9
Hato	79	80	239	243	37	47



En una primera impresión, el toro “Ambition” se podría considerar como inferior, pero debido a que las crías de estos toros no fueron contemporáneas, es posible que algunos efectos ambientales fueran importantes y confundieran el desempeño de los sementales respecto al WW. La forma de resolver los efectos implicados es mediante experimentos que manipulen ciertos tratamientos, con la debida aleatorización en la asignación de dichos tratamientos y con adecuada replicación (Hurlbert, 1984). Este tipo de análisis es caro en recursos y dedicación, por lo que, un modelo de regresión como el ML presentado aquí, resulta útil para la toma de decisiones y predecir el WW bajo las condiciones de campo dadas. Debido a que en la etapa de validación el modelo ML presentó un error menor en comparación al OLS, se consideró al ML como superior en la predicción en condiciones distintas a las que se generó el modelo. En la etapa de validación se conservó la capacidad predictiva del modelo ML, aunque aumentó el error en comparación a la etapa de entrenamiento, este resultado sugirió que el modelo construido no adoleció de sobreajuste.

## **Conclusiones**

El modelo de aprendizaje automático fue superior al modelo de cuadrados mínimos ordinarios sin presentar un sobreajuste, ya que pudo hacer predicciones adecuadas del peso al destete a partir de una base de datos independiente a la usada en el entrenamiento del modelo.

## **Agradecimientos**

Agradecemos los comentarios de los revisores de este trabajo. El estudio se apoyó en parte por la Universidad Autónoma de Querétaro a través de la estancia sabática del primer autor.



## Literatura Citada

- Bland, J. M. and D. G. Altman. 2010. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Int. J. Nurs. Stud.* 47:931-936.
- Datta, D. 2017. blandr: A Bland-Altman method comparison package for R. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1244740> [Consultado el 18 de agosto del 2021].
- Fox, J. and S. Weisberg. 2019. *An R companion to applied regression*. Sage Publications Inc. USA. 802 p.
- Hall, P., N. Gill, M. Kurka, W. Phan and A. Bartz. 2019. *Machine learning interpretability with H2O driverless AI*. H2O.ai Inc. Mountain View, CA, USA. 40 p.
- Hurlbert, S. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* 54:187-211.
- Kertz, A. F., T. M. Hill, J. D. Quigley III, A.J. Heinrichs, J. G. Linn and J. K. Drackley. 2017. A 100-Year Review: Calf nutrition and management. *J. Dairy Sci.* 100:10151-10172.
- LeDell, E. and S. Poirier. 2020. H2O automl: Scalable automatic machine learning. p. 1-16. In: *Proceedings of the 7th ICML Workshop on Automated Machine Learning*. Vienna, Austria.
- Linaza, M. T., J. Posada, J. Bund, P. Eisert, M. Quartulli, J. Döllner, et al. 2021. Data-driven artificial intelligence applications for sustainable precision agriculture. *Agronomy* 11:1227.
- Mitchell, R. and E. Frank. 2017. Accelerating the XGBoost algorithm using GPU computing. *Peer J. Comput. Sci.* 3:e127.
- Mulliniks, J., J. Beard and T. King. 2020. Effects of selection for milk production on cow-calf productivity and profitability in beef production systems. *App. Anim. Sci.* 36:70-77.
- Nathans, L. L., F. L. Oswald and K. Nimon. 2012. Multiple linear regression: A guidebook of variable importance. *Pract. Assess. Res. Eval.* 17(9):1-19.
- Nimon, K., F. Oswald and J. K. Roberts. 2021. yhat: Interpreting Regression Effects. <https://cran.r-project.org/web/packages/yhat> [Consultado el 18 de agosto del 2021].
- O'Brien, R. M. 2007. A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Qual. Quant.* 41:673-690.
- Phocas, F., K. Donoghue and H. U. Graser. 2005. Investigation of three strategies for an international genetic evaluation of beef cattle weaning weight. *Genet. Sel. Evol.* 37:1-20.



- Quinn, G. P. and M. J. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. New York, USA. 496 p.
- R Development Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/index.html> [Consultado el 18 de agosto del 2021].
- Rutledge, J., O. Robison, W. Ahlschwede and J. Legates. 1971. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 33:563-567.
- Truong, A., A. Walters, J. Goodsitt, K. Hines, C. Bayan-Bruss and R. Farivar. 2019. Towards automated machine learning: Evaluation and comparison of AutoML approaches and tools. p. 1471–1479. In: *Proceedings of the 2019 IEEE 31st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*. Portland, OR., USA.
- Venables, W. N. and B. D. Ripley. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Springer. New York, USA. 495 p.
- Walmsley, B., S. Lee, P. Parnell and W. Pitchford. 2016. A review of factors influencing key biological components of maternal productivity in temperate beef cattle. *Anim. Prod. Sci.* 58:1-19.



# FRECUENCIA DE LEUCEMIA FELINA EN GATOS DE LA CONURBACIÓN VERACRUZ-BOCA DEL RÍO

Melissa Panzi Chacón<sup>1</sup>, David I. Martínez Herrera<sup>1\*</sup>, Héctor Vivanco Cid<sup>2</sup>, Rosa María Cordero Pulido<sup>1</sup> y José Alfredo Villagómez Cortés<sup>1</sup>

## Resumen

Se obtuvieron 50 muestras sanguíneas de gatos domésticos y ferales de distinta procedencia en la zona conurbada Veracruz–Boca del Río en el estado de Veracruz, para el diagnóstico de la infección con el virus de la leucemia felina (FeLV). Se recolectaron muestras de sangre que se analizaron por inmunofluorescencia directa con un kit comercial para identificar FeLV en los leucocitos. Se encontró una frecuencia de positivos de 10% [intervalo de confianza al 95% (IC95%) de 3.7–22.6], todos los individuos sexualmente activos, enteros o recién esterilizados. La tasa de infección más alta se observó en gatos de 25 a 36 meses de edad (33%; IC95% de 11.3–65.0). Asimismo, las hembras presentaron una frecuencia más alta de infección (13.3%; IC95% de 4.4–31.6) que los machos (5%; IC95% de 0.3–26.9). Se concluye que la frecuencia de infección por FeLV es de 10% y se observó una frecuencia de 13.33% en hembras y 5% en machos.

**Palabras clave:** asociación, FeLV, inflorescencia directa, tasa

## Introducción

La popularidad del gato doméstico ha desplazado al perro doméstico y se ha introducido en núcleos familiares donde cada vez a demandado mayor atención y cuidado, en cuanto a medicina preventiva y tratamiento de enfermedades de diversas etiologías. En la clasificación

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UV. dmartinez@uv.mx

<sup>2</sup> Laboratorio Multidisciplinario de Ciencias Biomédicas, Instituto de investigaciones Médico Biológicas. UV.



de enfermedades infecciosas, las viriosis son las más relevantes en términos de morbilidad y mortalidad para los gatos y, después de los accidentes traumáticos, la leucemia felina es la principal causa de mortalidad, entre todo el abanico de enfermedades mortales (Rivas *et al.*, 1996). La distribución de esta enfermedad es mundial. La prevalencia ha variado en los últimos años por la influencia en la densidad de gatos que conviven en un solo espacio, una mayor cantidad de pruebas diagnósticas realizadas en ellos, el conocimiento de la patogenia del virus y la introducción de vacunas de alta eficacia, generando que exista una variabilidad geográfica y que en algunos países europeos, Estados Unidos y Canadá, la prevalencia sea baja, quizá menor al 1%, mientras que en otros países o áreas concretas la prevalencia alcanza hasta 20% (Aybar-Rodríguez y Vega-Guerrero, 2015). La infección de FeLV se transmite casi siempre por la saliva y puede ser la causa de problemas tumorales. Además, se sabe que el tiempo que transcurre entre la infección y el desarrollo de tumores es muy variable, porque cuanto más joven es el gato al contraer la infección, más corto es el tiempo en el que aparecen los tumores (Palmero y Carballés, 2010). En este sentido, en un estudio realizado por Ochoa-Cruz *et al.* (2006) se analizó el potencial zoonótico del virus de la leucemia bovina y su presencia en casos de cáncer de seno, encontrándose coincidencia entre ambas patologías, por lo que es posible que la leche sea la principal forma de diseminación. Ello genera un nicho de posibilidades para investigar las relaciones que existen entre los retrovirus de los animales domésticos y las afecciones del hombre, entre ellas la transmisión de FeLV a través de la saliva de gatos infectados hacia el humano, y el desarrollo de tumores en distintos tipos de cáncer. Debido a ello, es importante conocer si en los gatos de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río se encuentra el FeLV y qué tan frecuente es.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización del área de estudio**

Las muestras sanguíneas se obtuvieron de clínicas, albergues y domicilios de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río en el estado de Veracruz.



### **Diseño del estudio**

El estudio fue transversal y se obtuvo un total de muestras sanguíneas de 50 gatos adultos de diferentes procedencias. El muestreo fue por conveniencia, debido a la dificultad para la captura y obtención de las muestras en esta especie.

### **Material del estudio**

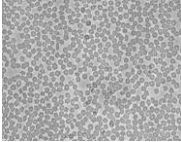
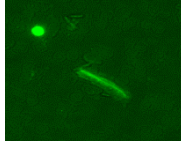

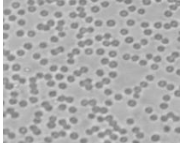
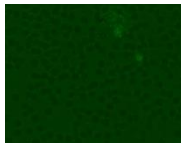

Las muestras se colectaron mediante punción de la vena yugular y/o cefálica en tubos Vacutainer® con anticoagulante EDTA, y se transportaron en hieleras a 4°C al laboratorio para realizar los frotis sanguíneos a la brevedad posible y evitar la lisis celular.

### **Técnica diagnóstica**

Las muestras se procesaron en el laboratorio multidisciplinario del Instituto de Investigaciones Médico Biológicas de la Universidad Veracruzana por inmunofluorescencia directa (IFD) con la técnica establecida en el inserto técnico del kit comercial de Veterinary Medical Research and Development (2007), para la identificación de leucocitos infectados por el virus de FeLV, que comienza por tomar una gota sanguínea para realizar un frotis con capa delgada y, de preferencia, con borde emplumado. Luego se secaron al aire al menos 30 minutos a temperatura ambiente. Para conservar los frotis sin teñir, se sumergieron en acetona-metanol (75/25%) durante 20 minutos y con un lápiz graso se marcó un círculo en el área del frotis a procesar a temperatura de ultra congelación (Revco) entre -76 y -90°C. Para su procesamiento, se colocaron 50 a 100 µL de antisuero anti-FeLV (catálogo VMRD No. 210-46-FeLV1) etiqueta blanca (anticuerpo primario) en el círculo y se esparció con cuidado para cubrir la superficie. Se incubaron los portaobjetos durante 30 minutos a 37°C en un ambiente húmedo. Al final del período de incubación, se enjuagó el portaobjetos con suavidad durante 5 a 10 segundos en solución de PBS 1X y luego se sumergió en éste durante 10 minutos. Se drenó el portaobjetos y se secó alrededor del círculo con una toalla de papel, pero sin permitir que la mancha dentro del círculo se secase. Se colocaron 50 a 100 µL de conjugado anti-IgG FITC (catálogo VMRD No. 210-47-FELV2) etiqueta amarilla, que corresponde al anticuerpo secundario fluoresceinado en el círculo y se volvió a incubar 30 minutos a 37°C en una cámara húmeda. Se repitió el enjuague durante 10 minutos y se escurrió. Se dejó secar la parte posterior del portaobjetos (sin permitir que se secase la parte frontal). Para revisar la laminilla, se colocó una gota de medio de montaje (solución de PBS 1X al 50% / glicerol al 50%) en el círculo, luego se colocó un cubreobjetos y se leyó en un microscopio de fluorescencia. Se revisó la reacción



a 100-250X y se confirmó a 400X. Las células infectadas (neutrófilos, eosinófilos, linfocitos, plaquetas y/o linfoblastos grandes) con FeLV presentan color verde manzana brillante (Veterinary Medical Research and Development, 2007).

	Luz blanca	Luz verde (90% de luz)	Luz verde (20% de luz)
Positivo			
Negativo			

**Figura 1. Representación de controles adquiridos por Veterinary Medical Research and Development (2007).**

La identificación de la proteína viral p27 en el interior de neutrófilos y plaquetas infectadas por FeLV es una condición que ocurre al infectarse de forma productiva la médula ósea. A pesar de que se conoce que en algunos individuos existe una respuesta tardía, de la segunda a duodécima semana post-infección, las células infectadas viajan a través de la circulación sanguínea.

Esta técnica tiene 99% de especificidad. Además, los gatos positivos a ésta por lo general suelen ser virémicos persistentes; por lo que, aunque la sensibilidad sea baja, si un gato presenta leucopenia o trombocitopenia, o sólo una pequeña proporción de los leucocitos periféricos está infectada, la IFD puede dar un resultado falso negativo, pero de ser positiva, es en extremo útil para “detectar enfermedad” en poblaciones felinas, sobre todo si se desconoce la condición zoonosaria de la población con respecto a FeLV (Palmero y Carballés, 2010).

### **Análisis de datos**

El análisis de los datos se hizo de forma descriptiva. Se calculó la frecuencia de infección general y otras frecuencias específicas con el programa VassarStats para estimar los





intervalos de confianza al 95% (IC95%). Asimismo, se buscó asociación por razón de momios (RM) de las variables sexo, edad y condición reproductiva con FeLV a través del programa WinEpi, de donde también se consideró al IC95% para establecer la posible asociación como factores de riesgo o protectores (Thrusfield, 2018).

## Resultados y Discusión

### Frecuencia de Leucemia Felina (FeLV) según la edad

De las 50 muestras de gatos recolectadas, se obtuvieron cinco positivas, que representa una frecuencia general de 10% (IC95% de 3.7-22.6) de los gatos infectados con FeLV y proporciona un dato significativo al demostrar la presencia del virus en leucocitos de algunos sujetos de la población felina de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río; la frecuencia de infección con FeLV resultó más alta en el grupo de 25 a 36 meses de edad (33%; IC95% de 11.3-65) y confirma que, a mayor edad, es más probable encontrar gatos infectados (Cuadro 1), porque son individuos que salen en busca de cópula, pelean por territorio y tienen una vida semiferil, que no les permite contar con condiciones óptimas de vida, atraviesan procesos de estrés y están expuestos a diversos agentes patógenos, entre ellos el FeLV que se transmite con más facilidad por la saliva durante las peleas o consumo de alimentos comunes (Palmero y Carballés, 2010). Al tratarse de un retrovirus, es posible que el periodo de latencia sea un factor por el que se observa una mayor frecuencia en gatos adultos en comparación con los jóvenes (Arellano *et al.*, 2019).

### Frecuencia de Leucemia Felina (FeLV) según el sexo

Las colonias de gatos adultos sin esterilizar se integran en general por reinas que comparten machos, que suelen pelear entre sí, y por eso las hembras son más vulnerables a infectarse con la saliva de los machos infectados (Cuadro 2), porque se encontró una mayor frecuencia de hembras infectadas (13.33%; IC95% de 4.4-31.6) (Palmero y Carballés, 2010). Incluso se observa una probabilidad asociada de 1/10 (RM=2.9; IC95% de 0.3-28.3) entre FeLV y éstas (Thrusfield, 2018); esto significa que quizá al aumentar el tamaño de muestra y mejorar el diseño del estudio, pueda ser un verdadero factor de riesgo y abre la posibilidad de transmisión



al humano a través del contacto con la saliva de las hembras infectadas (Palmero y Carballés, 2010).

**Cuadro 1. Frecuencia de FeLV de acuerdo con la edad.**

Edad (meses)	Muestreados	Positivos	Frecuencia (%)	IC95%
Menores de 12	13	0	0	0.0-3.3
13 a 24	25	1	4	0.2-22.3
25 a 36	12	4	33	11.3-65.0
Total	50	5	10	3.7-22.3

FeLV= virus de leucemia felina; IC95%= intervalo de confianza al 95%.

**Cuadro 2. Frecuencia de FeLV de acuerdo con el sexo.**

Categoría	Animales	Positivos	Frecuencia (%)	IC95%	RM	IC95%
Hembras	30	4	13.3	4.4-31.6	2.9	0.30-28.3
Machos	20	1	5.0	0.3-27.0	1.0	0.04-3.3
Total	50	5	10.0	3.7-22.6		3.80-22.6

FeLV= virus de leucemia felina; IC95%= intervalo de confianza al 95%; RM= razón de momios.

### **Frecuencia de Leucemia Felina (FeLV) según la condición reproductiva**

Las hembras enteras y esterilizadas tuvieron una mayor frecuencia (11.11%; IC95% de 3.0-30.3, y 33%; IC95% de 3.0--30.3, respectivamente), quizá por la edad (Cuadro 3) y por haber tenido la posibilidad de contacto con más gatos infectados durante su vida antes de llegar al procedimiento de esterilización, como lo señalan Arellano *et al.* (2019), quienes indican que un gato sin castrar es 1.99 veces más propenso a ser positivo.

**Cuadro 3. Frecuencia de FeLV según la condición reproductiva.**

Categoría	Gatos muestreados	Positivos a FeLV	Frecuencia (%)	IC95%
Machos enteros	8	1	12.5	0.7-53.3
Machos esterilizados	12	0	0.0	0.0-30.1
Hembras enteras	3	1	33.3	1.8-87.5
Hembras esterilizadas	27	3	11.1	3.0-30.3
Total	50	5	10.0	3.7-22.6

FeLV= virus de leucemia felina; IC95%= intervalo de confianza al 95%.



## Conclusiones

Se encontró una frecuencia de 10% de FeLV en gatos de la conurbación Veracruz–Boca de Río. No se identificaron factores de riesgo asociados con su presentación debido al tamaño de la población estudiada, sin embargo, se observa una frecuencia de 13.33% en hembras y 5% en machos, siendo la edad una condición importante debido a un mayor tiempo de exposición con otros individuos, situación que se agrava cuando el individuo no se encuentra esterilizado, siendo los machos los posibles portadores del virus y al entrar en contacto con una mayor cantidad de hembras, quienes son las más vulnerables a la infección y diseminación mediante crías portadoras.

## Literatura Citada

- Arellano, O., J. Figueroa, F. Salmerón y T. Iturbe. 2019. Seroprevalencia del virus de la leucemia felina en gatos ferales en la Ciudad de México. *Vanguardia Veterinaria*. <https://www.vanguardiaveterinaria.com.mx/95-sep-oct-2019> [Consultado el 20 de Julio del 2021].
- Aybar-Rodríguez, V. y J. Vega-Guerrero. 2015. Manual práctico enfermedades infecciosas felinas. Servet. Zaragoza, España. 192 p.
- Ochoa-Cruz, A., A. Uribe y M. Gutiérrez. 2006. Estudio del potencial zoonótico del virus de la Leucosis Bovina y su presencia en casos de cáncer de seno. *Universitas Scientiarum*. 11(2):31-40.
- Palmero, C. M. L. y V. Carballés P. 2010. Enfermedades infecciosas felinas. Servet. España. 432 p.
- Rivas Maldonado, R., D. I. Ginel Pérez y M. Camacho Quesada. 1996. Enfermedades por inmunosupresión asociadas al virus de la leucemia felina. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*. 16(3):142-164.
- Thrusfield, M. 2018. *Veterinary epidemiology*. Blackwell Science. Oxford, UK: 46 p.
- Veterinary Medical Research and Development. 2007. *Feline Leukemia Virus (FeLV) Detection Set*. Washington: VMRD.



# EVALUACIÓN DEL SUPLEMENTO ALIMENTICIO CON TÉ KOMBUCHA Y *Saccharomyces cerevisiae* SC47 SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CONEJOS NUEVA ZELANDA DURANTE LA ETAPA DE ENGORDA

Luis Salvador Pérez Sotelo<sup>1\*</sup>, Alejandro de la Cruz Bustamente<sup>1</sup>, Valente Velázquez Ordoñez<sup>1</sup>, José Luis Zamora Espinosa<sup>1</sup> y Benjamín Valladares Carranza<sup>1</sup>

## Resumen

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar vía oral el efecto del té Kombucha, hasta ahora de uso en humanos, y de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa Sc47 durante la etapa de engorda en conejos Nueva Zelanda. En un primer experimento ( $\alpha$ ), se utilizaron 30 conejos destetados de cuatro semanas de edad, que se distribuyeron de forma aleatoria en tres tratamientos (té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* cepa Sc47 y Control) con 10 repeticiones. En un segundo experimento ( $\beta$ ), se utilizaron 30 conejos de cinco semanas de edad con las mismas características de distribución. En los dos experimentos, el tratamiento A consistió de té Kombucha en agua de bebida a dosis de 2 mL/kg de peso; el tratamiento B consistió de *Saccharomyces cerevisiae* cepa Sc47 a dosis de 2 mL de agua destilada con 0.014 g de levadura a una concentración en ambos tratamientos no menor de 77000 UFC por mililitro y diluidos en el agua de bebida; el tratamiento C fue el tratamiento control que solo consistió de alimento y agua. Se utilizó un alimento comercial peletizado con 15.5% de proteína, 2% de grasa y 15% de fibra. No se observó indicio de enfermedad gastrointestinal ni respiratoria durante la fase experimental. Los resultados en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal de los experimentos  $\alpha$  y  $\beta$  no fueron estadísticamente significativos ( $P > 0.05$ ). La dosis de té Kombucha utilizada en el tratamiento A no representó peligro alguno para la salud de los conejos; las dosis utilizadas en los tratamientos A y B se consideran bajas para encontrar u observar efectos en los parámetros productivos.

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.



**Palabras clave:** conejos Nueva Zelanda, probióticos, *Saccharomyces cerevisiae* Sc47, té Kombucha

## Introducción

El uso de promotores del crecimiento como estrategia de producción, empleando antimicrobianos exclusivos para medicina veterinaria se ha hecho con el objeto de reducir la presencia de enfermedades bacterianas en los animales, mejorar tasas de crecimiento y disminuir los índices de consumo de alimento (Sumano, 1997).

Esto ha planteado una serie de efectos sobre el hospedero que incluye: la reducción de la población bacteriana en el tracto gastrointestinal, principalmente en el duodeno, con el que se optimiza el aprovechamiento de ciertos nutrientes, la disminución de diversas bacterias anaeróbicas y la proliferación de las aerobias, la inhibición del metabolismo bacteriano de los carbohidratos y las sustancias nitrogenadas, la estimulación de la fagocitosis, el hiperfuncionamiento de la adenohipófisis y, como factor clave, se postulan cambios en la morfología de los órganos del aparato digestivo, que incluyen la reducción del grosor de las vellosidades intestinales, lo que facilita la absorción de nutrientes, además de disminuir el diámetro duodenal y el peso del ciego y del recto (Sumano, 1997; D´ Souza *et al.*, 2002).

La adición de antimicrobianos en la alimentación animal ha dado buenos resultados, sin embargo, estas sustancias actúan provocando una inadecuada síntesis proteínica y alteran el contenido de minerales y vitaminas en los microorganismos Gram positivos y Gram negativos, que en todos los casos es posible que se desarrollen y se seleccionen bacterias resistentes a estos (Sumano, 1997). Además, se han buscado alternativas para promover el crecimiento de los animales a través de una forma más segura, no solo para el animal, sino también para preservar la salud humana; este fenómeno ha favorecido la investigación de distintos productos, entre los cuales destacan los acidificantes en el alimento, aceites esenciales, especias, extractos herbáceos, prebióticos, probióticos y simbióticos. Los prebióticos son algunos carbohidratos componentes de la dieta, no digeribles pero fermentables, que estimulan ciertos grupos de bacterias residentes en el colon como los lactobacilos, bífidobacterias y eubacterias, considerados como agentes benéficos en el humano. Los



carbohidratos con pocos cambios o los carbohidratos con baja digestibilidad son interesantes para su inclusión convencional en productos alimenticios por sus efectos bifidogénicos (Marteau y Flourié, 2001; Cummings *et al.*, 2009).

La inulina (polisacárido) y los fructo-oligosacaridos son probablemente los más utilizados como prebióticos; generalmente se les atribuyen algunos aspectos funcionales comprobados en el hospedero, como es la modulación de la flora del colon por la estimulación del crecimiento de bacterias benéficas (*Bifidobacterium*, *Lactobacillos* y *Eubacterium ssp*) y la inhibición de bacterias indeseables (*Clostridium* y bacteroides), incrementa el volumen de las heces y además contienen muy baja energía al considerarse carbohidratos no digestibles. Se postulan algunos efectos aun no comprobables, como la prevención de infecciones intestinales, modulación de la respuesta inmune, prevención de cáncer colon-rectal y reducción del colesterol sérico. Muchos productos de consumo (yogurt y preparados lácticos) contienen probióticos y prebióticos que facilitan y potencian su efectividad, y permiten la llegada en mayor cantidad de microorganismos probióticos viables al intestino (FAO/WHO, 2002).

El actual resurgimiento de enfermedades a causa de la resistencia bacteriana a antibióticos, está impulsando la investigación de productos alternativos tales como los probióticos y simbióticos antes descritos, que, aplicados correctamente y acompañados con buenas prácticas de manejo y sanidad, pueden ser una magnífica herramienta para estimular la salud y productividad animal y, por ende, fomentar la salud humana.

## **Materiales y Métodos**

Se realizó un experimento doble donde se utilizaron 60 gazapos Nueva Zelanda provenientes de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. El estudio definió como modelo biológico al conejo destetado que no había tenido contacto con probiótico alguno, tanto en el agua como en el alimento. Se pesaron y fueron asignados a dos grupos ( $\alpha$  y  $\beta$ ) con tres tratamientos y 10 repeticiones cada uno.

En el experimento  $\alpha$  se utilizaron 30 conejos de cuatro semanas de edad, que se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos, con un peso promedio por grupo de 5 kg (no se consideró



el sexo durante la distribución). La duración del experimento fue de 42 días. Se utilizaron bebederos graduados y comederos con capacidad para 2 kg. Se les suministró un alimento con 15% de fibra, 15.5% de proteína y 2% de grasa. Los conejos permanecieron en jaulas elevadas del piso, dentro de un lugar cerrado y bajo techo, sin ninguna fuente de calor, y se les realizó la limpieza una vez al día. En el experimento  $\alpha$  el tratamiento A consistió de té Kombucha, el tratamiento B de Sc47, y el tratamiento C fue el control o testigo.

En el experimento  $\beta$  se utilizaron 30 conejos de 41 días de edad, que se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos, con un peso promedio por grupo de 8.6 kg ( $\pm 100$  g). No se consideró el sexo durante la distribución. La duración del experimento fue de 56 días. Se utilizaron bebederos graduados y comederos con capacidad para 2 kg. Se les suministró un alimento con 15% de fibra, 15.5% de proteína y 2% de grasa. Los conejos permanecieron en jaulas elevadas del piso, dentro de un lugar cerrado y bajo techo, sin ninguna fuente de calor y se les realizó la limpieza una vez al día. En el experimento  $\beta$  el tratamiento A consistió de té Kombucha, el tratamiento B de Sc47, y el tratamiento C fue el control o testigo.

En ambos experimentos se dosificó en el agua de bebida una suspensión de té Kombucha (producto comercial) a una dosis de 2 mL/kg de peso (Vijayaraghavan *et al.*, 2000) para el tratamiento A y otra a base de levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa Sc47 disuelta en agua destilada para el tratamiento B, a razón de 2 mL/kg por animal a una concentración no menor a 77000 UFC por cada mililitro; el tratamiento C solo recibió agua y alimento.

Para evaluar la ganancia de peso durante la etapa de engorda, se realizó el pesaje de los animales cada siete días a partir del destete, hasta que los animales alcanzaron los 72 días de vida. Para precisar el consumo de alimento, se pesó la cantidad de alimento ofrecido y rechazado diariamente en todos los tratamientos.

Todos los animales se observaron diariamente para detectar la presencia de diarrea y otras infecciones; al final del periodo de engorda se pesaron los tres grupos y se sacrificaron de acuerdo a la NOM-033-ZOO-1995, mediante el método de degüello, para luego obtener las canales sin cabeza ni vísceras y así obtener el rendimiento en canal mediante la fórmula citada por Méndez (2007):

$$\text{Rendimiento de canal caliente sin cabeza} = \frac{\text{peso vivo} - \text{peso canal}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$



La conversión alimenticia se obtuvo de acuerdo a la fórmula: consumo de alimento/ganancia de peso. Para los datos de consumo de alimento, ganancia de peso semanal y rendimiento en canal caliente, se realizó un análisis de varianza.

### **Evaluación de la dinámica de coliformes durante la fase experimental**

El muestreo se realizó mediante toma de muestra directa, donde se tomó al conejo del dorso. Éste se manipuló para poder obtener heces directas del esfínter y se realizó un pool para cada tratamiento durante los días 0, 15, 30, 45 y 60. Las muestras se procesaron según la NOM-113-SSA1-1994. Inmediatamente después, las muestras se homogenizaron y se realizaron diluciones seriadas hasta alcanzar un factor de 10 hasta una dilución de 5/10000; se vertió un mililitro de cada una de las suspensiones en cajas Petri, se mezclaron con 20 mL de agar Bilis y Rojo violeta (RVB Bioxon, Becton Dickson) y se incubó a 37°C durante 24 h.

### **Resultados**

Desde el destete hasta el final de la fase experimental, ningún conejo mostró indicio de diarrea o infección alguna, tampoco hubo mortalidad en ninguno de los tratamientos.

### **Resultados experimento $\alpha$**

#### **Peso vivo**

**Cuadro 1. Peso vivo (kg) de los 31 a 72 días de vida de conejos tratados con té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento	Semana						
	0	1	2	3	4	5	6
Té Kombucha	5.05	9.47	12.10	14.31	18.7	20.41	21.78
Sc47	5.08	9.35	11.62	14.01	18.49	19.46	21.41
Control	5.03	9.12	11.36	13.95	18.16	19.72	21.31

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.





## Consumo de alimento por periodo de edad

**Cuadro 2. Consumo de alimento (kg) de los 31 a 72 días de vida en conejos tratados con té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento	Días de vida								
	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-72
Té Kombucha	4.39	5.33	5.29	6.27	6.63	7.30	7.53	7.91	3.00
Sc47	4.48	5.27	5.15	5.93	6.35	6.76	6.76	7.93	2.92
Control	4.47	5.27	5.33	6.09	6.39	6.83	6.74	7.84	2.96

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

## Consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia

**Cuadro 3. Consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de los 31 a 72 días de vida de conejos tratados con té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento	Consumo total de alimento (kg)	Ganancia diaria de peso (g)	Conversión alimenticia
Té Kombucha	53.65	39.9	3.19
Sc47	51.55	39.0	3.14
Control	51.92	38.8	3.18

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

## Rendimiento en canal

**Cuadro 4. Rendimiento de la canal caliente sin cabeza a los 72 días de vida de conejos tratados con té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento A			Tratamiento B			Tratamiento C		
Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)
2.110	1.000	52.60	1.810	0.960	46.96	2.200	1.080	50.90
2.140	1.050	50.93	2.210	1.000	54.75	2.030	0.980	51.72
1.990	1.000	49.74	1.500	0.725	51.66	2.160	1.000	53.70
1.980	0.900	54.54	2.100	0.990	52.85	2.200	1.080	50.90
2.380	1.150	51.68	2.400	1.150	52.08	2.200	1.060	51.81
2.160	1.050	51.38	2.300	1.100	52.17	2.150	1.050	51.16
2.330	1.120	51.93	2.350	1.150	51.06	2.000	0.920	54.00



### Continúa Cuadro 4...

Tratamiento A			Tratamiento B			Tratamiento C		
Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)
2.330	1.120	51.93	2.350	1.150	51.06	2.000	0.920	54.00
2.130	1.000	53.05	2.230	1.090	51.12	2.200	1.090	50.45
2.260	1.100	51.32	2.100	0.990	52.85	1.930	0.950	50.77
2.300	1.140	50.43	2.410	1.160	51.86	2.240	1.080	51.78

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

### Resultados del experimento $\beta$

#### Peso vivo

**Cuadro 5. Peso vivo (kg) de los 41 a 97 días de vida de conejos tratados con Té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento	Semana								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Té Kombucha	8.68	12.42	13.25	15.46	17.99	19.92	21.95	24.06	25.18
Sc47	8.68	12.42	13.83	15.95	18.65	19.95	21.96	24.01	24.94
Control	8.65	12.56	13.63	16.12	19.10	20.48	22.58	24.23	24.70

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

#### Consumo de alimento por periodo de edad

**Cuadro 6. Consumo de alimento (kg) de los 41 a 97 días de vida de conejos tratados con Té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento	Días de vida											
	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-97
Té Kombucha	99.6	101.8	105.4	109	102	111.2	104	102.6	117.2	128	118.6	49.4
Sc47	95.8	99.6	127.4	107.2	100.6	99	94	91.8	101.4	116.6	103	44
Control	96.2	92.6	102.6	105	114.6	120.6	110.2	107.6	116.4	124.2	80	42

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.



## Consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia

**Cuadro 7. Consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de los 41 a 97 días de vida de conejos tratados con té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Grupo	Consumo total de alimento (kg)	Ganancia diaria de peso (g)	Conversión alimenticia
Té Kombucha	62.44	28.8	3.80
Sc47	59.02	28.2	3.73
Control	60.60	27.7	3.90

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

**Cuadro 8. Rendimiento de la canal caliente sin cabeza de los 41 a 97 días de vida de conejos tratados con Té Kombucha, *Saccharomyces cerevisiae* y Control.**

Tratamiento A			Tratamiento B			Tratamiento C		
Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)	Peso final (kg)	Peso en canal (kg)	Rendimiento en canal (%)
2.460	1.280	47.96	2.220	1.050	52.70	2.450	1.270	48.16
1.900	1.390	26.84	2.230	1.000	55.15	2.310	1.110	51.94
2.680	1.110	58.58	2.290	1.130	50.65	2.110	0.900	57.34
2.710	1.320	51.29	2.750	1.250	54.54	2.500	1.140	54.40
2.280	1.050	53.94	2.470	1.130	54.25	2.650	1.340	49.43
2.940	1.300	55.78	2.720	1.300	52.20	2.730	1.200	56.04
2.750	1.360	50.54	2.870	1.540	46.34	2.500	1.170	53.20
2.380	1.200	49.57	2.130	1.100	48.35	2.350	1.100	53.19
2.420	1.110	54.13	2.000	0.980	51.00	2.470	1.200	51.41
2.300	1.200	47.82	2.800	1.340	52.14	2.100	1.100	47.61

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.

## Discusión

En el consumo de alimento de los tratamientos de ambos experimentos no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ); sin embargo, en los resultados numéricos los conejos del tratamiento A consumieron ligeramente más alimento que los del tratamiento B y C. En un modelo murino se observaron modificaciones de este comportamiento y se asoció a



un aumento de la actividad física de los ratones (Hartman *et al.*, 2000). Esto podría estar influenciado por las moléculas liberadas por la planta de té (cafeína, teína, y polifenoles) durante la elaboración (Vidjaya *et al.*, 2007; Yamauchi *et al.*, 2008; Langley, 2000). En este estudio no se midió la actividad física de los conejos, por tanto, no se puede descartar o asegurar que el mecanismo en el aumento en el consumo de alimento este asociado con el aumento de la actividad física inducida por el té Kombucha. En cuanto a las levaduras de los géneros *Brettanomyces*, *Zigosaccharomyces* y *Schizosaccharomyces* presentes en el té Kombucha, se desconoce qué efectos tengan en la alimentación, por lo que no se descarta que éstas hayan tenido influencia directa en la modificación de consumo de alimento.

Aunque en el tratamiento B de ambos experimentos se registró un ligero descenso numérico en el consumo de alimento respecto a los tratamientos A y C, no fue estadísticamente significativo ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, en cerdos y conejos se ha demostrado que el suministro de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa Sc47 suplementada en el alimento o en el agua, disminuye el consumo de alimento respecto al control (Pérez, 2005; Méndez, 2007). Esta disminución podría estar asociada a un mayor porcentaje de absorción de nutrientes en el intestino, por lo que se ve modificado el apetito (Pérez, 2005).

La ganancia de peso del tratamiento A registró un ligero aumento numérico estadísticamente no significativo ( $P > 0.05$ ), posiblemente debido al consumo de alimento y al contenido de levaduras del té Kombucha (*Brettanomyces*, *Zigosaccharomyces*, *Schizosaccharomyces* y *Saccharomyces* (Hartman *et al.*, 2000; Kurtzman *et al.*, 2001), que coadyuvan a mejorar el aprovechamiento de la dieta, además del contenido del té (azúcares, vitaminas aminoácidos), que coadyuvieron a obtener ligeras ganancias en peso vivo.

Respecto al tratamiento B, la ganancia de peso fue ligeramente mayor (numéricamente) que la del tratamiento C, con un menor consumo de alimento ( $P > 0.05$ ). Esto puede ser debido a que las levaduras sintetizan enzimas que catalizan la hidrólisis de los constituyentes celulares de los ingredientes de la dieta, y los productos liberados (aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos) quedan disponibles para el hospedero, lo que origina un mayor aprovechamiento de nutrientes (Luna, 1998), requiriendo menos alimento para cumplir las funciones fisiológicas del animal. En los estudios realizados por Méndez (2007) y Pérez (2005) se registraron mayores ganancias de peso, sin aumentar el consumo de alimento. Al calcular el promedio de ganancia diaria de peso por conejo por grupo se encontraron valores de 39.9 g/conejo/día para el grupo



tratado con té Kombucha, de 39.0 g/conejo/día para el grupo tratado con *Saccharomyces cerevisiae* y de 38.8 g/conejo/día en el grupo control, sin embargo, los resultados obtenidos no son estadísticamente diferentes entre grupos ( $P < 0.05$ ).

En un estudio hecho en conejos por Cachaldora (2004), utilizando fructo-oligosacaridos y enzimas como prebióticos, se encontraron ganancias de peso de 34.1 y 31.03 g/conejo/día, respectivamente. Martínez (2004) y Roquet (2002), utilizando probióticos, observaron ganancias promedio de 38 y 40 g/conejo/día, respectivamente. Comparando los valores encontrados en el presente estudio con los anteriores, el té Kombucha superó los resultados obtenidos con prebióticos e igualó el valor reportado por Roquet (2002). También los grupos B (39.0 g) y C (38.8 g) superaron los valores utilizando prebióticos e igualaron los valores reportados por Echeverri (2004). Esto sugiere que con el suplemento de probióticos en la dieta, se pueden obtener mejores ganancias de peso que con el suministro de prebióticos. Las ganancias superiores del grupo C en comparación con las de Echeverri (2004), podrían estar asociadas a los valores nutricionales de las dietas, entre otros factores.

En los resultados de rendimiento en canal del experimento  $\alpha$  en los tratamientos A (10,510 kg), B (10,315 kg) y C (10,290 kg), los del experimento  $\beta$  en los tratamientos A (12,320 kg), B (11,820) y C (11,530 kg), las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). En cuanto a los valores de rendimiento en canal, en el experimento  $\alpha$ , A (51,76%), B (51.73%) y C (51.71%), y el experimento  $\beta$ , A (50.36%), B (51.73%) y C (52.29%) no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ), aunque en peso vivo final y peso en canal en los tratamientos A y B tratados con probióticos fueron superiores respecto al grupo control; en el rendimiento en canal los resultados son muy variados. Esta diferencia se puede atribuir a variaciones en el proceso de matanza, la obtención de la canal, el tiempo de desangrado y el tiempo de sacrificio entre uno y otro grupo, que pueden interferir directamente con el rendimiento en canal (Climent, 1977). Al comparar este estudio con otros trabajos hechos en conejos, se encontraron rendimientos de canal similares. Méndez (2007), tras suplementar *Lactobacillus* y *Saccharomyces* por diez días previos al destete, encontró rendimientos en canal sin cabeza de 48.61 y 49.92%, respectivamente, y de 50.22% para el testigo, sin observar diferencias estadísticas significativas. Los resultados en ambos trabajos pudieran estar asociados a variaciones en el proceso de matanza antes descrita, y a que en el presente trabajo se realizó el pesaje en canal sin cabeza y sin vísceras (riñón e hígado).



## Conclusiones

No se observó efecto de los probióticos utilizados en cuanto al tiempo de administración entre los dos experimentos; sin embargo, se observaron ligeras diferencias numéricas en los tres grupos. El té Kombucha se comportó ligeramente mejor en los parámetros medidos respecto a los tratamientos B y C. No hubo rechazo al consumo del té Kombucha durante el experimento, y se pudo tener un buen manejo adicionado al agua de bebida que no causó alteraciones patológicas en la conducta de los conejos; algo similar sucedió con el uso de *Saccharomyces cerevisiae*. Se considera que las dosis utilizadas de té Kombucha y *Saccharomyces cerevisiae* en el presente trabajo fueron bajas para observar mejores efectos en parámetros productivos.

## Literatura Citada

- Cachaldora, P. 2004. Eficacia del Amilofeed en las dietas de gazapos de engorde. *World Rabbit Sci.* 12:23-31.
- Climent, B. J. B. 1977. Teoría y práctica de la explotación del conejo. C.E.C.S.A. México. 235 p.
- Cummings, J. H., G. R. Macfarlane and H. N. Englyst. 2009. Prebiotic digestion and fermentation. *Am. J. Clin. Nut.* 73:415-420.
- D`Souza, L. A., C. Rajkumar, J. Cooke and J. C. Bulpitt. 2002. Probiotics in prevention of antibiotic associated diarrhoea: meta-analysis. *BMJ.* 324:1-6.
- Echeverri, M. J. E. 2004. Explotación y manejo del conejo doméstico. Primera edición. Politécnico Colombiano, Escuela de Ciencias Agrarias. Colombia. 103 p.
- FAO/WHO. 2002. Working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, UK, and Ontario, Canada. FAO, Rome, Italy.
- Hartmann, A. M., L. E. Burlison, A. K. Holmes and C. R. Geist. 2000. Effects of chronic kombucha ingestion on open-field behaviors, longevity, appetitive behaviors, and organs in c57-bl/6 mice: a pilot study. *Nutrition.* 16(9):755-761.



- Kurtzman, P. C., J. C. Robnett and E. Basehoar-Powers. 2001. *Zigisaccharomyces kombuchensis*, a new ascosporegenous yeast from Kombucha tea. FEMS Yeast Res. 1(2):133-138.
- Langley, E. 2000. Antioxidant potential of green and black tea determined using the ferric reducing power (FRAP) assay. Int. J. Food Sci. Nutr. 51(3):181-188.
- Luna, H. R. M. 1998. Efecto de los probióticos en la alimentación de conejos. UAEM-Producción. Pp. 14-16.
- Marteau, P. and B. Flourié. 2001. Tolerance to low-digestible carbohydrates: symptomatology and methods. British J. Nutr. 85(1):817-821.
- Martínez, C. M. A. 2004. Cunicultura. 2ª ed. División de Educación Continua, FMVZ, UNAM. México D. F., México.
- Méndez, A. B. 2007. Efecto del uso de probióticos sobre parámetros productivos en conejos Nueva Zelanda, durante su etapa de engorde. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 35 p.
- Pérez, S. L. S. 2005. Respuesta inmune en cerdos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae* (Sc47) y desafiados con *Salmonella typhimurium*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Roquet, B. J. 2002. Probióticos y prebióticos: interés en cunicultura. Cunicultura. 27:279-283.
- Sumano, L. H. S. y L Ocampo C. 1997. Farmacología Veterinaria 2a ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 680 p.
- Vidjaya, L. P., P. K. Venkata, Ch. Mohan, D. Prathiba, Y. Hara and S. Nagini. 2007. Comparative evaluation of antiproliferative, antiangiogenic and apoptosis, inducing potential of black tea polyphenols in the hamster bucal pouch carcinogenesis model. J. Carcinog. 6:19.
- Vijayaraghavan, R., M. Singh, P. V. Rao, R. Bhattacharya, P. Kumar and K. Sugendran. 2000. Subacute (90 days) oral toxicity studies of Kombucha tea. Biomed. Environ. Sci. 13(4):293-299.
- Yamauchi, Y., A. Nakamura, I. Kohno, M. Takai, K. Hanakata and T. Tanimoto. 2008. Simple and rapid UV spectrophotometry of caffeine in tea coupled with sample pre-treatment using a cartridge column filled with polyvinilpolypyrrolidone (PVPP). Chem. Pharm. Bull. 56(2):185-188.



# OVULACIÓN Y GESTACIÓN CON KISSPEPTINA-10, EN UN PROTOCOLO CON PROGESTERONA-ESTRÓGENOS EN VACAS EN SUBTROPICO HÚMEDO

*Abraham Fragoso Islas<sup>1\*</sup>, Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup> y Rubén Santos Echeverría<sup>1</sup>*

## Resumen

Se comparó la kisspeptina-10 (Kiss-10) con la eCG (Gonadotropina Coriónica Equina) y la GnRH (Hormona Liberadora de Gonatropina), en un protocolo de inducción de la ovulación con progesterona, benzoato de estradiol y cloprostenol en hembras europeo x cebú destetadas a los 180 días y con condición corporal promedio de 3.4 (1=delgada; 5=obesa). Después del destete, todas las vacas recibieron el protocolo de inducción de la ovulación con inserción y permanencia por 7 días de un dispositivo intravaginal con 1.9 g de progesterona (CIDR), y se complementó con 2 mg de benzoato de estradiol al insertar el CIDR, 0.150 mg de D-cloprostenol al retiro del CIDR (día 7) y 1 mg de benzoato de estradiol al día siguiente del retiro del CIDR; además de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) entre 52-56 horas post retiro del CIDR. Las vacas se dividieron en tres tratamientos que fueron: 1) eCG, 400 UI vía im al retiro del CIDR (día 7); 2) GnRH, 100 µg vía im al momento de la IATF; y 3) Kiss-10, 500 µg vía im al momento de la IATF. Las tasas de ovulación a los 4 días y gestación a los 35 días post-IATF, determinadas por ultrasonografía útero-ovárica, se trataron como variables binarias (1= ovulación o gestación y 0 lo contrario). El modelo estadístico incluyó los efectos de tratamiento y estatus (anestro, ciclando), condición corporal y peso corporal (como covariables) de la vaca. El análisis se realizó con GENMOD del SAS con una función liga logit para la distribución binomial. Las tasas de ovulación y gestación para eCG fueron 89.2 y 43.6%, para GnRH 96.5 y 73.8%, y para Kiss-10 93.8 y 54.6%, respectivamente, sin haber diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ). La Kiss-10 mostró efectividad en la inducción ovulatoria con el protocolo CIDR, complementado con estrógenos y prostaglandinas.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). [fragoso.abraham@inifap.gob.mx](mailto:fragoso.abraham@inifap.gob.mx)





**Palabras clave:** kiss-10, eCG, GnRH, anestro posparto, inducción de la ovulación

## Introducción

Los programas de sincronización del estro se han convertido en una práctica común en hatos lecheros en varios países del mundo. En su mayoría, buscan realizar una inseminación artificial a tiempo fijo con el fin de evitar una mala práctica en la detección de celos. Para el caso de hatos lecheros, los protocolos de sincronización se basan en GnRH y/o PGF2 $\alpha$ , y su combinación (Mondal *et al.*, 2015). En el ganado productor de carne y de doble propósito, en la sincronización estral, dónde la progesterona es fundamental y se complementa con otras hormonas como GnRH (Zarate *et al.*, 2010; De la Torre *et al.*, 2009; Chaga *et al.*, 2009) o eCG (Rosete *et al.*, 2009), con buena efectividad en vacas y vaquillas en pastoreo. Con respecto al conocimiento de la Kisspeptina-10, se ha documentado que en becerras prepúberes se produjo la liberación de LH emulando un pulso en inyecciones intravenosas repetidas y a diferentes dosis. Se logró una buena respuesta con dosis de 1 a 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso (Villa Godoy *et al.*, 2018; Alamilla *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2012), pero lo interesante fue que se produjo la ovulación, determinada por la formación de un cuerpo lúteo en el 28.5% de las becerras prepúberes (Santos *et al.*, 2014), y en vacas de carne con amamantamiento continuo se produjo la liberación de LH semejante a un pulso al ser aplicada cada 2 h por tres ocasiones (Rosete *et al.*, 2015). Una de las principales funciones de la kisspeptina-10 es la estimulación del eje hipotálamo-pituitario-gonadal, a través de su efecto directo sobre las neuronas liberadoras de GnRH hipotalámicas (Rizzo *et al.*, 2019). Por lo tanto, la kisspeptina-10 podría ser una alternativa viable para la inducción de la ovulación en protocolos de sincronización estral e incluso, para la inducción de la ovulación al realizar la inseminación artificial a tiempo fijo. El objetivo de este estudio fue evaluar la kisspeptina-10 comparada con la eCG y la GnRH, en un protocolo de inducción de la ovulación con progesterona en un dispositivo intravaginal e inyecciones de benzoato de estradiol y cloprostenol en vacas europeo x cebú en condiciones de subtrópico húmedo.



## Material y Métodos

El estudio se realizó en clima subtropical húmedo en el estado de Puebla con 42 vacas de carne europeo x cebú en pastoreo, recién destetadas, con 180 d posparto en promedio y 3.4 unidades de condición corporal, en una escala del 1 al 5 unidades (1 delgada y 5 obesa), que se asignaron a tres tratamientos de inducción de la ovulación, los cuales consistieron en la aplicación de 1.9 g de progesterona en el dispositivo intravaginal para bovinos (CIDR) que permaneció dentro de la vagina de las vacas por 7 días. Al momento de la inserción del CIDR, se aplicaron 2 mg de benzoato de estradiol vía intramuscular (VIM), después de 7 días que el dispositivo se encontraba dentro de la vaca, se aplicó a cada animal 0.150 mg de D-cloprostenol VIM, se hizo el retiro del CIDR (día 7) y al día siguiente (día 8) se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol VIM. Todas las vacas se inseminaron a tiempo fijo (IATF) entre 52-56 h del retiro del CIDR. Los tratamientos difirieron entre sí en: 1) Gonadotrofina Coriónica Equina (eCG): aplicación de 400 UI VIM al retiro del CIDR (día 7); 2) Hormona Liberadora de Gonatropina (GnRH): aplicación de 100 µg VIM al momento de la IATF; y 3) Kisspeptina-10 (Kiss-10): aplicación de 500 µg VIM al momento de la IATF. El diagnóstico del estado útero-ovárico (anestro, ciclando) se hizo al inicio del experimento por ultrasonografía con una sonda de 7.5 MGz. La ovulación y la gestación también se identificaron con ultrasonografía los días 4 y 35 d después de la IATF, respectivamente. La ovulación y gestación se consideraron variables binarias, por lo que 1 fue cuando una vaca ovuló o se gestó; en caso contrario, se registraron como 0. El modelo estadístico incluyó los efectos de tratamiento y estatus (anestro, ciclando), condición corporal (como covariable, en una escala de 1 a 5 unidades) y peso corporal (como covariable) al inicio del tratamiento. Cada característica se analizó por regresión logística con el procedimiento GENMOD de SAS, en una función liga logit para la distribución binomial.

## Resultados y Discusión

No hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) en el efecto de Kiss-10, eCG y GnRH en la inducción de la ovulación y gestación (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% (IC) para las tasas de ovulación y gestación, por tratamiento.**

Tratamiento	Tasa de ovulación (%)			Tasa de gestación (%)	
	N	Media ± EE	IC	Media ± EE	IC
eCG*	14	89.2 ± 9.1 <sup>a</sup>	56.3 – 98.2	43.6 ± 14.4 <sup>a</sup>	19.8 – 70.8
GnRH	14	96.5 ± 4.7 <sup>a</sup>	64.9 – 99.8	73.8 ± 13.7 <sup>a</sup>	41.2 – 91.9
Kiss-10	14	93.8 ± 7.0 <sup>a</sup>	59.3 – 99.4	54.6 ± 15.4 <sup>a</sup>	26.3 – 80.2

\*eCG: gonadotropina coriónica equina, GnRH: hormona liberadora de gonadotropinas, Kiss-10: kisspeptina-10

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no son diferentes (P>0.05).

En el Cuadro 2, se muestra que la Kiss-10, al igual que eCG y GnRH indujeron la ovulación en vacas en anestro sin ser diferentes (P<0.05).

**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% (IC) para las tasas de ovulación y gestación, por estatus de la vaca al inicio del tratamiento.**

Estatus	Tasa de ovulación (%)			Tasa de gestación (%)	
	N	Media ± EE	IC	Media ± EE	IC
Anestro	17	87.7 ± 11.7 <sup>a</sup>	46.1 – 98.4	68.7 ± 15.1 <sup>a</sup>	35.6 – 89.7
Ciclando	25	97.0 ± 3.5 <sup>a</sup>	75.9 – 99.7	46.4 ± 12.0 <sup>a</sup>	25.2 – 68.9

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no son diferentes (P>0.05).

En el Cuadro 3, se muestra la tasa de ovulación de las vacas en relación con la condición corporal. No se apreciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (P<0.05).

**Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% para la tasa de ovulación (%), por condición corporal de la vaca.**

Condición corporal	Media ± EE	Límite inferior	Límite superior
3.0	82.30 ± 8.1 <sup>a</sup>	60.86	93.29
3.5	92.72 ± 5.1 <sup>a</sup>	74.56	98.22
4.0	94.85 ± 5.2 <sup>a</sup>	69.69	99.33

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no son diferentes (P>0.05).



Finalmente, en el Cuadro 4 se muestra la tasa de gestación de las vacas en relación con la condición corporal, donde las vacas con una condición corporal de 3 fueron diferentes a las que tenían condición corporal 3.5 y 4, pero sin diferencias entre estas dos últimas ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% para la tasa de concepción (%), por condición corporal de la vaca.**

Condición corporal	Media $\pm$ EE	Límite inferior	Límite superior
3.0	29.90 $\pm$ 9.3 <sup>a</sup>	15.22	50.35
3.5	66.70 $\pm$ 9.6 <sup>b</sup>	46.20	82.37
4.0	75.35 $\pm$ 9.7 <sup>b</sup>	52.34	89.48

<sup>a,b</sup> Medias con distinta literal son diferentes ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

La Kiss-10 indujo la ovulación, pero en mayor proporción que en los trabajos de Santos *et al.* (2014) y Rosete *et al.* (2015), esto probablemente debido a la combinación con hormonas en el protocolo de inducción de la ovulación sustituyendo a la eCG o a la GnRH. El efecto de la Kiss-10 en la inducción de la ovulación que se muestra en este estudio permite hacer posible la modificación de los protocolos hasta ahora conocidos y utilizados en la práctica de la medicina veterinaria (Chaga *et al.*, 2009; Rosete *et al.*, 2009). Por otro lado, con el conocimiento de que la progesterona es fundamental para lograr la sincronización del estro y la ovulación en vacas y vaquillas, en otro experimento con vacas criollas con amamantamiento restringido, se aplicaron, además de progesterona intravaginal (CIDR), 50 mg más de progesterona por vía intramuscular; sin embargo, la concepción no mejoró, a pesar de que todas las hembras presentaron estro (Zárate-Martínez *et al.*, 2010). Esto permite aseverar que la progesterona a la dosis de 1.9 g en el dispositivo intravaginal CIDR que se usó en este estudio, fue suficiente para inducir la ovulación y lograr la concepción en las vacas tratadas con la Kiss-10. Con el conocimiento de que en los animales que están ciclando, el estro se sincroniza con progesterona en un dispositivo intravaginal y con la inyección de prostaglandinas, donde se puede sustituir la GnRH por una sal de estradiol, y que, en vacas



en anestro, además del estradiol se incluye la inyección de la eCG al retiro del dispositivo (Vera *et al.*, 2015), la kiss-10, al ser un bioestimulador del eje hipotálamo-pituitario-gónadas por su efecto directo sobre las neuronas liberadoras de GnRH hipotalámicas (Villa *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2014), es factible incluirla en protocolos de inducción y sincronización de vacas, en sustitución de la GnRH y eCG, como lo muestra el presente trabajo, tomando en cuenta el tiempo posparto y la condición corporal. Se considera que la condición corporal es un indicador del buen estado alimenticio de la vaca y que una buena condición corporal preparto y posparto se refleja en aumento de peso, mejora de la fertilidad, y una gestación más rápida después del parto (Rodríguez *et al.*, 1979), y que esto se asocia con altas concentraciones del factor de crecimiento semejante a la insulina tipo 1 (IGF-1), leptina e insulina, que en conjunto favorecen el reinicio de la actividad ovárica posparto (Ciccioli *et al.*, 2003). Por lo que en el presente estudio se seleccionaron las vacas para los respectivos tratamientos con condiciones corporales de 3, 3.5 y 4 en una escala de 1 a 5 unidades, no habiendo diferencias para tasa de ovulación, pero si en la tasa de concepción, donde los animales con mejor condición corporal fueron más sobresalientes. Por lo tanto, las hembras que ingresan al empadre con sincronización estral deben tener buena condición corporal (>2.5 unidades), pues alimentar a las vacas en anestro con una baja condición corporal (<2.5 unidades) durante poco tiempo antes del empadre, no es suficiente para asegurar el aumento de la ganancia de peso y la mejora de la presentación de los estros y la fertilidad, aun cuando la sincronización se haya realizado de manera correcta (Rosales *et al.*, 2017).

## Conclusiones

1. Al incluir la kisspeptina-10 en el protocolo de inducción de la ovulación, tuvo un efecto ovulatorio semejante al de la eCG y la GnRH.
2. Se pudo observar un efecto semejante en la gestación, lo que manifiesta su utilidad para este propósito en los protocolos actuales donde se utiliza un dispositivo intravaginal con progesterona.
3. La kisspeptina-10 se puede usar en un protocolo hormonal para la inducción de la ovulación con la finalidad de inseminar artificialmente a tiempo fijo en vacas de carne europeo x Cebú



en pastoreo. Es factible de implementar con los productos comerciales disponibles por la industria farmacéutica veterinaria.

## Literatura Citada

- Alamilla, R. M., R. C. Calderón R., J. V. Rosete F., K. Rodríguez H., H. R. Vera A., J. A. Arreguín A., *et al.* 2017. Kisspeptina en becerras prepúberes: I. Influencia de la edad en la respuesta de LH, FSH y GH a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-I, leptina y estradiol. *Rev Mex Cienc Pec.* 8(4):375-385.
- Chaga, L. E., J. P. Zárate M., J. Rosas P., F. Alpírez M. y B. Domínguez M. 2009. Niveles séricos de progesterona e inseminación artificial a tiempo fijo y a 12 horas posteriores al estro en vaquillas cruzadas utilizando los protocolos CO-SYNCH-CIDR y Crestar plus. p. 478-187. *In: Memoria de la XXII Reunión Científica- Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Veracruz.* Veracruz, México.
- Ciccioli, N. H., P. R. Wettemann, J. L. Spicer, A. Lents C., J. F White and H. D. Keisler. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J Anim Sci.* 81(12):3107-3120.
- De la Torre, S. J. F., I. Galavíz R., A. Estrada M., E. Villagómez A. y E. P. Ortiz M. 2009. Evaluación de un esquema de inducción/sincronización del estro en vacas Angus y Limousin con cría al pie. p. 76. *In: Resúmenes de la XLV Reunión de Investigación Pecuaria.* Saltillo, Coahuila, México.
- Mondal, M., K. K. Baruah, M. Karunakaran., K. M. Ghosh and K. T. Dutta. 2015. Development of a new kisspeptin based method of ovulation synchronization for crossbred dairy heifers. *J Dairy Sci Tech.* 4(3):12-16.
- Rizzo, A., E. Ceci, C. A. Guaricci and L. R. Sciorsci. 2019. Kisspeptin in the early postpartum of the dairy cow Kisspeptin in bovine postpartum. *Reprod Dom Anim.* 54(2):195-198. doi: 10.1111/rda.13325
- Rodríguez, R., O. L., A. Rodríguez R., R. Zambrano G. y E. González P. 1979. Comportamiento reproductivo de vacas con aumentos de peso controlados antes y después del parto. *Téc Pec Méx.* 36:40-46.
- Rosete, F., J. V., R. Faustino C., A. Fragoso I., A. Ríos U. y V. E. Vega M. 2009. Inducción estral en vacas de carne con norgestomet y gonadotropina coriónica equina durante una época de empadre. Resumen. p. 282. *In: Memoria de la XXXIII Congreso Nacional de Buiatría.* Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.



- Rosete, F., J. V., B. Hernández L., R. Santos E., M. Gómez-Chavarín B., G. Perera M., R. C. Calderón R. *et al.* 2015. Respuesta de hormona luteinizante a aplicaciones repetidas de kisspeptina-10 en vacas en anestro posparto. p. 61-63. *In: Memoria de la LI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.* Toluca, Estado de México, México.
- Rosales-Torres, A. M., Z. B. López-Cedillo, C. G. Hernández-Coronado, J. V. Rosete-Fernández, G. D. Mendoza, and A. Guzmán. 2017. Short-term dietary concentrate supplementation during estrus synchronization treatment in beef cows increased IGF-1 serum concentration but did not affect the reproductive response. *Trop Anim Health Prod.* 49(1):221-226.
- Santos, E. R., R. C. Calderón R., V. J. Rosete F., G. Perera M., C. Murcia M., E. Villagómez A. M. *et al.* 2012. Evaluación de la sensibilidad del eje gonadotrópico a dosis bajas de kisspeptina (KISS-10) en becerras prepúberes. p. 125. *In: Resúmenes de la XLVIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Querétaro.* Querétaro, México.
- Santos, E. R., R. C. Calderón R., H. R. Vera A., G. Perea M., J. A. Arreguín A., M. Nett T. *et al.* 2014. Hormona luteinizante y actividad ovárica en respuesta a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-1 y leptina en becerras prepúberes. *Rev Mex Cienc Pec.* 5(2):181-200.
- Vera, A., H. R., A. Villa G., H. Jiménez S., H. Álvarez G., J. F. De La Torre S., C. G. Gutiérrez A. *et al.* 2015. Eficiencia reproductiva de los bovinos en el trópico. p. 153-192. *In: Rodríguez R., O., González P., E, Dávalos F., J. L. (eds). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical.* REDGATRO-CONACYT. Ciudad de México, México:
- Villa Godoy, A., R. Santos E., J. V. Rosete F., R. C. Calderón R., G. Perera M., J. A. Arreguín A. y M. Nett T. 2018. Kisspeptina en becerras prepúberes: 2. Respuesta de LH, FSH y GH a distintas dosis de kisspeptina-10 y su asociación con IGF-I y leptina circulantes. *Rev Mex Cienc Pec.* 9(4):719-737.
- Zárate, M., J. P., J. A. Ramírez G. y F. A. Rodríguez A. 2010. Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. *Agronomía Mesoamericana.* 21(1):121-130.



## EFICIENCIA EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PELLET

*Irma Vallejo Sartorius<sup>1</sup>, Leticia Rendón Sandoval<sup>1</sup>, Esteban Gutiérrez Peña<sup>1</sup> y Omar García Pacheco<sup>1</sup>*

---

### Resumen

El presente estudio se realizó en una planta de producción de alimentos balanceados para aves, ubicada en la zona centro del Estado de Veracruz, con el objetivo de analizar el proceso de peletizado y determinar los parámetros en la producción que permiten tener una mejor eficiencia en el rendimiento del peletizado y el impacto que tiene en la planta. Se diseñó un documento, que es una herramienta para el control de peletizado, donde se introdujeron datos importantes que sirven para medir el rendimiento de la producción y eficiencia y que fueron evaluados y comparados estadísticamente. La eficiencia en la producción de alimento balanceado depende del control de parámetros en el proceso de la producción, como la acción del calor, la presión y la humedad. Un exceso en las tres variables desorganiza la estructura de los almidones y disminuyen la calidad del producto final. Durante la investigación se estudió a una población de datos de más de 90 días, de los cuales se obtuvo una muestra significativa aleatoria de 14 días de la producción promedio por hora, que incluyen las variables de húmeda e índice de durabilidad del pellet, de las cuales se identificó que conforme mayor es la humedad de las materias primas existe una mayor calidad del pellet, superior al 89%; en tanto que el rendimiento es muy inferior a la media maestra, lo que implica un ajuste en los niveles de producción y de correlación de variables, con la finalidad de obtener una mejora en la eficiencia y calidad del pellet para evitar pérdidas de producto en el proceso de peletizado.

**Palabras clave:** calidad, estabilidad, industria, pellet

---

<sup>1</sup> División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.  
\*Correo-e: egutierrezp@huatusco.tecnm.mx.





## Introducción

La elaboración de alimentos balanceados para animales es de vital importancia. Los podemos encontrar en forma de harinas y pellet. El proceso de peletización se puede definir como el moldeado de partículas pequeñas, como harinas, en partículas con mayor tamaño, a través de presión (Behnke, 2011). Actualmente, las empresas tienen el interés de identificar los parámetros adecuados en la acción del calor, la presión y humedad, mismos que desorganizan la estructura de los almidones y disminuyen la calidad del producto, que están altamente asociados al índice de durabilidad del pellet (IDP) y a la eficiencia en la producción.

Según Eerlingen (1995), la temperatura y la humedad afectan la calidad y cantidad en la formación de almidón. Cada una de estas premisas son un factor de gran relevancia para que la empresa busque equilibrar la productividad, no solo en la obtención de utilidades sino también en la satisfacción de los clientes. La incorporación de ingredientes de calidad es un factor importante en la formulación de raciones que cubren los requerimientos específicos de cada especie.

El peletizado es una excelente alternativa en la alimentación pecuaria, ya que su proceso cuenta con una serie de ventajas en comparación al típico alimento en polvo o en harina. Para ello es necesario la calidad e inocuidad del alimento, obteniendo ventajas tales como: óptima adhesión y menor desperdicio, menor gasto energético por parte del animal, incremento de la densidad (peso específico) y mejor palatabilidad, que se refleja en un mayor consumo de la ración (Suárez, 2013).

En un estudio, Campabadal (2013) demostró que el valor promedio del contenido de materia seca fue de un 93.61%. Se estima que un alimento balanceado, como el concentrado, no debe exceder un 12-13% de humedad, ya que en condiciones con un contenido de humedad superior a esto el alimento puede fermentarse, propiciar un ambiente adecuado para el crecimiento de hongos y, por tanto, de micotoxinas, generando descomposición y disminución de la calidad nutricional de los alimentos.



## Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en una planta de producción de alimentos balanceados para aves, ubicada en la zona centro del Estado de Veracruz, en un periodo de seis meses. Es una investigación cuantitativa, la cual se realizó en cuatro etapas.

### Diagnóstico

Con la finalidad de recolectar datos reales, se diseñó un documento donde se recopiló la información de productividad que está dada por el rendimiento en toneladas por hora, mismas que involucran la humedad y el IDP; algunos hallazgos fueron:

1. A mayor humedad existe un mejor IDP, pero no mayor eficiencia en la producción,
2. A menor humedad menor IDP y una eficiencia estable.

### Recolección y procesamiento de datos

A partir de los hallazgos encontrados en la etapa 1, se realizó una recolección de datos durante los meses de septiembre, octubre y noviembre. En el Cuadro 1 se muestran los resultados sobre la eficiencia de peletizado de alimento. Con esta información se consideran 14 muestras totales al azar de la producción para poder obtener las medias muestrales, así como las varianzas de IDP, humedad y rendimiento en toneladas por hora.

**Cuadro 1. Eficiencia del peletizado del alimento.**

No. de muestra	Humedad	Índice de durabilidad del pellet	Toneladas/hora
1	12,02	89,10	17,40
2	11,89	88,80	18,40
3	11,67	89,80	21,40
4	11,04	82,66	17,70
5	11,28	79,38	22,00
6	11,28	79,62	20,00
7	11,28	79,62	17,10
8	10,83	77,04	20,00
9	11,21	84,50	26,60
10	11,10	84,30	20,00
11	11,16	85,60	19,30
12	11,10	84,50	21,60



**Continúa Cuadro 1...**

No. de muestra	Humedad	Índice de durabilidad del pellet	Toneladas/hora
13	11,50	88,90	22,00
14	11,21	82,90	22,40
$\bar{x}$	11,33	84,05	20,42
S	0,11	17,00	6,37

**Interpretación y análisis de datos**

Se plantea un análisis estadístico deductivo de prueba t con la finalidad de evaluar la media muestral de humedades, indicando que entre igualdad de medias son un parámetro de control importante de humedades para obtener un mejor IDP y, por ende, una buena eficiencia.

S=	0.11
Media poblacional	11
Nivel de significancia	1%
n=	14
$\alpha$ =	0.01
$\alpha/2$ =	0.005
$t_{0.005,13}$	3.012
Estadístico de Prueba	11.03

$$t = \frac{11.33 - 11}{0,11/\sqrt{14}} = 11.03$$

**Análisis comparativo de prueba de medias**

$ t $		$t_{\alpha/2, n-1}$
11.03	>	3.01

La evidencia estadística indica que las medias poblacionales no son iguales.

Se identificó que conforme mayor es la humedad de las materias primas existe mayor calidad del pellet superior al 89% en tanto que el rendimiento es ligeramente superior a la media



muestral, pero se considera que el rendimiento es un factor importante de la eficiencia en la producción de toneladas por hora, existe suficiente evidencia estadística para considerar que el ajuste adecuado de humedades solo debe ser igual al 0.5 más que el promedio de humedades estudiadas con anterioridad.

### **Implementación de ajuste de parámetros**

En base a los resultados obtenidos, se ajustaron los parámetros de temperatura y se lograron parámetros de humedades estables en 11.58 promedio y una eficiencia de peletizado de 88,80 IDP, en tanto el rendimiento de producción que fue una de las inquietudes de la empresa por estudiar es altamente aceptable por el área de producción.

### **Resultados y Discusión**

Conforme a los ajustes se obtuvo un incremento en la producción, gracias a los movimientos que se hicieron en la maquina peletizadora, donde se ajustaron los Hertz, la válvula de vapor con la finalidad de controlar las humedades propuestas y también se obtiene un comparativo final del producto terminado (Figuras 1 y 2).



**Figura 1. Muestra de pellet tomada del enfriador; humedad 10.83, IDP 77.04, rendimiento 20.00 t/h.**



**Figura 2. Muestra de pellet tomada del enfriador; humedad 11.50, IDP 88.90, rendimiento 22.40 t/h.**

Nutricionalmente, la peletización posibilita un aumento natural de la energía líquida de las dietas, debido a la gelatinización de los carbohidratos, reduce el gasto energético en la aprehensión de los alimentos e incrementa considerablemente la digestibilidad del contenido proteico y por ende de los aminoácidos y demás nutrientes de la ración.

### **Conclusiones**

Toda empresa busca tener mayores márgenes de utilidades, pero si no se cumplen con los estándares de calidad que el cliente demanda en base a las necesidades, no tiene sentido producir más con menos calidad es importante innovar el proceso agroindustrial mediante ajustes y estandarizaciones de parámetros, los cuales lo harán diferentes de las calidades de otros productos similares, hoy en día la empresa encontró un equilibrio entre la calidad y la productividad poniendo énfasis en el control de parámetros simples.



## **Agradecimientos**

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior de Huatusco y a la empresa agroindustrial por brindar las facilidades para la realización de esta investigación.

## **Literatura Citada**

- Behnke, K. C. 2011. Factores que influyen en la calidad del Pellet. Departamento de Ciencia e Industria de Granos, Universidad Estatal de Kansas, Manhattan.
- Campabadal, C. P. 2013. Uso eficiente de los alimentos balanceados en la alimentación del ganado de leche. Cámara Nacional de productores de leche. San José, Costa Rica.
- Eerlingen, R. D. 1995. Formación, análisis, estructura y propiedades del almidón resistente enzimático tipo III. J. Cereal Sci. 129-138.
- Suárez, C. A. 2013. Propuesta para incrementar la durabilidad del pellet en un alimento concentrado para pollos de engorde en fase de terminación (21-42 días). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.



## REPORTE DE DOS CASOS DE MOMIFICACIÓN FETAL EN VAQUILLAS DE LA CUENCA LECHERA DE TIZAYUCA

Mara Yolítzin Rodríguez Espinoza<sup>1</sup>, Enrique Martínez Bárcenas<sup>2</sup> y José Nahed Toral<sup>1</sup>

### Resumen

Se estudiaron dos casos de momificación fetal de dos vaquillas en dos establos del complejo agroindustrial lechero de Tizayuca, Hidalgo. Ambas vaquillas se encontraban en establos con un plan de medicina preventiva; no obstante, las vaquillas y vacas pueden presentar patologías que afectan los aspectos reproductivos y económicos de los hatos lecheros. En el manejo reproductivo se detectó la momificación fetal. Posteriormente, se hizo la extracción y revisión morfológica de los fetos y se tomaron muestras sanguíneas a las vaquillas. Las muestras de suero se enviaron al laboratorio diagnóstico del Departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para el diagnóstico de *Leptospira* spp. (12 serovariedades), así como del Complejo Respiratorio Bovino (Virus Respiratorio Sincitial Bovino, Virus de la Parainfluenza tipo 3, Herpesvirus Bovino tipo 1 y Virus de la Diarrea Viral bovina). Las vaquillas presentaron resultados positivos a Herpesvirus Bovino Tipo 1 o IBR y títulos mayores a 1:100 de *Leptospira* spp. para las serovariedades Bratislava, Canicola y Hardjo en el caso del feto A, y para las serovariedades Bratislava, Canicola, Hardjo y Wolffi en el caso del feto B. Esta evidencia demuestra la infección por exposición de *Leptospira* spp., y a Herpesvirus Bovino Tipo 1 o IBR. Los análisis de laboratorio junto con la observación de factores de riesgo para la infección (deficiencias en bioseguridad, humedad en épocas de lluvia y la presencia de animales que actúan como reservorios: vacas y perros) sugieren la presentación de infecciones de Leptospirosis y Herpesvirus Bovino Tipo 1 en los hatos. Se recomienda la revisión y aplicación de todo el plan de medicina preventiva a todos los bovinos y reforzar las buenas prácticas de bioseguridad en ambos hatos.

1 El Colegio de la Frontera Sur. \*mara5g14@gmail.com ; \*jnahed@ecosur.mx

2 Universidad Nacional Autónoma de México. \*mvz\_emb@hotmail.com



**Palabras clave:** hatos lecheros, Herpes Virus Bovino tipo 1 o IBR, leptospirosis, patologías reproductivas

## Introducción

Uno de los principales problemas de salud en los hatos lecheros son aquellos que se relacionan con los aspectos reproductivos como: reabsorciones embrionarias, abortos, momificaciones fetales, casos de metritis, nacimiento de crías muertas o débiles y muertes perinatales. Estas condiciones afectan la duración del ciclo y causan pérdidas económicas substanciales (Domínguez, 2006; Jonker, 2004; Clothier y Anderson, 2016). Las fallas que conllevan a la pérdida de la gestación pueden ocurrir en tres diferentes tiempos: a) antes del reconocimiento materno de la gestación, que sucede en el día 16 posterior al estro (mortalidad embrionaria temprana) (López *et al.*, 2008); b) después del reconocimiento materno de la gestación (mortalidad embrionaria tardía); y c) durante la etapa fetal (mortalidad fetal). Bajo este rubro se encuentran trastornos como: aborto (no infeccioso e infeccioso), maceración y momificación fetal (Hafez y Habez, 2002). Para la zona centro de México se reportan altos porcentajes de seroprevalencia de varias enfermedades infecciosas y causantes de mortalidad fetal como: leptospirosis, brucelosis, Herpesvirus Bovino tipo 1 y Diarrea Viral Bovina. Por lo que, desde el punto de vista clínico, se recomienda considerar dentro del diagnóstico los estudios de laboratorio que contemplen detectar estos agentes patógenos (Moles *et al.*, 2002). La momificación fetal es un caso de mortalidad fetal que no deriva en un aborto (expulsión del feto fallecido). Ocurre comúnmente en el tercer y cuarto mes de gestación; sin embargo, puede suceder hasta el tercer tercio de gestación. Existen tres condiciones para que se dé el proceso de momificación fetal: el feto debe estar muerto, no debe haber oxígeno en el útero (a consecuencia de que el cérvix se encuentra cerrado) y debe haber acceso de bacterias al útero por vía sanguínea (Drost, 2007). Una vez que el feto fallece, los fluidos fetales son gradualmente reabsorbidos y el feto y las membranas se van deshidratando (Jonker, 2004; Drost, 2007; Smith, 2010). Posteriormente, las paredes del útero se van encogiéndose, las carúnculas desaparecen completamente y el feto se compacta lentamente. Todo este proceso toma varias semanas y depende de la edad del feto al momento en que muere. Las vacas no





presentan signos y frecuentemente se diagnostican a la palpación (Drost, 2007). En ocasiones los fetos momificados son expulsados de manera espontánea, pero en la mayoría de los casos permanecen en el útero –hasta varios meses después– ya que persiste el cuerpo lúteo (López *et al.*, 2008).

El tratamiento para la momificación fetal consiste en la administración de PGF2 $\alpha$  (Drost, 2007; Smith, 2010). La PGF2 $\alpha$  inducirá el estro en 3 a 5 días, y ante ello, el cérvix se relaja y abre, el útero presenta contracciones y el feto momificado es expulsado. Después, la vaquilla o vaca debe ser revisada a los 3 a 5 días postratamiento, para verificar la expulsión del feto o si existe obstrucción vaginal y es necesaria la extracción manual (Smith, 2010), o bien, aplicar otra dosis de PGF2 $\alpha$  para favorecer la expulsión. En caso de que la momia sea de un tamaño muy grande, las contracciones sean inadecuadas o la dilatación cervical no sea la necesaria, la vaca se destina al rastro una vez finalizada la producción de leche. Esto debido a que la extracción quirúrgica del feto se dificulta por la exposición del útero, ya que su tamaño se encuentra reducido. Después de la expulsión del feto momificado el útero regresa rápidamente al tamaño normal, debido a que el lumen no está contaminado y las carúnculas se encuentran ya involucionadas (Drost, 2007), por lo que las vacas afectadas conciben normalmente en el siguiente ciclo reproductivo (Hafez y Habez, 2002; Drost, 2007; Smith, 2010).

El diagnóstico del agente causal en las pérdidas fetales es complejo. Algunas dificultades que se presentan para el diagnóstico de la pérdida fetal son: la falta de pruebas confirmatorias para ciertas condiciones y el periodo de tiempo que sucede entre la muerte fetal, la expulsión y la examinación de los tejidos fetales, lo que obstaculiza la viabilidad en la toma de muestras para la realización de análisis, como histopatología o cultivos bacterianos (Clothier y Anderson, 2016). Este es el caso de los fetos momificados, donde la toma de muestras de tejidos fetales es poco factible (Anderson, 2007). No obstante, es importante realizar estudios de laboratorio serológicos para determinar las causas asociadas con la momificación mediante el análisis enfocado a la toma de muestras de suero sanguíneo en las vaquillas y vacas del hato con problemas reproductivos. Esta práctica nos da conocimiento de los patógenos presentes en el hato, la medida en que estos causan fallas reproductivas y el éxito o fracaso de la medicina preventiva aplicada en el hato. La literatura muestra datos de la relación de la momificación fetal con algunos agentes infecciosos. El Herpesvirus Bovino Tipo 1 (HVB-1) es un agente infeccioso que se manifiesta como una enfermedad de vías respiratorias altas (Rinotraqueítis



Infecciosa Bovina, IBR), abortos (Smith, 2010; Borel *et al.*, 2014) y muertes embrionarias (Givens y Marley, 2008). La transmisión sucede a través de contacto con membranas de vías respiratorias altas, conjuntivales, del tracto genital, por contacto con fetos abortados o transmisión venérea (Anderson, 2007; Givens y Marley, 2008). El HVB-1 es la causa principal de abortos virales. Los casos de abortos suceden generalmente en vacas que no han sido inmunizadas y presentan exposición al agente o en periodos de latencia del virus debido a que en ambas circunstancias puede existir infiltración del HVB-1 al tejido placentario. Los abortos ocurren entre los 15 a 64 días de la presentación de signos, fiebre, anorexia mucosa nasal enrojecida, tos y conjuntivitis (Givens y Marley, 2008; Constable *et al.*, 2016). Una vez que sucede la infiltración placentaria, los fetos fallecen a las 24 horas siguientes. La muerte fetal sucede por daños en el amnios y los fetos abortados usualmente se encuentran autolisados (Smith, 2010; Anderson, 2007) y en algunas ocasiones momificados (Asmare *et al.*, 2018). El periodo de gestación más susceptible es de cuatro a ocho meses; no obstante, la momificación fetal ocurre comúnmente en el último tercio de gestación (Givens y Marley, 2008; Constable *et al.*, 2016).

El virus de la Diarrea Viral Bovina (VDVB) es un pestivirus característico por su curso subclínico, presentación de diarrea vírica bovina, inmunodepresión y problemas reproductivos como: abortos, defectos congénitos, infecciones persistentes y momificación fetal (Smith, 2010). Este virus se transmite por vía transplacentaria y por ingestión de alimento y agua de bebida contaminados con secreciones infectadas (Givens y Marley, 2008). Rivera (2001) encontró que los casos de momificación fetal representan el 3.7% de los casos positivos a VDVB. En el aspecto reproductivo, el curso de la enfermedad depende del tipo de cepa (citopática y no citopática) y del periodo de gestación en que la vaca se encuentra cuando suceda la infección (Rivera, 2001; Anderson, 2007; Borel *et al.*, 2014). La mortalidad fetal ocurre de 10 a 27 días después de la exposición y el feto se expulsa hasta 50 días más tarde. Durante este tiempo el feto sufre autólisis o momificación (Smith, 2010). La momificación fetal ocurre cuando la infección sucede en el primer trimestre, o incluso hasta el sexto mes de gestación (Anderson, 2007; Givens y Marley, 2008) y se especula que este virus causa momificación por la rápida muerte del feto sin causar contaminación adicional (Drost, 2007).



*Neospora caninum* es un parásito protozoario formador de quistes. Es uno de los agentes más importantes en cuanto a la causa de aborto infeccioso. La infección sucede cuando la vaca consume los oocistos esporulados en el alimento, agua o suelo contaminado con heces de perros (el hospedador definitivo) o vía transplacentaria. La vaca infectada no suele mostrar signos más que el aborto (Rivera, 2001; Smith, 2010; Anderson, 2007; Givens y Marley, 2008; Borel et al. 2014). Rivera (2001) encontró que los casos de momificación fetal representan el 9% de los casos positivos a *Neospora caninum*. La pérdida embrionaria puede ocurrir desde los tres hasta los ocho meses de gestación, y la vaca puede presentar varios casos de abortos (Smith, 2010; Givens y Marley, 2008). Entre las afecciones causadas por *Neospora caninum* encontramos: lesiones fetales (encefalitis, miocarditis, hepatitis), placentitis (siendo la causa primaria de la muerte fetal) y en ocasiones momificaciones o nacimiento de becerros infectados congénitamente. Los casos de momificación fetal han sido asociados con epidemias de *Neospora* sp. Se asume que en periodos tempranos de la gestación existe una pequeña resistencia a la diseminación de la infección de *Neospora* sp., lo cual resulta en aborto o momificación fetal, mientras que, en infecciones en periodos más tardíos, el feto es capaz de sobrevivir (Smith, 2010; Anderson, 2007; Borel et al., 2008).

La infección por *Leptospira* spp. ocurre por especies patógenas de esta bacteria. Cada especie de *Leptospira* presenta diversas serovariedades. La infección sucede por contacto con el ambiente, agua o alimentos infectados con orina de algún animal hospedador o bien por contacto con un feto infectado o secreción uterina (Smith, 2010; Constable et al., 2016). La muerte fetal ocurre varias semanas después de la invasión sistémica de leptospirosis y el periodo más susceptible para la invasión de la placenta es en la segunda mitad de la gestación. No obstante, se reporta que los abortos pueden acontecer a partir de los cuatro meses. Los fetos abortados usualmente están autolisados o se encuentran lesiones a nivel renal (Anderson, 2007; Constable et al., 2016). Las serovariedades relacionadas con abortos son Pomona, Canicola, Icterohemorrhagiae, Grippotyphosa, Szwajizak (Smith, 2010) y, principalmente, Hardjo, que causa problemas reproductivos como: infertilidad, muerte embrionaria precoz, aborto [desde el cuarto mes de gestación hasta el término (Anderson, 2007)], nacimiento de fetos muertos, nacimiento de becerros débiles o con una infección persistente (Smith, 2010; Constable et al., 2016). Otaka et al. (2013) reportaron que en un hato hubo una “oleada” de abortos y momificaciones fetales. Se encontró que el 14% del hato fue



positivo a la serovariedad Hardjo, con títulos mayores a 1:100. Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo por objetivo reportar dos casos de momificación fetal en vaquillas de la Cuenca Lechera de Tizayuca, Hidalgo, así como explicar los factores de riesgo que los produjeron.

## **Materiales y Métodos**

Se detectaron dos casos de momificación fetal en el periodo del 25 de septiembre de 2017 al 2 de febrero de 2018, en el complejo agroindustrial lechero de Tizayuca, Hidalgo. El municipio de Tizayuca colinda al norte con el estado de México y con el municipio de Tolcayuca; al este con el municipio de Tolcayuca y el estado de México; al sur con el estado de México; y al oeste con el estado de México. Se encuentra entre los paralelos 19° 47' y 19° 55' de latitud norte; los meridianos 98° 54' y 99° 02' de longitud oeste; altitud de 2300 m. El clima es semiseco templado, el rango de temperatura anual es de 12-16°C y tiene una precipitación de 500 a 700 mm. El uso del suelo es 68.22% para agricultura y 31.38% es zona urbana (INEGI, 2009). Durante las revisiones de manejo reproductivo mediante palpación rectal se detectaron dos vaquillas con una estructura redondeada de consistencia dura en el canal vaginal. Por lo que para ambos casos se realizó la extracción manual de los fetos del canal vaginal (Figura 1).



**Figura 1. Extracción de feto momificado.**



Posterior a la extracción de los fetos, se tomaron muestras sanguíneas a las vaquillas para enviar muestras de suero a los laboratorios de diagnóstico del Departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, y realizar el diagnóstico mediante aglutinación microscópica de 12 serovariedades de *Leptospira* spp., y para el Complejo Respiratorio Bovino (Virus Respiratorio Sincitial Bovino, Virus de la Parainfluenza tipo 3, Herpesvirus Bovino tipo 1 y Virus de la Diarrea Viral bovina) mediante RT-PCR.

Cada feto momificado y la placenta fueron remitidos al Laboratorio de Patología del Centro de Enseñanza y Diagnóstica en Bovinos (CDEB) de la Universidad Nacional Autónoma de México para poder realizar la disección.

Finalmente, se realizó la historia clínica de las dos vaquillas que presentaron la momificación fetal. También se recorrieron las instalaciones del establo para hacer observaciones en los hatos e instalaciones y detectar sus características y posible presentación de factores de riesgo de patologías infecciosas reproductivas.

## **Resultados y Discusión**

Los dos casos de momificación fetal en vaquillas se ubicaron en establos con manejo intensivo, cuyo manejo es similar en todos los establos de la Cuenca Lechera de Tizayuca. Ambos hatos cuentan con corrales con pasillo de alimentación, comederos de concreto y área de descanso techados, cama de arena y patio sin techo, lo que brinda confort y bienestar a los animales. El sistema de alimentación es integral (cereales, forrajes y subproductos de la industria alimentaria) y cuentan con acceso libre a agua mediante bebederos de concreto. La limpieza de estiércol se realiza una vez al día, no obstante, se puede llegar a observar pisos con encharcamientos en época de lluvia. Las excretas se almacenan en un área ubicada dentro del mismo establo. Cuando el sitio de almacenamiento de excretas del establo está lleno, se transportan las excretas con camiones a un terreno aledaño (a 75 m, aproximadamente) de la cuenca lechera y no se le da ningún tratamiento. En cuanto a bioseguridad, los establos presentan deficiencias, como el no disponer diariamente con vados ni tapetes sanitarios. Además, los establos de la cuenca colindan entre si y tan sólo están separados por bardas



perimetrales. El sistema de drenaje de la cuenca está conformado por canaletas donde derivan aguas negras y se encuentran expuestas al ambiente. Otro factor de riesgo en los establos de la cuenca es el precario control de fauna doméstica, como perros y gatos, y silvestre, como pájaros y roedores.

### **Caso A**

El establo A consiste en un hato de recría. Las becerras provienen mediante compra-venta de otros establos de la cuenca. En los establos de procedencia, en el año previo al caso, se aplicaron las siguientes vacunas: Bovi Shield® Gold FP L5, SPIVORAC®, *Leptospira* UAM, Covexin® 10 y Brucel N-19.

La vaquilla de este caso tenía 1 año y 9 meses de edad, con conducta de estro, y su condición corporal era de 3. Esta vaquilla había sido diagnosticada como gestante tras cuatro servicios de inseminación artificial; para la fecha de la revisión debía presentar una gestación de cinco meses y medio. La vaquilla A sólo recibió la vacuna Bovi Shield® Gold FP L5 nueve meses previos a la revisión, por lo que su esquema de vacunación estaba incompleto. Esta vacuna inmuniza al animal contra Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), Diarrea Viral Bovina (DVB), Parainfluenza 3 (PI3) y Virus Respiratorio Sincitial Bovino (VRSB) y *Leptospira* spp. serovariedades Hardjo, Grippotyphosa, Icterohemorrhagiae, Pomona y Canicola. El tamaño del feto fue de 30 cm., por lo que se estima que la muerte ocurrió durante el cuarto mes de gestación (Figura 2).



**Figura 2. Feto momificado; caso A.**



Se encontraron títulos indicadores de infección por exposición (mayores a 1:100), de tres serovariedades de *Leptospira* spp. (Bratislava, Canicola, Hardjo), mientras que para la serovariedad Pomona se detectó un título de 1:50, sugerente a exposición al agente (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Títulos de serovariedades de *Leptospira* spp. caso A.**

Serovariedad de <i>Leptospira</i> spp.	Título	Vacunación contra la serovariedad de <i>Leptospira</i> spp.
Bratislava, Jez Bratislava	1/200	No se vacunó
Canicola, Hond Utrech IV	1/200	Se vacunó
Hardjo, Hardjoprojtno	1/400	Se vacunó
Pomona, Pomona	1/50	Se vacunó
Wolfii,3705	1/50	No se vacunó

La elevación de títulos de *Leptospira* spp. no se asocian con la vacunación, debido a que como indica Anderson (2007) y Constable *et al.* (2016), no se presentó una elevación de todos los agentes vacunales y habían pasado más de cuatro meses de la administración de la vacuna. En cuanto a los agentes del Complejo Respiratorio Bovino, la vaquilla había recibido vacunación contra todos los agentes nueve meses antes. No obstante, los resultados comprueban positividad para Herpesvirus Bovino tipo 1 o IBR, lo que demuestra infección por exposición; sin embargo, no se asocia fuertemente como causa de mortalidad fetal, ya que como indica Hafez y Habez (2002), los animales inmunizados no suelen presentar problemas reproductivos.

### **Caso B**

El establo B contaba con vacas y vaquillas de reemplazo. En este establo se realizan tres ordeños al día. En cuanto a medicina preventiva, en el año previo al caso de momificación fetal, se reportó la aplicación de las siguientes vacunas: ONE SHOT ULTRA®, SCOURGUARD®4 KC, Bovi Shield® Gold FP L5, Brucel N-19, *Leptospira* UAM.

En la inspección se presentó una vaquilla de 1 año y 8 meses de edad, similar al caso A, con conducta de estro y condición corporal de 3. La vaquilla se reportaba como gestante tras un servicio mediante inseminación artificial y para la fecha de inspección debía presentar una gestación de 6 meses. La vaquilla B había recibido dos vacunas, ONE SHOUT ULTRA y



SCOURGUARD®4 KC, un mes previo a la revisión del caso. Es decir, la vaquilla se inmunizó contra *Mannheimia haemolytica* con leucotoxide, bacterina-toxoide de *Clostridium chauvoei*, *C. septicum*, *C. haemolyticum*, *C. novyi*, *C. sordelli*, *C. perfringens* tipo C, *C. perfringens* tipo D, Rotavirus bovino cepas Lincoln y B223, Coronavirus bovino, cepas enterotoxigénicas de *E. coli* con el factor de adherencia K99 y toxoide de *C. perfringens* tipo C. En el caso B, el tamaño del feto fue de 25 cm, por lo que se estima que el momento de la muerte fue entre el tercer y cuarto mes de gestación (Figura 3).



**Figura 3. Feto momificado; caso B.**

El caso B no contaba con un plan de medicina preventiva para ninguno de los agentes, para los cuales se mandaron hacer estudios serológicos. Se encontraron títulos sugerentes a la infección por exposición (mayores a 1:100) de cuatro serovariedades de *Leptospira* spp. (Bratislava, Canicola, Hardjo y Wolffi). Las serovariedades Pomona y Pyrogenes presentaron títulos sugerentes a la exposición (Cuadro 2). La prueba de RT-PCR establece que la vaquilla es positiva a Herpesvirus Bovino Tipo 1 o IBR a un fragmento de la nucleoproteína.

Esta vaquilla no había sido inmunizada contra ninguno de los agentes evaluados, y las infecciones por *Leptospira* spp. y HVB-1 pueden tener una alta posibilidad de asociarse con problemas reproductivos.





**Cuadro 2. Títulos de serovariedades de *Leptospira* spp. caso B.**

Serovariedad de <i>Leptospira</i> spp.	Título
Bratislava, Jez Bratislava,	1/200
Canicola, Hond Utrech IV	1/400
Hardjo, Hardjoprojtno	1/400
Pomona, Pomona	1/50
Pyrogenes, Salinem	1/50
Wolfii,3705	1/100

Tras los eventos ya descritos, las vaquillas A y B fueron destinadas al rastro. La momificación fetal en la Cuenca Lechera de Tizayuca es un evento poco común. Domínguez (2006) estimó que el porcentaje de momificación fetal en la cuenca es de 1%. Sin embargo, su estudio es importante dada la asociación con patologías reproductivas infecciosas.

Los resultados de las pruebas serológicas en las vaquillas demuestran infección por exposición de *Leptospira* spp. y Herpesvirus Bovino Tipo 1 o IBR. Dichos resultados no aseguran que la causa de las muertes fetales y posterior momificación sea la infección por *Leptospira* spp. y Herpesvirus Bovino Tipo 1 o IBR, dado que el diagnóstico se realizó en las vaquillas, mas no directamente en los fetos y con pruebas específicas, debido a la poca viabilidad de los tejidos fetales para la toma de muestra y posteriores análisis de laboratorio (Anderson, 2007). Sin embargo, existe una alta posibilidad de que las muertes fetales y momificaciones hayan ocurrido por *Leptospira* spp. y HVB-1, toda vez que las vaquillas resultaron positivas en las pruebas serológicas y no a otras enfermedades que causan este problema.

En cuanto al manejo de ambos hatos, se debe determinar la presencia de las enfermedades mencionadas previamente, y en caso de encontrar más individuos con resultados positivos a dichos agentes patógenos, se recomienda reforzar las medidas de control, tales como cuarentena, vacunación y eliminación de factores de riesgo para la presentación de infecciones y problemas reproductivos.

Como medida de medicina preventiva para leptospirosis, se recomienda la vacunación. Las vacunas pentavalentes se pueden emplear en becerros y ganado bovino adulto para prevenir la enfermedad clínica. Para evitar la colonización reproductiva, renal y eliminación de la *Leptospira borgpetersenii*, serovariedad Hardjo, tipo Hardjo bovis, se recomienda la aplicación de la vacuna monovalente. De acuerdo con Smith (2010), su aplicación debe comenzar a una



edad temprana, seguida por refuerzos anuales, mientras que la eliminación de factores de riesgo para Leptospirosis consiste en la eliminación de fuentes de agua estancada y limitar el contacto del hato, de los alimentos y agua con roedores. Otro aspecto importante a considerar es un mejor manejo de las excretas ya que el almacenamiento y posterior disposición a un terreno aledaño no sólo representa una fuente de contaminación de patógenos, sino también de generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en los suelos (Pinos *et al.*, 2012).

La prevención de la infección por HVB-1 incluye medidas para optimizar la inmunidad de las vacas (óptima alimentación, disponibilidad de agua, evitar condiciones de estrés), así como la vacunación anual contra este agente. Las vacunas que se encuentran son inactivadas y atenuadas o vivas modificadas. Las vacunas que contienen al virus vivo modificado presentan una mayor respuesta inmune, sin embargo, son capaces de causar infecciones latentes (Smith, 2010). Una vez inmunizados los animales, no suelen presentar problemas a nivel reproductivo (Hafez y Habez, 2002).

Ambos establos, donde se presentaron los casos de momificación en vaquillas, presentaron esquemas de vacunación (Cuadro 3) que incluían la prevención para los agentes que se detectaron en las pruebas serológicas (*Leptospira* spp. y HVB-1). Pese a estos esquemas, los casos de vaquillas reportaron no haber cumplido con todo el esquema de vacunación y, por lo tanto, fueron más susceptibles a la infección de *Leptospira* spp. y HVB-1.

**Cuadro 3. Agentes patógenos contra los que se inmunizaron las vacas y vaquillas en los establos.**

	Establo A y B
Agentes patógenos	Herpesvirus Bovino tipo 1 (HVB-1), Virus de Diarrea Viral Bovina (VDVB), Parainfluenza 3 (PI3), Virus Respiratorio Sincitial Bovino (VRSB), <i>Leptospira</i> spp. serovariedades Hardjo, Grippotyphosa, Icterohemorrhagiae, Pomona y Canicola, <i>Leptospira</i> spp. serovariedad UAM, <i>Brucella abortus</i> cepa 19, <i>C. perfringens</i> , <i>C. septicum.</i> , <i>C. sordelli</i> , <i>C. novyi</i> , <i>C. haemolyticum</i> , <i>C. chauvoei</i> y <i>C. tetani</i> .
	Las vacas y vaquillas del establo A se inmunizaron, adicionalmente, contra <i>Leptospira borgpetersenii</i> , serovariedad Hardjo, tipo Hardjo-bovis. * Las vacas y vaquillas del establo B se inmunizaron, adicionalmente, contra Rotavirus bovino cepas Lincoln y B223, Coronavirus bovino y cepas enterotoxigénicas de <i>E. coli</i> .



La pérdida de la gestación en vacas productoras de leche provoca que los establos cuenten con mayores pérdidas económicas. El impacto económico es no sólo por la extensión de los intervalos interpartos y su impacto en los costos de alimentación; sino también por pérdidas por conceptos como: costo de los becerros, tratamientos médicos, litros de leche no producidos y mayor número de dosis de inseminación (Xolalpa *et al.*, 2010).

## Conclusiones

Los resultados de ambos casos de estudio sugieren infección por exposición a *Leptospira* spp. y HVB-1. La infección de varios agentes patógenos de manera simultánea sugiere la presentación de fallas reproductivas. La dificultad en la toma de muestras en los fetos momificados y restos placentarios obstaculizaron el diagnóstico definitivo de dichos agentes patógenos como la causa de la muerte fetal, pues el diagnóstico se hizo en vaquillas, mas no directamente en los fetos, ni con pruebas específicas. Las pruebas serológicas positivas a infecciones por *Leptospira* spp y HVB-1 en las vaquillas, sugieren alta probabilidad de muerte y momificación fetal a causa de dichas infecciones. Si se llega a determinar la presencia de *Leptospira* spp. y HVB-1 en los hatos, se recomienda reforzar las medidas de bioseguridad, así como la inclusión de vacunas monovalentes de *Leptospira* spp., y de vacunas que incluyan al agente HVB-1 en los esquemas de vacunación de los hatos, todo para evitar la prevalencia de futuros problemas reproductivos. Es necesario reforzar la planeación y ejecución apropiada de un plan de medicina preventiva para todos los individuos de los hatos para minimizar las infecciones y presentación de patologías y/o afección a nivel reproductivo. También se debe tener presente que los animales que ingresen a los hatos cumplan con el plan de cuarentena y esquema de vacunación.

## Literatura Citada

Anderson, M. L. 2007. Infectious causes of bovine abortion during mid- to late-gestation. *Theriogenology* 68(3):474-486.



- Asmare, K., B. Sibhat, G. Ayelet, Z. Gebremedhin E., A. Lidete K. and E. Skjerve. 2018. Serological evidence of Bovine herpesvirus-1, Bovine Viral Diarrhea virus and Schmallenberg virus infections in relation to reproductive disorders in dairy cattle in Ethiopia. *Acta Trop.* 178:236-241.
- Borel, N., F. Frey C., B. Gottstein, M. Hilbe, A. Pospischil, D. Franzoso F., *et al.* 2014. Laboratory diagnosis of ruminant abortion in Europe. *Vet. J.* 200(2):218-229.
- Clothier, K. and M. Anderson. 2016. Evaluation of bovine abortion cases and tissue suitability for identification of infectious agents in California diagnostic laboratory cases from 2007 to 2012. *Theriogenology* 85(5):933-8.
- Constable, P., W. Hinchliff K., S. Done and W. Gruenberg. 2016. *Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats.* Saunders Ltd. Missouri, USA. 2278 p.
- Domínguez, A. D. 2006. Evaluación de los parámetros reproductivos y su repercusión en la productividad y competitividad de los establos lecheros del Complejo Agro-industrial de Tizayuca, Hidalgo. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 103 p.
- Drost, M. 2007. Complications during gestation in the cow. *Theriogenology* 68(3):487-91.
- Givens, M. D. and M. Marley. 2008. Infectious causes of embryonic and fetal mortality. *Theriogenology* 70(3):270-85.
- Hafez, E. S. E. y B. Habez. (eds.). 2002. *Reproducción e inseminación artificial en animales.* McGraw-Hill Interamericana. México. 519 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.* Tizayuca, Hidalgo, México. 8 p.
- Jonker, F. H. 2004. Fetal death: comparative aspects in large domestic animals. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83:415-430.
- López, A. P., F. Gómez L., T. Ruíz Cortés Z., M. Olivera y A. Giraldo C. 2008. Reconocimiento materno de la preñez e implantación del embrión: Modelo Bovino. *Analecta Vet.* 28(1):42-47.
- Moles, C. L. P., D. Gavaldón, J. Torres B., M. A. Cisneros P., J. Aguirre S. y N. Rojas S. 2002. Seroprevalencia simultánea de Leptospirosis y tres enfermedades de importancia reproductiva en bovinos del Altiplano Central de la República Mexicana. *Rev. Salud Anim.* 24(2):106-10.



- Otaka, D. Y., G. Martins, C. Hamond, B. Penna, A. Medeiros M. and W. Lilenbaum. 2012. Serology and PCR for bovine leptospirosis: herd and individual approaches. *Vet. Rec.* 170(13):338.
- Pinos. R. J. M., J. C. García L., L. Y. Peña A., J. A. Rendón H., C. González G. y F. Tristán P. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia.* 46(4):359-370.
- Rivera, G. H. 2001. Causas frecuentes de aborto bovino. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 12(2):117-22.
- Smith, B. P. 2010. *Medicina Interna de grandes animales.* Elsevier Inc. España. 1810 p.
- Xolalpa, V. M. C., M. Pérez R. y A. Córdova I. 2010. Evaluación de las pérdidas económicas por eventos de falla reproductiva asociadas a brucelosis bovina en hembras y explotaciones de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo, México. *Rev. Científ.* 20(2):190-195.



## DIARREA VIRAL BOVINA Y SECRECIÓN VIRAL NASAL, LACRIMAL Y VAGINAL, EN VACAS EN PASTOREO SUBTROPICAL

Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1\*</sup>, Guadalupe Asunción Socci Escatell<sup>1</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>1</sup> y Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup>

### Resumen

Se determinó la prevalencia de anticuerpos del virus de la diarrea viral bovina y su relación con la presencia del virus en sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal en vacas lecheras del subtrópico húmedo de Puebla. Las vacas se muestrearon dos veces con intervalo de 30 días, para la obtención de sangre, suero sanguíneo, y secreción nasal, lacrimal y vaginal. Las muestras de suero se analizaron mediante ELISA y las de sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal mediante RT-PCR. Las prevalencias de anticuerpos del virus en suero, del virus en sangre y en secreciones se consideraron como variables binarias; por lo tanto, cada muestra positiva se registró como 1 y cada negativa como 0. El modelo estadístico incluyó el efecto del genotipo de la vaca (puro, cruzado). Los análisis se hicieron por característica con GENMOD de SAS, y se utilizó la función liga logit para la distribución binomial. El grado de asociación entre anticuerpos del virus en suero, virus en sangre y en secreciones se determinó con el coeficiente phi, también llamado coeficiente de correlación de Mathews, para tablas de contingencia 2x2. Los coeficientes de correlación y su significancia estadística, se calcularon con CORR de SAS. La prevalencia de los virus en sangre no se estimó debido a que todas las muestras de las vacas resultaron negativas a la prueba de RT-PCR. No hubo diferencias ( $P>0.05$ ) en la prevalencia de anticuerpos en suero, ni del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, en vacas cruzadas y puras, siendo para anticuerpos de 7.6 y 8.8%, para virus nasales y lacrimales de 6.3 y 6.1%, y para virus vaginales de 4.8 y 6.9%, respectivamente. No hubo relación ( $P>0.05$ ) entre la presencia de anticuerpos en suero y del virus en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \*rosete.jorge@inifap.gob.mx



**Palabras clave:** vacas, virus, DVB, secreciones

## Introducción

La diarrea viral bovina es una enfermedad que afecta la reproducción en las vacas provocando baja fertilidad, repetición de estros, reabsorción embrionaria, abortos (Waldner, 2005; Lertora, 2003) y en consecuencia una tasa de gestación muy baja que repercute en la tasa de partos y la cosecha de becerros al destete. A este respecto, se han tomado acciones para controlar este problema en hatos ganaderos por medio de la vacunación (Vargas *et al.*, 2009), para evitar el impacto negativo que esto causa en la producción (Lanyon *et al.*, 2012). Otro de los problemas de la diarrea viral bovina, es que, en los becerros, incluso desde el nacimiento, causa graves neumonías, conjuntivitis y úlceras en nariz y cavidad bucal causando la muerte (Liebler-Tenorio, 2005; Rubio *et al.*, 2009), por lo que, en estos casos, la vacunación también se ha utilizado para controlar esta enfermedad en los becerros (Vargas *et al.*, 2009). En ganaderías del trópico y subtropical, húmedos, se ha estudiado la diarrea viral bovina en cuanto a su prevalencia e incidencia y su efecto en la tasa de gestación (Zárate *et al.*, 2013; Rosete *et al.*, 2015); sin embargo, se desconoce la posibilidad y frecuencia de la eliminación del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, lo cual es importante para conocer el riesgo de su transmisión de animales infectados al resto de los animales susceptibles. Por esta razón, en este estudio, se determinó la prevalencia de anticuerpos séricos y antígenos en sangre del virus de la diarrea viral bovina y su relación con la eliminación de los virus en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal en vacas lecheras del subtropical húmedo de Puebla.

## Materiales y Métodos

### Lugar de realización

El trabajo se realizó en clima subtropical húmedo, en la región oriente del estado de Puebla, particularmente en el Sitio Experimental Las Margaritas. Para este propósito se incluyeron 96



vacas lecheras de los genotipos Suizo Americano, Holstein y sus cruzas reciprocas sin antecedentes de vacuna, en los años 2018 a 2020.

### **Toma de muestras de sangre y secreciones**

Para el diagnóstico de anticuerpos en suero sanguíneo y sangre completa del virus de la diarrea viral bovina, se tomaron dos muestras de sangre con intervalo de 30 días entre muestreos y para el diagnóstico del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, también se tomaron dos muestras mediante hisopado profundo en nariz, comisuras oculares y vagina, con intervalo de 30 días entre muestreos. Las muestras de sangre para obtención del suero y sangre completa, se tomaron de la vena coccígea con agujas vacutainer, para las muestras de suero se tomaron con tubos vacutainer sin anticoagulante y para las muestras de sangre completa con tubos vacutainer con EDTA. Estas muestras, después de tomadas del animal y hasta regresar al laboratorio del campo, se conservaron en frío en una caja de poliuretano con abundante hielo. Las muestras de sangre para obtención del suero se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 minutos y el suero obtenido se conservó en viales de 5 mL con tapón y en congelación hasta su análisis. Las muestras de sangre con el anticoagulante se pasaron a los viales de 5 mL con tapón y se mantuvieron en congelación hasta su análisis. Las muestras de secreciones nasal, lacrimal y vaginal se tomaron mediante hisopado nasal, lacrimal y vaginal profundos, con hisopos comerciales que se introdujeron en el tubo con gel conservador y después de obtenerla, también se conservaron en frío en la caja de poliuretano con hielo hasta llegar al laboratorio del campo, para después mantenerse en congelación hasta su análisis.

### **Diagnóstico de laboratorio**

Las muestras de suero se analizaron con el procedimiento inmunoenzimático de adsorción (ELISA) y las de sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal por medio de la reacción en reversa de la cadena de la polimerasa (RT-PCR).

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de la prevalencia de anticuerpos en suero y de antígenos del virus de la diarrea viral bovina en sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal, los resultados por animal se consideraron como variables binarias registrándose en el archivo de datos como 1 cuando la muestra fue positiva y como 0 cuando fue negativa, incluyendo como efecto fijo al modelo estadístico el genotipo de la vaca (puro, cruzado). Los análisis se realizaron con regresión logística en el procedimiento GENMOD del paquete SAS, utilizando la función liga





logit para una distribución binomial. El grado de asociación entre anticuerpos en suero, el virus en sangre y en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, se determinaron con el coeficiente phi, también llamado coeficiente de correlación de Mathews, el cual se calcula para tablas de contingencia 2x2. Los coeficientes de correlación, así como la significancia estadística para determinar las diferencias de cero, se calcularon con el procedimiento CORR del paquete SAS.

## Resultados y Discusión

La prevalencia del virus de la diarrea viral bovina en sangre no se pudo analizar debido a que todas las vacas resultaron negativas a la prueba de RT-PCR. En el Cuadro 1 se muestran las prevalencias de anticuerpos en suero y del virus en secreción nasal, lacrimal y vaginal, las que no fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) entre los genotipos de las vacas, cruzado y puro.

Los coeficientes de correlación entre la presencia de anticuerpos del virus en suero con la presencia del virus en secreción nasal, lacrimal y vaginal (Cuadro 2), tampoco fueron significativos ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos e intervalos de confianza al 95% (IC) para prevalencia de anticuerpos séricos contra el virus de la diarrea viral bovina (Virus-suero) y virus en secreción nasal (Virus-nasal), lacrimal (Virus-Lacrimal) y vaginal (Virus-vaginal), por genotipo de la vaca.**

Genotipo	Virus-suero (%)		Virus-nasal (%)		Virus-lacrimal (%)		Virus-vaginal (%)	
	Media	IC	Media	IC	Media	IC	Media	IC
Cruzado	7.6±3.3 <sup>a</sup>	3-17	6.3±3.1 <sup>a</sup>	2-16	6.3±3.1 <sup>a</sup>	2-16	4.8±2.7 <sup>a</sup>	2-14
Puro	8.8±4.9 <sup>a</sup>	3-24	6.1±4.2 <sup>a</sup>	2-21	6.1±4.2 <sup>a</sup>	2-21	6.9±4.7 <sup>a</sup>	2-24

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 2. Coeficientes phi de correlación para presencia de anticuerpos del virus en suero (Virus-suero) y presencia del virus en secreción nasal (Virus-nasal), lacrimal (Virus-lacrimal) y vaginal (Virus-vaginal).**

	Virus-nasal	Virus-lacrimal	Virus-vaginal
Virus-suero	-0.08	-0.08	-0.07
Virus-nasal		-0.08	-0.06
Virus-lacrimal			-0.06

Los coeficientes de correlación no son significativos ( $P > 0.05$ ).



## Discusión

En este estudio, la prevalencia de anticuerpos en suero de 7.6% para las vacas cruzadas y de 8.5% para las vacas puras, indicaron que el hato está infectado, aunque no se tuvo éxito en detectar a los virus en la muestra de sangre. Sin considerar el genotipo de las vacas, la prevalencia promedio de anticuerpos en suero fue de 8.05%, la cual resultó ser menor a las reportadas por Romero *et al.* (2009) de 69.0% y a la de Milián-Suazo *et al.* (2016) de 60.3%, para bovinos en pastoreo en el estado de Veracruz.

En estudios realizados con vacas lecheras en los estados de Hidalgo y Aguascalientes, México, se determinaron prevalencias de 32.8% (Meléndez *et al.*, 2010) y 48.6% (Sánchez-Castilleja *et al.*, 2012), mayores a las de este estudio, pero inferiores a las de los bovinos en pastoreo en Veracruz (Romero *et al.*, 2009; Milián-Suazo *et al.*, 2016); pero en una revisión de literatura que resumió información de estudios mexicanos publicados de 1975 a 2016, se documentó una prevalencia de anticuerpos contra el virus de la DVB de 59.3% (Rosete *et al.*, 2018). Con respecto a los anticuerpos en suero del virus y su eliminación en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal, en este estudio no hubo relación alguna, por lo que la presencia de anticuerpos del virus en suero no explica la presencia de los virus en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal; sin embargo, la presencia de los virus en estas secreciones, aunque en porcentajes relativamente bajos, si indican la infección persistente en el hato y que estos animales al eliminar el virus en sus secreciones, son un factor de riesgo alto y pueden ser considerados persistentemente infectados, ya que esta vía es efectiva para infectar a los animales susceptibles (Khodakaram-Tafti y Farjanikish, 2017).

## Conclusiones

Las prevalencias de anticuerpos en suero y la presencia del virus en secreciones nasales, lacrimales y vaginales no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ) entre vacas cruzadas y puras; además, no hubo relación ( $P > 0.05$ ) entre anticuerpos en suero y virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, considerándose a estos animales que eliminan el virus en sus secreciones como un factor de riesgo.



## Agradecimiento

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este estudio en el Sitio Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional Golfo Centro y del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

## Literatura Citada

- Khodakaram-Tafti, A. and H. Farjanikish G. 2017. Persistent bovine diarrhea virus (BVDV) infection in cattle herds. Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University. 18(3) serie 60: 154-163. Consultado el 11-07-2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5674437/pdf/ijvr-18-154.pdf>.
- Lanyon, S., J. Rogers, A. Kessel y M.P. Reichel. 2012. Economic analysis of an acute outbreak of bovine viral diarrhoea virus (BVDv) in a South Australia herd-a case study. Australian Cattle Veterinary. 63:13-17.
- Lértora, W.J. 2003. Diarrea viral bovina: Actualización. Revista Veterinaria F.C.V. UNNE.14(1):1-11.
- Liebler-Tenorio, E.M. 2005. Pathogenesis. In: M. Goyal S. and F Ridpath J. Editors. Bovine viral diarrhea virus: diagnosis, management and control. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing Professional. 121-143.
- Meléndez, S.R.M., A.G. Valdivia F., E.J. Rangel M., E. Díaz A., J.C. Segura-Correa 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.
- Milián-Suazo, F., R. Hernández-Ortíz, L. Hernández-Andrade, A. Alvarado-Islas, E. Díaz-Aparicio, F. Mejía-Estrada *et al.* 2016. Seroprevalence and risk factors for reproductive diseases in dairy cattle in Mexico. Journal Veterinay Medicine Animal Health. 8(8):89-98.
- Romero, S.D., T. Montiel P., M. Aguilar D., D.I Martínez H., Z.S. García V. 2009. Prevalencia de diarrea viral bovina en el estado de Veracruz, México. En: H. Barradas L., I Ceja R., L.M. Vázquez C. Editores. XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, México. 660-667.



- Rosete, F.J.V., Á. Ríos U., J.P. Zárate M., S. Olazarán J., L. Granados Z., A. Fragoso I. *et al.* 2018. Prevalencia de anticuerpos contra diarrea viral bovina en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9(3):555-566.
- Rosete, F.J.V., L. Granados Z., J.P. Zárate M., A. Ríos U. V.M. Banda R., G.A. Socci E. *et al.* 2015. Prevalencia e incidencia a diarrea viral bovina en vacas de doble propósito en pastoreo en trópico húmedo. VII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco y IV Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Tabasco, México. 246-251.
- Rubio, G.J.L., A. Betancourt M. y G. Karg. 2009. Síndrome respiratorio y digestivo en terneras trasladadas a la recría. *REDVET*.10(8):1-7.
- Sánchez-Castilleja, Y.M., J.G. Rodríguez D., M. Pedroso, 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 Salud Animal*. 34(2):95-100.
- Vargas, D.S., J. Jaime, V.J. Vera. 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 diarrhoea virus and infectious bovine rhinotracheitis virus at pregnancy testing and reproductive performance in beef herds. *Animal Reproduction Science*. 90(3-4):219-242.
- Zárate, M.J.P., J.V. Rosete F., A. Ríos U., F.T. Barradas P., R. López E., S. Olazarán J. *et al.* 2013. Estado reproductivo y prevalencia de IBR y DVB en hembras bovinas en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero, México. 759-766.



## RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA Y SECRECIÓN VIRAL NASAL, LACRIMAL Y VAGINAL, EN VACAS EN PASTOREO SUBTÓPICAL

Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>1</sup>, Guadalupe Asunción Socci Escatell<sup>1</sup> y Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup>

### Resumen

Se determinó la prevalencia de anticuerpos séricos del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina y su relación con la presencia del virus en sangre y secreciones nasal, lacrimal, vaginal en vacas lecheras del subtrópico húmedo de Puebla. Las vacas se muestrearon dos veces con un intervalo de 30 días entre muestreos, para la obtención de sangre, suero sanguíneo, y secreciones nasal, lacrimal y vaginal. Los anticuerpos se determinaron mediante ELISA, mientras que los virus en sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal con PCR. Las prevalencias de Ac en suero y del virus en sangre y secreciones se consideraron como variables binarias; por lo tanto, cada muestra positiva se registró como 1 y cada negativa como 0. El modelo estadístico incluyó el efecto del genotipo de la vaca (cruzado y puro). Los análisis se hicieron por característica con GENMOD de SAS, utilizando la función liga logit para una distribución binomial. El grado de asociación entre anticuerpos en suero y virus en sangre y secreciones, se determinó con el coeficiente phi, también llamado coeficiente de correlación de Mathews, para tablas de contingencia 2x2. Los coeficientes de correlación y su significancia estadística, se calcularon con CORR de SAS. No hubo diferencia ( $P>0.05$ ) entre vacas cruzadas y puras en las prevalencias, siendo para virus en sangre de 3.0 y 8.8%, para anticuerpos en suero de 18.2 y 11.8%, para virus en secreción nasal y lacrimal de 12.7 y 12.1% y para virus en secreción vaginal de 15.5 y 3.2%, respectivamente. No hubo relación ( $P>0.05$ ) entre la presencia de anticuerpos en suero y del virus en sangre con los virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal.

**Palabras clave:** vacas, RIB, virus, secreciones

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \*rosete.jorge@inifap.gob.mx



## Introducción

La rinotraqueitis infecciosa bovina también conocida como vulvovaginitis pustular infecciosa es una enfermedad viral causada por el Herpesvirus Bovino Tipo 1 (BHV-1). Este virus, además, tiene los subtipos 1.1, 1.2 y 1.3; sin embargo, el que afecta la reproducción es el BHV-1 (OIE, 2004). La importancia de detectar el virus en el ganado, radica en que causa disminución en la productividad de las vacas, debido a fallas reproductivas como retraso a la concepción por repetición de estros, muertes embrionarias o abortos y al parto repercute con retención placentaria e infecciones uterinas (Gu y Kirkland, 2008; Waldner *et al.*, 2005). Las vacas infectadas generalmente no manifiestan otros signos clínicos, pero, debido al estrés por el parto, el transporte y el manejo de cualquier índole, inducen la reactivación de la infección y eliminan el virus al ambiente debido a que permanece latente en los órganos blanco, actuando estas vacas como portadoras aparentemente sanas y constituyendo el principal factor de riesgo de la enfermedad (OIE, 2004). En el altiplano mexicano la rinotraqueitis infecciosa bovina ya fue identificada en hatos lecheros (Reyes *et al.*, 2004) resaltando su efecto limitante con la reproducción de las vacas, principalmente como la causante de repetición de estros, muertes embrionarias, abortos, infecciones uterinas y otras patologías reproductivas (Armas *et al.*, 2004; Escamilla *et al.*, 2004; Waldner, 2005; Meléndez *et al.*, 2010). Por otro lado, en clima tropical, también se demostró la presencia de esta enfermedad mediante pruebas serológicas para detectar anticuerpos, conociendo la prevalencia e incidencia del virus (Zarate *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue, determinar la prevalencia de anticuerpos séricos del virus, detectarlo en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, y la posible relación entre la prevalencia y la eliminación del virus en esas secreciones, en vacas lecheras en condiciones subtropicales húmedas.

## Materiales y Métodos

### Lugar de realización

El trabajo se realizó en clima subtropical húmedo en la región oriente el estado de Puebla en los años 2019 a 2020, en un hato con 96 vacas lecheras Suizo Americano y Holstein y sus cruza.



### **Toma de muestras de sangre y secreciones**

Para el diagnóstico de anticuerpos en suero sanguíneo y virus en sangre de la rinotraqueitis infecciosa bovina, se tomaron dos muestras de sangre con intervalo de 30 días entre muestreos y para el diagnóstico del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, también se tomaron dos muestras mediante hisopado, con intervalo de 30 días entre muestreos.

Las muestras de suero se tomaron de la vena coccígea con agujas y tubos vacutainer sin anticoagulante. Las muestras de sangre también se tomaron de la vena coccígea con agujas vacutainer, pero con tubos vacutainer con el anticoagulante EDTA. Estas muestras, después de tomadas del animal y hasta regresar al laboratorio de campo, se conservaron en frío en una caja de poliuretano con abundante hielo. Las muestras de sangre para obtención del suero se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 minutos y el suero obtenido se conservó en viales de 5 ml y en congelación hasta su análisis. Las muestras de sangre con el anticoagulante se pasaron a los viales de 5 ml y se mantuvieron en congelación hasta su análisis.

Las muestras de secreciones nasal, lacrimal y vaginal se tomaron mediante hisopado para la obtención de secreción nasal, lacrimal y vaginal, con hisopos comerciales que se colocaron después de tomar la muestra dentro de un tubo con gel. Los tubos se conservaron en frío en la caja de poliuretano con hielo hasta llegar al laboratorio de campo, para después mantenerse en congelación hasta su análisis.

### **Diagnóstico de laboratorio**

Las muestras de suero sanguíneo se procesaron por medio del análisis inmunoenzimático de adsorción (ELISA) para determinar los anticuerpos IGg y las de sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para determinar el virus.

### **Análisis estadístico**

Las prevalencias de anticuerpos en suero y del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal se consideraron como variables binarias, registrándose como 1 cuando la muestra fue positiva y como 0 en el caso contrario. El modelo estadístico incluyó el efecto del genotipo de la vaca (puro y cruzado). Los análisis se realizaron con regresión logística con el procedimiento GENMOD de SAS, utilizando la función liga logit para una distribución binomial. El grado de asociación entre anticuerpos séricos y la presencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en sangre y en secreciones nasal, lacrimal y



vaginal, se determinó con el coeficiente phi, también llamado coeficiente de correlación de Mathews, el cual se calcula para tablas de contingencia 2x2. Los coeficientes de correlación, así como la significancia estadística para determinar las diferencias de cero, se calcularon con el procedimiento CORR del paquete SAS.

## Resultados y Discusión

Las prevalencias de anticuerpos en suero y del virus en sangre de la rinotraqueitis infecciosa bovina se presentan en el Cuadro 1, y del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, en el Cuadro 2, no siendo diferentes ( $P>0.05$ ) entre los genotipos cruzado y puro.

**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos e intervalos de confianza al 95% (IC) para prevalencia de anticuerpos en suero contra el virus (Ac-Suero) y prevalencias del virus en sangre (Vi-Sangre) por genotipo de la vaca.**

Genotipo	Ac-Suero <sup>b</sup>		Vi-Sangre <sup>b</sup>	
	Media	IC	Media	IC
Cruzado	18.2±4.7 <sup>a</sup>	11-29	3.0±2.1 <sup>a</sup>	1-11
Puro	11.8±5.5 <sup>a</sup>	4-27	8.8±4.9 <sup>a</sup>	3-24

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P>0.05$ ).

<sup>b</sup>Ac-Suero = anticuerpos en suero; Vi-Sangre = virus en sangre.

**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos e intervalos de confianza al 95% (IC) de la eliminación del virus en secreciones nasal (Vi-Nasal), lacrimal (Vi-Lacrimal) y vaginal (Vi-Vaginal), por genotipo de la vaca.**

Genotipo	Vi-Nasal <sup>b</sup>		Vi-Lacrimal <sup>b</sup>		Vi-Vaginal <sup>b</sup>	
	Media	IC	Media	IC	Media	IC
Cruzado	12.7±4.2 <sup>a</sup>	6-23	12.7±4.2 <sup>a</sup>	6-23	15.5±4.8 <sup>a</sup>	8-27
Puro	12.1±5.7 <sup>a</sup>	5-28	12.1±5.7 <sup>a</sup>	5-28	3.2±3.2 <sup>a</sup>	1-20

<sup>a</sup>Las medias no son diferentes ( $P>0.05$ ).

<sup>b</sup>Vi-Nasal = virus nasal; Vi-Lacrimal = virus lacrimal; Vi-Vaginal = virus vaginal.

Por otro lado, los coeficientes de correlación entre la presencia de anticuerpos en suero y del virus en sangre y secreciones nasal, lacrimal y vaginal no fueron ( $P>0.05$ ) significativos (Cuadro 3).





**Cuadro 3. Coeficientes phi de correlación para presencia de anticuerpos séricos contra el virus (Ac-Suero) y presencia de antígenos del virus en sangre (Ag-Sangre), excreción nasal (Ag-Nasal), lacrimal (Ag-Lacrimal) y vaginal (Ag-Vaginal).**

	Vi-Sangre	Vi-Nasal	Vi-Lacrimal	Vi-Vaginal
Ac-Suero	0.03	-0.08	-0.08	-0.15
Vi-Sangre		-0.09	-0.09	-0.08
Vi-Nasal				-0.04

Los coeficientes de correlación no son significativos ( $P > 0.05$ ).

<sup>a</sup>Vi-Sangre = virus en sangre; Vi-Nasal = virus nasal, Vi-Lacrimal = virus lacrimal; Vi-Vaginal = virus vaginal.

## Discusión

Las prevalencias de anticuerpos en suero contra el virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en este hato lechero fueron entre 11.8 y 18.2%, considerables para un grupo de vacas nunca antes vacunadas y, además, demuestra la infección latente del virus por la identificación del virus en sangre con los valores de 3.0 a 8.8%, por lo que hatos con esta característica debería ser atendido con un programa de vacunación para proteger a las vacas de problemas reproductivos. Esta prevalencia sérica fue menor al 45 y 96% detectada en ranchos de Veracruz de vacas en pastoreo en clima tropical húmedo (Zarate *et al.*, 2013); sin embargo, resultó superior a la prevalencia de 5.3% detectada en ganado de ranchos de Tizimín Yucatán, ya hace algunos años (Calderón *et al.*, 1997). A nivel nacional en una revisión de literatura de estudios mexicanos en los años 1975 a 2016 y en el estudio realizado en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz (Ríos *et al.*, 2018), se estimó que la prevalencia promedio de anticuerpos séricos fue de 56.4% para esta enfermedad, razón suficiente para una campaña nacional debido a que esta enfermedad afecta a la reproducción.

Como los coeficientes de correlación no fueron significativos entre la prevalencia de anticuerpos en suero y del virus en sangre con la presencia del virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, esto indica que los anticuerpos en suero o los virus en sangre, no explican la eliminación de los virus en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, pero sin dejar de ser un factor de alto riesgo para la transmisión de la enfermedad. Adicionalmente, la detección de los virus en sangre y la eliminación en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal, demuestran que en el hato existen animales latentemente infectados a esta enfermedad y que en estados de



estrés la eliminación podría ser de mayor consideración (OIE, 2004), para tomar medidas de control mediante la vacunación por las implicaciones reproductivas que causa esta enfermedad (Gu y Kirkland, 2008; Waldner *et al.*, 2005).

## **Conclusiones**

Las prevalencias de anticuerpos del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en suero, del virus en sangre y en secreciones nasal, lacrimal y vaginal, no fueron diferentes entre vacas cruzadas y puras. Además, no hubo relación entre anticuerpos en suero y virus en sangre con la eliminación de los virus en las secreciones nasal, lacrimal y vaginal, por lo que los anticuerpos y los virus en sangre no explican ninguna relación, pero sí denotan que se trata de un hato latentemente infectado.

## **Agradecimiento**

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este estudio en el Sitio Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional Golfo Centro y Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

## **Literatura Citada**

Armas, C.A., 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. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Morelia, Michoacán, México. 135.

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. *Téc Pecu Méx* 1997;35(3):161-164.



- 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. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Morelia, Michoacán, México. 2004:111.
- Gu, X. y P.D. Kirkland. 2008. Infectious bovine rhinotracheitis. Australian and New Zealand Standard Diagnostic Procedure.1-18.  
[https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/animal/ahl/AN\\_ZSDP-Infectious-bovine-rhinotracheitis-IBR.pdf](https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/animal/ahl/AN_ZSDP-Infectious-bovine-rhinotracheitis-IBR.pdf). Consultado 3 agosto, 2020.
- 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.
- O.I.E. Office International des Epizooties. 2004. Rinotraqueitis bovina infecciosa/vulvovaginitis pustular infecciosa (2.3.5.). Manual de la OIE sobre animales terrestres. 514-525.
- Reyes, J.M., R. Vázquez y A. García J. 2004. Seroprevalencia de IBR y DVB en hatos muestreados en México. 2002-2003. XXVIII Congreso Nacional Buiatría. Morelia, Michoacán, México. 112.
- Ríos-Utrera Á, J.V. Rosete-Fernández, J.P. Zárate-Martínez, A. Fragoso-Islas, S. Olazarán-Jenkins, L. Granados-Zurita *et al.* 2018. Rinotraqueitis infecciosa bovina: determinación de la prevalencia de anticuerpos en vacas mexicanas no vacunadas de los estados de Tabasco, Puebla y Veracruz. Revista Científica, FCV-LUZ. 28(5):349-359.
- 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.
- Zárate, M.J.P., J. V. Rosete F., A. Ríos U., F.T. Barradas P., R. López E., S. Olazarán J. *et al.* 2013. Estado reproductivo y prevalencia de IBR y DVB en hembras bovinas en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero, México. 759-766.



## PREVALENCIA A *Leptospira* sp. Y SU ELIMINACIÓN EN ORINA EN VACAS EN PASTOREO EN SUBTRÓPICO

Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1\*</sup>, Guadalupe A. Socci Escatell<sup>1</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup> y Abraham Fragoso Islas<sup>1</sup>

### Resumen

Se determinó la prevalencia de anticuerpos de 12 serovariedades de leptospiras y la relación entre los anticuerpos en suero y la eliminación de la bacteria en la orina de vacas lecheras en el subtrópico húmedo de Puebla. A las vacas se les tomaron dos muestras de sangre y orina con intervalo de 30 días entre muestreos, para determinar anticuerpos en suero por MAT y el virus en la orina por PCR. Los análisis estadísticos se hicieron con regresión logística (PROC GENMOD de SAS). El modelo incluyó el genotipo de la vaca (cruzado y puro). El grado de asociación entre anticuerpos en suero y la bacteria en la orina, se determinó con el coeficiente phi, también llamado de correlación de Mathews para variables binarias, el cual se calcula para tablas de contingencia 2x2. Los coeficientes de correlación, así como la significancia estadística para determinar si eran diferentes de cero, se calcularon con el procedimiento CORR del paquete SAS. Solo hubo diferencia entre genotipos al primer muestreo ( $P < 0.05$ ) para la prevalencia de la serovariedad *grippotiphosa*, siendo mayor ( $P < 0.05$ ) en vacas cruzadas (20.0%) que en puras (5.9%). La prevalencia de anticuerpos de *Leptospira* sp. en suero y de la eliminación de las leptospiras en la orina no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ) entre vacas cruzadas y puras, con prevalencias de anticuerpos de leptospiras en suero de 86.2 a 94.1%, y en la orina de 6.6 a 12.9%. El coeficiente de correlación entre anticuerpos en suero y la bacteria en orina para *hardjo* y *tarassovi* fue de 0.25 y 0.26, respectivamente.

**Palabras clave:** vacas, leptospiras, eliminación, orina

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \*rosete.jorge@inifap.gob.mx



## Introducción

La leptospirosis es una enfermedad que afecta la reproducción en vacas (García *et al.*, 2008) y es una zoonosis distribuida mundialmente (Dragui *et al.*, 2011). Es causa de un gran impacto social y económico, por las fallas reproductivas y disminución de la producción láctea (Arias *et al.*, 2011). Se sabe que es ocasionada principalmente por la serovariedad *hardjo*; sin embargo, diferentes estudios han demostrado la participación de *wolffi*, *tarassovi* (Méndez *et al.*, 2013), *santarosai* y *kirschneri* (Carmona *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia serológica de anticuerpos contra las serovariedades: *icterohaemorrhagiae*, *bratislava*, *pyrogenes*, *grippotiphosa*, *canicola*, *pomona*, *wolffi*, *hardjo*, *tarassovi*, H89, *palo alto* y *portland V*, y la presencia de *Leptospira* sp. en la orina de vacas y si la prevalencia en suero explica la presencia de la bacteria en la orina.

## Materiales y Métodos

### Lugar de realización

El trabajo se hizo en la región oriente del estado de Puebla en clima subtropical húmedo, en 100 vacas lecheras Holstein, Suizo Americano y sus cruza reciprocas del Sitio Experimental Las Margaritas del INIFAP.

### Toma de muestras de sangre y orina

Se tomaron dos muestras de sangre y orina con intervalo de 30 días entre muestreos en cada vaca. Las muestras de sangre se tomaron de la vena coccígea con una aguja vacutainer y tubo vacutainer sin anticoagulante. Las muestras de orina se tomaron con un frasco de 50 ml con tapa, directamente de la vulva de cada vaca, al estimular la micción mediante masaje de la región del periné. Las muestras de sangre y orina, después de ser tomadas se conservaron en frío con hielo abundante en una hielera de poliuretano hasta llegar al laboratorio de campo, donde las muestras de sangre se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 min para la obtención del suero, que se conservó en congelación en viales de 5 ml hasta su análisis. Las muestras de orina se cambiaron a un frasco de 30 ml con tapón y se congelaron hasta su análisis. Las muestras de suero y orina se identificaron con numero de animal y fecha.



### **Diagnóstico de laboratorio**

Las muestras de suero sanguíneo para el diagnóstico de anticuerpos contra leptospira, se analizaron con la prueba de aglutinación en placa (MAT) para las 12 serovariedades: *icterohaemorrhagiae*, *bratislava*, *pyrogenes*, *grippotiphosa*, *canicola*, *pomona*, *wolffi*, *hardjo*, *tarassovi*, H89, *palo alto* y *portland V*, y la prevalencia de anticuerpos contra *leptospira* sp.

Las muestras de orina para detectar a la *Leptospira* sp., se analizaron con la prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

### **Análisis estadístico**

La prevalencia de anticuerpos contra las 12 serovariedades de leptospira, anticuerpos contra *Leptospira* sp y su presencia en orina, se consideraron como variables binarias (1, 0); por lo tanto, los resultados positivos se registraron como 1 y los negativos como 0. El modelo estadístico incluyó el genotipo de la vaca (puro y cruzado). La información se analizó con regresión logística con el procedimiento GENMOD de SAS por característica, en una función liga logit y distribución binomial. El grado de asociación de anticuerpos de *Leptospira* sp en suero y la *Leptospira* sp. en la orina, se determinó con el coeficiente de correlación phi, los cuales se calcularon con el procedimiento CORR de SAS.

### **Resultados y Discusión**

En los Cuadros 1 y 2 se muestran las prevalencias de las 12 serovariedades de leptospira, por genotipo y momento del muestreo. En el primer muestreo, solo hubo diferencia entre genotipos ( $P < 0.05$ ) en la serovariedad *grippotiphosa*, siendo mayor en el cruzado que en el puro.



**Cuadro 1. Prevalencias (%) de anticuerpos séricos bovinos contra las serovariedades *icterohaemorrhagiae* (ICTE), *bratislava* (BRAT), *pyrogenes* (PYRO), *grippotiphosa* (GRIP), *canicola* (CANI) y *pomona* (POMO), por genotipo de la vaca y muestreo.**

Genotipo	Serovariedad					
	ICTE	BRAT	PYRO	GRIP	CANI	POMO
Primer muestreo						
Cruzado	6.2 ± 3.0 <sup>a</sup>	12.3 ± 4.1 <sup>a</sup>	10.8 ± 3.8 <sup>a</sup>	20.0 ± 5.8 <sup>a</sup>	4.6 ± 2.6 <sup>a</sup>	3.1 ± 2.1 <sup>a</sup>
Puro	8.8 ± 4.9 <sup>a</sup>	17.7 ± 6.5 <sup>a</sup>	11.8 ± 5.5 <sup>a</sup>	5.9 ± 4.0 <sup>b</sup>	2.9 ± 2.9 <sup>a</sup>	2.9 ± 2.9 <sup>a</sup>
Segundo muestreo						
Cruzado	11.9 ± 4.2 <sup>a</sup>	8.5 ± 3.6 <sup>a</sup>	20.3 ± 5.2 <sup>a</sup>	8.5 ± 3.6 <sup>a</sup>	5.1 ± 2.9 <sup>a</sup>	11.9 ± 4.2 <sup>a</sup>
Puro	13.3 ± 6.2 <sup>a</sup>	10.0 ± 5.5 <sup>a</sup>	33.3 ± 8.6 <sup>a</sup>	3.3 ± 3.3 <sup>a</sup>	3.3 ± 3.3 <sup>a</sup>	10.0 ± 5.5 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Prevalencias con distinta literal son diferentes (P<0.05).

**Cuadro 2. Prevalencias (%) de anticuerpos séricos bovinos contra las serovariedades *wolffi* (WOLF), *wardjo* (HARD), *tarassovi* (TARA), H89, *palo alto* (PALO) y *portland V* (PORT), por genotipo de la vaca y muestreo.**

Genotipo	Serovariedad					
	WOLF	HARD	TARA	H89	PALO	PORT
Primer muestreo						
Cruzado	13.9 ± 4.3 <sup>a</sup>	29.2 ± 5.6 <sup>a</sup>	27.7 ± 5.6 <sup>a</sup>	49.2 ± 6.2 <sup>a</sup>	53.8 ± 6.2 <sup>a</sup>	16.9 ± 4.7 <sup>a</sup>
Puro	32.4 ± 8.0 <sup>b</sup>	29.4 ± 7.8 <sup>a</sup>	35.3 ± 8.2 <sup>a</sup>	58.8 ± 8.4 <sup>a</sup>	52.9 ± 8.6 <sup>a</sup>	14.7 ± 6.1 <sup>a</sup>
Segundo muestreo						
Cruzado	32.2 ± 6.1 <sup>a</sup>	33.9 ± 6.2 <sup>a</sup>	15.3 ± 4.7 <sup>a</sup>	52.5 ± 6.5 <sup>a</sup>	63.8 ± 6.3 <sup>a</sup>	33.9 ± 6.2 <sup>a</sup>
Puro	16.7 ± 6.8 <sup>a</sup>	16.7 ± 6.8 <sup>a</sup>	23.3 ± 7.7 <sup>a</sup>	46.7 ± 9.1 <sup>a</sup>	50.0 ± 9.1 <sup>a</sup>	36.7 ± 8.8 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Prevalencias con distinta literal son diferentes (P<0.05).

La prevalencia de anticuerpos de *Leptospira* sp en suero y *Leptospira* sp. en la orina (Cuadro 3) no fueron diferentes (P>0.05) entre genotipos.

**Cuadro 3. Prevalencia de anticuerpos en suero contra *Leptospira* sp (SUERO), prevalencia de la bacteria en orina (ORINA) y número de serovariedades de leptospira (NSL) por genotipo de la vaca y muestreo.**

Genotipo	SUERO (%)	ORINA (%)	NSL
	Primer muestreo		
Cruzado	86.2 ± 4.3 <sup>a</sup>	10.0 ± 4.2 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.20 <sup>a</sup>
Puro	94.1 ± 4.0 <sup>a</sup>	6.7 ± 4.6 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.28 <sup>a</sup>
Segundo muestreo			
Cruzado	88.1 ± 4.2 <sup>a</sup>	6.6 ± 3.2 <sup>a</sup>	3.0 ± 0.22 <sup>a</sup>
Puro	86.7 ± 6.2 <sup>a</sup>	12.9 ± 6.0 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.30 <sup>a</sup>



## Discusión

En este hato la prevalencia de anticuerpos promedio a las 12 serovariedades de leptospira, fue de 86.2 a 94.1% y la eliminación de la *Leptospira* sp. en la orina fue de 6.6 a 12.9%, indicando la infección latente en las vacas, detectándose, además, la alta prevalencia de anticuerpos a las serovariedades, H89 y *palo alto*, con valores promedio de 51.8 y 55.1%, respectivamente, que son las comunes en los bovinos.

La prevalencia promedio de anticuerpos (86.2-94.1%) de las 12 serovariedades de *Leptospira* sp. encontrada en el presente estudio fue mayor al promedio nacional en México (49.7%), documentado por Luna *et al.* (2005).

De las 12 serovariedades estudiadas en este trabajo, las de mayor prevalencia fueron: *hardjo*, *tatassovi*, H89, *palo alto*, y *portland V*, con 50.36, 31.5, 51.8, 55.1 y 35.3%, respectivamente; demostrando la importancia diagnóstica a esta enfermedad para su control mediante la vacunación en hatos mantenidos en subtrópico húmedo.

Por otro lado, aunque la correlación de anticuerpos de *Leptospira* sp en suero y de la espiroqueta en la orina solo fue significativa ( $P < 0.05$ ) para *L. hardjo* y *tarassovi*, con 0.25 y 0.26, respectivamente, lo que significa que la vía urinaria es efectiva para la transmisión de las leptospirosis, reconociendo que la *L. hardjo* es la más importante a nivel mundial en la leptospirosis bovina (Bolin *et al.*, 2001; Odontsetseg *et al.*, 2005), por lo que el diagnóstico serológico y en la orina en este hato, es de relevancia por su transmisión efectiva entre los bovinos. La prevalencia de *Leptospira* sp. en la orina de 6.6 a 12.9% de este estudio, coincide con la prevalencia de 9.92% (6.96-12.88%) en animales asintomáticos (vacas, cerdos y perros) de un trabajo hecho en áreas rurales de Tailandia, donde se enfatizó el potencial zoonótico de esta enfermedad (Kurilung *et al.*, 2017).

## Conclusiones

Las prevalencias de anticuerpos y *Leptospira* sp. en la orina entre vacas cruzadas y puras en cada muestreo, no fueron diferentes. El grado de asociación entre anticuerpos en suero y la bacteria en orina solo fue significativo para *hardjo* y *tarassovi*.





## Agradecimiento

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este estudio en el Sitio Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional Golfo Centro y del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

## Referencias

- Arias, ChF, F. Suárez A, W. Huanca L., H. Rivera G., J. Camacho S. y T. Huanca M. 2011. Prevalencia de leptospirosis bovina en dos localidades de Puno en época de seca y determinación de factores de riesgo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 22(2):167-170.
- Bolin, C.A. and P. Alt D. 2001. Use of a monovalent leptospiral vaccine to prevent renal colonization and urinary shedding in cattle exposed to *Leptospira borgpetersenii* serovar *Hardjo*. *Am. J. Vet. Res.* (62) 995-1000.
- Carmona, G.C.A., L. León L., L.O. Castillo S., J.M. Ramírez O., A. Ko., C. Luna P. y A. De la Peña M. 2011. Detección de *Leptospira santarosai* y *L. kirschneri* en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. *Veterinaria México*. 42(4):277-288.
- Dragui, M.G., B. Brihuega, D. Benítez, M. Sala J., M. Biotti G., M. Pereyra M., A. Homse y L. Guariniello. 2011. Brote de leptospirosis en terneros en recría en la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*. 43:42-44.
- García, U.D., V.A. Lara S., J.A. Monroy J. y J.N. Zavaleta H. 2008. Evaluación reproductiva y productiva de un hato lechero con un brote de *L. interrogans* serovariedad *hardjo* tipo *hardjo bovis* [resumen]. *Memoria del XXXII Congreso Nacional de Buiatría*. 164 p.
- Kurilung, A., P. Chanchaithong, K. Lugsomya, W. Niyomtham, V. Wuthitkanun y N. Prapasarakul. 2017. Molecular detection and insolation of pathogenic *Leptospira* from asymptomatic humans, domestic animals and water sources in Nan province, a rural area of Thailand. *Research in Veterinary Science*. 115: 146-154.
- Méndez, C., L. Benavides, A. Esquivel, A. Aldama, J. Torres, D. Gavaldón, P. Meléndez y L. Moles. 2013. Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Revista de Salud Animal*. 35(1):25-32.



Luna, A.M.A., L.P. Moles C, D. Gavaldón R, C. Nava V. y F Salazar G. 2005. Estudio retrospectivo de la seroprevalencia de leptospirosis bovina en México considerando las regiones ecológicas. Rev. Cubana Med. Trop. 57 (1): 28-31.

Odontsetseg, N., Y Sakoda and H. Kida. 2005. Serological Evidence of the Persistence of infection with *Leptospira interrogans* serovar Hardjo in Cattle in Mongolia. Immunol. 49(9):856-869.



# ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO DE FRUTOS DE *Psittacanthus calyculatus* CONTRA BACTERIAS ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA

Jossany García Magaña<sup>1</sup>, José Osvaldo Bernal Gallardo<sup>2</sup>, Zaida Ochoa Cruz<sup>2</sup>,  
Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos<sup>2</sup>, María Valentina Angoa Pérez<sup>2</sup> y Hortencia Gabriela Mena Violante<sup>2</sup>

---

## Resumen

La diversidad biológica de México se conoce como una de las más importantes a nivel global, con su variedad de climas y su historia geológica que han creado una gran variedad de condiciones, que hicieron posible la coexistencia de especies tropicales y la diversificación de muchos grupos taxonómicos dentro del territorio. Dicha diversidad representa un reservorio de metabolitos con potencial aplicación, por lo que ha surgido el uso de extractos vegetales dentro del sector agropecuario por sus importantes beneficios biotecnológicos. Los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos vegetales son de gran variedad y concentración, por lo que sus beneficios son también diversos; pueden servir para combatir plagas, bacterias y enfermedades de plantas y animales, como la mastitis bovina, respuesta inflamatoria de la glándula mamaria, de gran interés en el sector ganadero por generar considerables pérdidas económicas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el extracto de frutos de *Psittacanthus calyculatus* (planta parásita, plaga forestal y agrícola) contra *Streptococcus agalactiae* asociada a mastitis bovina. Se recolectaron frutos maduros de *P. calyculatus*, teniendo como hospedero encino *Quercus* sp. Se prepararon extractos etanólicos del pericarpio, para realizar el ensayo antibacteriano de difusión en agar y la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) contra los siguientes aislados: *Streptococcus agalactiae* TD-3, *Streptococcus agalactiae* DI-2, *Streptococcus agalactiae* DI-22, *Streptococcus agalactiae* TI-12 y *Streptococcus agalactiae* TI-5. Los extractos mostraron efecto antibacteriano contra todos los aislados en estudio, siendo el más susceptible *Streptococcus agalactiae* TI-5. Es importante

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, [gjossany@gmail.com](mailto:gjossany@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, IPN CIIDIR Unidad Michoacán.



mencionar que el aislado que presentó mayor resistencia al antibiótico fue *S. agalactiae* DI-22, mientras que la bacteria con mayor resistencia al extracto *P. calyculatus* fue *S. agalactiae* TI-12. Respecto a la CMI se obtuvo un valor de 7.2 mg/mL de H<sub>2</sub>O. En comparación al antibiótico ciprofloxacino, el extracto logró una eficiencia promedio de 60%. Los resultados arrojaron respuestas positivas, ya que efectivamente se presentó una actividad antibacteriana, en comparación al antibiótico ciprofloxacino. Este trabajo se podrá utilizar para próximas investigaciones, ya que puede ser una referencia importante para indagar sobre el efecto de distintas dosis del extracto de fruto de muérdago, sobre *S. agalactiae* asociada a mastitis bovina.

**Palabras clave:** antimicrobiano, extractos vegetales, muérdago, *Streptococcus agalactiae*

## Introducción

La mastitis bovina es una respuesta inflamatoria de las glándulas mamarias, lo cual tiene un gran impacto en la producción y bienestar animal, y en la calidad de la leche producida. Se caracteriza por la entrada de células somáticas (principalmente neutrófilos polimorfonucleares) en la glándula mamaria y aumenta el contenido de proteasa en leche. Esta enfermedad se clasifica dependiendo el grado de inflamación y lesiones locales en la vaca. En términos generales, se clasifica como “mastitis clínica” cuando se manifiestan signos claros y observables en la ubre del animal o bien en la leche; en el caso de la “mastitis subclínica”, los signos se producen invisibles en la ubre, excepto cuando se usan herramientas para lograr diagnósticos, como la determinación de enzimas inflamatorias. Se han identificado aproximadamente 140 especies de patógenos causantes de mastitis, uno de los principales, son *S. agalactiae*, siendo el pezón su principal vía de entrada a la glándula (Mera *et al.*, 2017). Así como los antibióticos pueden mejorar la vida de los animales, el uso inadecuado de ellos puede lograr graves consecuencias, que generan dificultades en la salud animal y pérdidas económicas, además de resistencia bacteriana a antibióticos. Es por eso que se propone utilizar, desarrollar y analizar métodos a base de extractos vegetales, como alternativa al uso de antibióticos; debido a esto, el objetivo principal fue evaluar el efecto antimicrobiano del



extracto etanólico de los frutos de muérdago (*P. calyculatus*) contra *S. agalactiae*, causante de mastitis bovina, determinando *in vitro* la actividad inhibitoria y la actividad bactericida, ya que es una planta hemiparásita que contiene metabolitos secundarios que podrían actuar contra bacterias asociadas a mastitis bovina. Esta planta crece y se desarrolla sobre varias especies de árboles frutales y forestales en el centro y sur de México. Este tipo de especie se encuentra principalmente en los estados de Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Morelos, entre otros. Este tipo de planta es una maleza, la cual muchas veces causa la muerte del hospedero, por lo que su manejo también cobra importancia en los sistemas de explotación forestal y frutícola; conocer sus usos potenciales puede contribuir a propuestas sustentables para dicho propósito (Vázquez *et al.*, 2006; Cuevas *et al.*, 2017).

## **Materiales y Métodos**

### **Material microbiológico**

Se utilizaron los siguientes aislados provenientes de casos de mastitis subclínica: *Streptococcus agalactiae* TD-3, *Streptococcus agalactiae* DI-2, *Streptococcus agalactiae* DI-22, *Streptococcus agalactiae* TI-12 y *Streptococcus agalactiae* TI-5.

### **Material vegetal**

Los frutos de *P. calyculatus* del hospedero *Quercus* sp. fueron recolectados en el municipio de Jiquilpan, Michoacán (19° 59' 24.7" N, 102° 53' 56.5" W, a 2,122 msnm). Se eligieron los frutos con las mejores características físicas y con un punto de maduración óptimo, para lograr obtener el mejor resultado. Los frutos se lavaron con agua destilada y fue separado el pericarpio del fruto, enseguida se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C} \pm 2$ . El pericarpio congelado se liofilizó (FreeZone 6, LABCONCO, Missouri, EUA) y se molió en mortero con pistilo, hasta obtener un polvo fino.

### **Preparación de extractos**

La preparación de los extractos se realizó con base en lo reportado por Mostafa *et al.* (2018), con algunas modificaciones; se tomó 1 g de muestra que se colocó en 75 mL de etanol acidificado con HCl 1N en una proporción volumétrica de 85:15, enseguida se sonicaron (ULTRASONIK, DENSTPLY, NEYTECH, EUA.) durante 30 min. Las muestras se centrifugaron



a 3500 rpm durante 30 min, procediendo a la filtración al vacío con filtros de 0.45  $\mu\text{m}$ . Los extractos se concentraron en un rotavapor (Rotavapor r-2, BUCHI, Zúrich, Suiza) y se resuspendieron en agua des-ionizada estéril. Se obtuvo una concentración de pericarpio de 230 mg/mL de  $\text{H}_2\text{O}$ .

### **Ensayo de actividad antibacteriana**

Los ensayos de actividad antibacteriana se realizaron según lo reportado por Torres-Chatí *et al.* (2017). Para evaluar la actividad antimicrobiana se utilizó el método modificado de difusión en pocillos en agar Müller Hinton. Los aislados de *Streptococcus agalactiae* fueron llevados a una concentración  $5 \times 10^8$  UFC y se adicionaron al medio. Los pocillos (6 mm de diámetro) se prepararon con ayuda de un sacabocado estéril, donde se depositó el extracto con carga de 1.15, 2.30, 3.45 y 4.60  $\mu\text{g}$ /pocillo. Luego de una incubación a  $37^\circ\text{C}$  durante 24 h, se realizó la lectura de los halos de inhibición. Se utilizó como control positivo ciprofloxacino (200 mg/mL), siendo el agua estéril el control negativo. Para la medida de los halos de inhibición (mm) se empleó un vernier. Los ensayos se realizaron por triplicado.

### **Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)**

La actividad antimicrobiana se determinó de acuerdo a Sun *et al.* (2020). La CMI se obtuvo utilizando el método estándar de microdilución en caldo. Se utilizaron placas de micro-título estériles de poliestireno con 96 pocillos, en las que se colocaron alícuotas de 100  $\mu\text{L}$  de caldo Mueller-Hinton. Se añadieron los extractos ajustados a 230.0, 115.0, 57.5, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 y 1.8 mg/mL (50  $\mu\text{L}$  de cada uno). Como controles no tratados se colocaron 200  $\mu\text{L}$  de caldo. Se utilizó el aislado de *S. agalactiae* TI-5, ya que fue el que presentó los mayores halos de inhibición. Se añadieron 20  $\mu\text{L}$  de suspensión de *S. agalactiae* DI-22 ajustado a  $1 \times 10^7$  UFC/mL, y se incubaron a  $37^\circ\text{C} \pm 2$  durante 19 h. Después de la incubación, se agregaron 20  $\mu\text{L}$  de sal de tetrazolio MTT, se incubó 45 min a  $37^\circ\text{C} \pm 2$  y se registró la CMI, la cual se define como la concentración más baja de los extractos sin crecimiento bacteriano visible. Se repitió el ensayo tres veces con fechas distintas.

### **Análisis estadístico**

Los resultados de cada experimento se reportaron con la media  $\pm$  la desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza y las medias se separaron por la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), utilizando el software R Studio versión 1.4.1717.



## Resultados y Discusión

La actividad antibacteriana de los extractos de pericarpio frente a los aislados de *Streptococcus agalactiae* se observa en el Cuadro 1. Cabe destacar que el extracto de *P. calyculatus* obtuvo los mayores halos de inhibición en todos los aislados a una aplicación de 4.6 µg. El efecto antibacteriano fue proporcional a la cantidad de tejido del extracto, tal y como sucede en otras investigaciones (Bernier y Surette, 2013; Park *et al.*, 2016). El aislado *S. agalactiae* TD-3 fue el aislado más susceptible al antibiótico, en cambio el aislado más susceptible al extracto de *P. calyculatus* fue el TI-5; cabe mencionar que el aislado que presentó mayor resistencia al antibiótico fue *S. agalactiae* DI-22, en el caso del extracto *P. calyculatus* el aislado con mayor resistencia fue TI-12.

**Cuadro 1. Inhibición de *S. agalactiae* por extracto de pericarpio de *P. calyculatus* a distintas concentraciones.**

Extracto µg/pocillo	<i>S. agalactiae</i> (TD-3)	<i>S. agalactiae</i> (DI-2)	<i>S. agalactiae</i> (DI-22)	<i>S. agalactiae</i> (TI-12)	<i>S. agalactiae</i> (TI-5)	
<i>P. calyculatus</i>	1.15	3.49 ± 1.19 <sup>d</sup>	6.20 ± 2.83 <sup>e</sup>	8.82 ± 0.22 <sup>d</sup>	6.37 ± 0.34 <sup>d</sup>	8.46 ± 0.25 <sup>d</sup>
	2.30	9.15 ± 2.99 <sup>c</sup>	9.55 ± 1.18 <sup>d</sup>	12.73 ± 0.63 <sup>c</sup>	9.45 ± 0.35 <sup>cd</sup>	13.32 ± 0.51 <sup>c</sup>
	3.45	12.64 ± 1.81 <sup>c</sup>	11.80 ± 0.36 <sup>c</sup>	14.37 ± 0.21 <sup>c</sup>	12.17 ± 0.20 <sup>c</sup>	13.92 ± 0.82 <sup>bc</sup>
	4.60	15.32 ± 1.74 <sup>b</sup>	16.02 ± 0.34 <sup>b</sup>	16.97 ± 1.47 <sup>b</sup>	15.07 ± 0.69 <sup>b</sup>	17.87 ± 1.38 <sup>b</sup>
Antibiótico	4.00	40.48 ± 6.26 <sup>a</sup>	25.01 ± 3.06 <sup>a</sup>	21.80 ± 3.06 <sup>a</sup>	31.40 ± 3.06 <sup>a</sup>	25.15 ± 3.06 <sup>a</sup>

Se presenta la media ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en las columnas. La separación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey.

La mayor efectividad del extracto con relación al antibiótico fue con *S. agalactiae* DI-22 y la menor fue con *S. agalactiae* TD-3 (Cuadro 2). En promedio, el extracto obtuvo una efectividad de 60% respecto al antibiótico contra los aislados de *S. agalactiae*. Cabe mencionar que la concentración del antibiótico era mayor a la de los ingredientes activos presentes en el extracto, ya que las cantidades ensayadas fueron de tejido y no de ingrediente activo. Esto sugiere que, si en futuras investigaciones se ensayan dosis de ingredientes activos del extracto, su efectividad puede mejorar y acercarse o superar a la del antibiótico.



**Cuadro 2. Efectividad promedio del extracto de pericarpio de *P. calyculatus* con relación al antibiótico.**

Aislado	Antibiótico (4.0 µg/pocillo)	Extracto (4.6 µg/pocillo)
<i>S. agalactiae</i> TD-3	100%	38%
<i>S. agalactiae</i> DI-2	100%	64%
<i>S. agalactiae</i> DI-22	100%	78%
<i>S. agalactiae</i> TI-12	100%	48%
<i>S. agalactiae</i> TI-5	100%	71%

La CMI que presentó el extracto etanólico de pericarpio de *P. calyculatus* contra las bacterias *S. agalactiae* DI-22 fue de 7.2 mg/mL de H<sub>2</sub>O. Respecto a frutos de *P. calyculatus*, no existen estudios antimicrobianos; por el contrario, sí existen de su follaje, como el realizado por Jacobo-Salcedo *et al.* (2011), quienes reportaron inhibición a partir de 750 µg/disco contra *Acinetobacter iwoffii*, *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Los extractos vegetales para la obtención de metabolitos secundarios son de suma importancia en la innovación del área agropecuaria, ya que los metabolitos secundarios (triterpenos, flavonoides, fenoles, taninos, saponinas y alcaloides) han sido asociados con cualidades que incluyen actividad antimicrobiana y antiviral, así como algunas propiedades curativas contra patógenos (Sotelo *et al.*, 2010; Vélez-Terranova *et al.*, 2014; Sepúlveda-Jiménez, 2003).

Es importante mencionar que los resultados pueden variar si no se toman en cuenta aspectos importantes para la obtención de extractos, ya que puede influir la época de recolecta, el árbol o arbusto hospedero al cual parasitan, el grado de humedad del material vegetal, y el proceso de secado. Todos estos factores influyen en el porcentaje de rendimiento de la obtención de extractos (Vélez-Terranova *et al.*, 2014).

## Conclusiones

Se logró evaluar el efecto antimicrobiano de extracto etanólico de los frutos de muérdago (*P. calyculatus*) contra *Streptococcus agalactiae* causante de mastitis bovina. Se presentó una respuesta distinta de los aislados bacterianos al extracto de pericarpio de muérdago. El aislado más susceptible al extracto de *P. calyculatus* fue el TI-5 y con mayor resistencia fue el TI-12.





El estudio deja abierta la posibilidad de continuar la investigación sobre este fruto y sobre su uso potencial como antibacteriano, y con esto proponer un uso sustentable para el desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales.

## Agradecimientos

Se agradece al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán, del Instituto Politécnico Nacional, por facilitar sus instalaciones y el uso de los equipos para la realización de la presente investigación.

## Literatura Citada

- Bernier, S. P. and M. G. Surette. 2013. Concentration-dependent activity of antibiotics in natural environments. *Front. Microbiol.* 4:1-14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00020>
- Cuevas, P., G. Pérez, Y. Maldonado and A. González. 2017. Effects of herbivory and mistletoe infection by *Psittacanthus calyculatus* on nutritional quality and chemical defense of *Quercus deserticola* along Mexican forest fragments. *Plant Ecol.* 218(6):687-697.
- Jacobo-Salcedo, M. D. R., A. J. Alonso-Castro, L. A. Salazar-Olivo, C. Carranza-Alvarez, L. A. González-Espíndola, F. Domínguez, F. et al. 2011. Antimicrobial and cytotoxic effects of Mexican medicinal plants. *Nat. Prod. Commun.* 6(12):1925-1928. <https://doi.org/10.1177/1934578x1100601234>
- Mera, R., M. Muñoz, J. R. Artieda, P. Ortiz, R. González y V. Vega. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET* 18(11):1695-7504.
- Mostafa, A. A., A. A. Al-Askar, K. S. Almaary, T. M. Dawoud, E. N. Sholkamy and M. M. Bakri. 2018. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi J. Biol. Sci.* 25(2):361-366. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.02.004>
- Park, J. W., M. Wendt and G. J. Heo. 2016. Antimicrobial activity of essential oil of *Eucalyptus globulus* against fish pathogenic bacteria. *Laboratory Anim. Res.* 32(2):87. <https://doi.org/10.5625/lar.2016.32.2.87>



- Sepúlveda-Jiménez, G. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21(3):355-363.
- Sotelo, D. I., N. Casas F. y G. Camelo M. 2010. Borojó (*Borojoa patinoi*): Source of polyphenols with antimicrobial activity. *Vitae.* 17(3):329-336.
- Sun, X. H., L. R. Hao, Q. C. Xie, W. Q. Lan, Y. Zhao, Y. J. Pan, et al. 2020. Antimicrobial effects and membrane damage mechanism of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) extract against *Vibrio parahaemolyticus*. *Food Control.* 111: 107020. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107020>
- Torres-Chatí, J., J. León-Quispe y G. Tomas-Chota. 2017. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de hojas de *Luma chequen* (Molina) A. Gray "arrayán" frente a patógenos de origen clínico. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología.* 37(1):10-16.
- Vázquez, C. I., A. Villa R. y S. Madrigal H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Libro Técnico Núm. 2. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 93 p.
- Vélez-Terranova, M., R. C. Gaona and H. Sánchez-Guerrero. 2014. Use of plant secondary metabolites to reduce ruminal methanogenesis. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 17(3):489-499.



## ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CATEGÓRICOS APLICADOS AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN PRODUCCIÓN PORCINA

*María del Rosario Villavicencio Gutiérrez<sup>1</sup>, Francisco Ernesto Martínez Castañeda<sup>1</sup>, Ángel Roberto Martínez Campos<sup>1</sup>, German Gómez Tenorio<sup>2</sup> y Ana Lorga da Silva<sup>3</sup>*

### Resumen

El presente estudio examina la utilidad del análisis de componentes principales categóricos (CATPCA) en la interpretación de un conjunto de datos de análisis de ciclo de vida (evaluación ambiental) de un sistema de producción porcina en el Estado de México. El uso de CATPCA proporciona una reducción de las dimensiones y una visión de validez interna que mejora la interpretación de los resultados de la evaluación ambiental. Se analizaron nueve escenarios de producción porcina en sistema semi-tecnificado, establecidos a partir de las diferencias productivas en pesos de finalización y origen de insumos. En cada escenario se consideraron siete fases productivas (reproducción, lactancia, pre-inicio, inicio, crecimiento, desarrollo y finalización). Se contemplaron 18 categorías de impacto de punto medio (variables) cuyos valores son cuantitativos continuos. Para el CATPCA los datos se analizaron con una escala de medición numérica; se utilizó el método de normalización multiplicativo y como técnica de retención de componentes la regla del valor superior a uno. La consistencia interna fue medida con  $\alpha$  de Cronbach (0.6, inaceptable; 0.7, baja; 0.8-0.9, moderada, y  $>0.9$ , elevada). El CATPCA muestra que el área de protección ecosistema (pérdida de especies) es explicada por las variables ocupación de suelo agrícola, cambio climático, ecotoxicidad de agua dulce, ecotoxicidad marina, eutrofización de agua dulce, acidificación terrestre y ecotoxicidad terrestre; el área de protección salud humana es explicada por las variables toxicidad humana, radiación ionizante, agotamiento de la capa de ozono, formación de material particulado y formación de oxidantes fotoquímicos, y el área de protección recursos por las variables

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

\*Autor de correspondencia: femartinezc@uaemex.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Temascaltepec.

<sup>3</sup> CPES-Centro de Pesquisa e Estudos Sociais, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.



agotamiento de metal, agotamiento fósil y agotamiento de agua. Mediante la aplicación del método de escalamiento óptimo a través de CATPCA, se logró identificar la relación de las fases productivas con las cargas de los componentes, mostrando que las fases de desarrollo y finalización generan mayores emisiones que las áreas de protección ecosistema y salud humana. Adquirir insumos a distancias de 400 a 950 km y de 1800 km generan mayores impactos para el área de protección recursos. Los escenarios II y III presentan las mayores emisiones. El análisis CATCPA facilitó la interpretación de los resultados de la evaluación ambiental.

**Palabras clave:** estadísticas multivariadas, evaluación ambiental, porcicultura

## Introducción

La porcicultura en México ocupa el tercer lugar en importancia por el valor y volumen de producción que genera. En el 2020 se produjeron 1,652,362 toneladas equivalentes a 75,342 millones de pesos (SADER-SIAP, 2020). México ocupa el lugar número 13 en la producción mundial de cerdo. Las granjas de producción porcina en México son clasificadas considerando una serie de factores como el grado de tecnificación, tamaño de la producción, tipo de alimentación de los cerdos y grado de especialización en cada una de las etapas de producción animal; dichos factores influyen de manera directa en el nivel de productividad y rentabilidad de las granjas (Rodríguez y Díaz, 2013), así como en el grado de emisiones generadas al medio ambiente (McAuliffe *et al.*, 2016).

En México, la producción porcina se caracteriza por su nivel de tecnificación; el 30% de la producción que integra el censo nacional se desarrolla en sistemas semi-tecnificados, principalmente en la zona Centro del país (Mariscal, 2002), el 10.7% de las unidades productivas son granjas de ciclo completo (INEGI, 2007), producen y engordan lechones hasta alcanzar el peso requerido para el mercado, que va de 90 a 110 kg (Huerta, 2013). Limitadamente, algunos productores producen su propio alimento. Los principales insumos requeridos en la integración de dietas son granos, sorgo, soya, maíz y trigo (OECD, 2019), que



son producidos en el país; sin embargo, su producción no abastece la industria y se tiene gran dependencia de insumos del exterior (Rodríguez y Díaz, 2013).

Los sistemas de producción porcina son considerados como sistemas complejos que contribuyen directa e indirectamente a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). A nivel mundial, este sistema genera 668 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq año<sup>-1</sup> (McAuliffe *et al.*, 2016). La principal actividad que contribuye a la generación de emisiones corresponde a la producción de alimento para el ganado (60%), seguida de la gestión del estiércol (27%); las emisiones provienen de etapas de postproducción, transporte de la carne (13%) y uso directo de la energía en la producción y la fermentación entérica.

Uno de los principales retos para el sector pecuario es lograr la reducción de las emisiones al medio ambiente y, al mismo tiempo, poder satisfacer la demanda de productos. También tiene el desafío de adaptarse a los cambios en los contextos económico y político, y al entorno natural del que depende la producción. La comprensión de los GEI a lo largo de la cadena productiva permite identificar y priorizar las áreas de intervención, para reducir las emisiones del sector, adaptando medidas concretas y colectivas. La implementación de prácticas y tecnologías que permitan la reducción de emisiones, puede impactar positivamente en el aumento de la productividad y, a su vez, contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico.

El análisis de ciclo de vida (ACV) ha cobrado importancia en el sector porcino como técnica de evaluación ambiental integral, que permite la identificación de problemas y daños generados en los diferentes eslabones de la cadena de suministro (Putman *et al.*, 2018), desde la producción de alimento para ganado, transporte de insumos, crianza y gestión de residuos, hasta el sacrificio (McAullife *et al.* 2015; Lamnatou *et al.*, 2016; Basset-Mens y van der Werf, 2005). Los estudios se han realizado principalmente en sistemas de producción intensiva (González *et al.*, 2015) y centran su análisis en los impactos de punto medio que explican problemas ambientales únicos, principalmente en tres categorías de impacto: potencial de acidificación, eutrofización y calentamiento global (Basset-Mens y van der Werf, 2005). Los estudios no integran las categorías de impacto en puntos finales, para indicar los daños totales en pérdida de especies, daños a la salud y agotamiento de recursos.

La comparabilidad entre estudios de ACV en producción porcina es limitada, debido a las diferencias en las características y estructura productiva de los sistemas, así como a las



diferencias metodológicas empleadas en la cuantificación de los impactos ambientales. Los investigadores han empleado el análisis de sensibilidad para valorar como afectan las variaciones de los datos de inventario en los resultados e identificar las mejores alternativas de producción. No obstante, sigue siendo necesaria la aplicación de procedimientos que permitan identificar qué datos contribuyen mayoritariamente a la explicación de resultados y asegurar la toma de decisiones adecuada, tal como se establece en la norma ISO 14044 (ISO, 2006a). Estudios de ACV realizados en el sector de la construcción han empleado enfoques cuantitativos para obtener información adicional de los datos obtenidos. El uso de estadísticas descriptivas no solo permitió mejorar la interpretación de los resultados, sino tener una validez interna de los mismos (Grant, 2016). La aplicación de métodos estadísticos es recomendable para mejorar el contenido informativo de ACV y ampliar su campo para futuros análisis de sustentabilidad ambiental (Hauschild, 2018).

El análisis ambiental de los sistemas productivos en México debe considerar las diferencias en sus características técnicas y productivas, a fin de que en estudios posteriores se tenga una mejor comparabilidad de los resultados y que la actuación para reducir las emisiones y los impactos ambientales tenga una base sólida. En tal sentido, resulta indispensable una modelación matemática de la evaluación ambiental, con el objetivo de garantizar la calidad de los resultados y la calidad, síntesis y organización de los datos, así como la asociación entre los datos derivados del ACV, que aporten conocimiento para fortalecer la identificación de áreas de mejora y toma de decisiones en las soluciones enfocadas a la contribución del cambio climático.

El presente estudio tiene como objetivo la aplicación de métodos estadísticos multivariados para la interpretación y validez del conjunto de datos de ACV en escenarios de producción porcina en una granja ubicada en Temascaltepec, Estado de México.

## **Materiales y Métodos**

El estudio de ACV consideró una granja porcina de sistema semitecnificado de ciclo completo que incluye las fases de reproducción (inseminación y gestación de las cerdas), lactancia, pre-inicio (destete), inicio, crecimiento, desarrollo y finalización. Se establecieron nueve escenarios



a partir de las diferencias productivas en pesos de finalización y origen de insumos de los sistemas semitecnificados en México (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Escenarios de producción porcina evaluados con análisis de ciclo de vida.**

	110 kg de peso vivo	100 kg de peso vivo	90 kg de peso vivo
Insumos de origen local; distancias <385 km	Escenario I	Escenario IV	Escenario VII
Insumos de origen nacional; distancias entre 400 y 950 km	Escenario II	Escenario V	Escenario VIII
Insumos de origen internacional; distancia de 1,800 km	Escenario III	Escenario VI	Escenario IX

Siguiendo el marco metodológico establecido por las normas ISO 14040 e ISO 14044 (ISO, 2006a, ISO, 2006b), se estableció como unidad funcional un cerdo de mercado (cerdo que ha alcanzado el peso requerido para ser enviado a sacrificio), para la identificación de las cargas y daños ambientales de los escenarios planteados. Se empleó una perspectiva de la cuna a la puerta de la granja, se incluyeron los flujos de materiales y energías asociados a la cadena de suministro completa, desde el cultivo de granos para la alimentación del ganado, hasta la producción de cerdo.

Se integraron los inventarios de entradas y salidas de cada escenario evaluado y fueron procesados en el Software OpenLCA versión 1.8 (OPEN LCA, 2019) y la base de datos Agribalyse (ADEME, 2016) con el método ReCiPe E, que proporciona los resultados de caracterización a nivel punto medio.

Como resultado del ACV se obtuvieron 63 observaciones (siete fases productivas, nueve escenarios), que fueron integrados en una matriz de 18 entradas o categorías de impacto (Cuadro 2), para la evaluación de punto medio, que indica las diferentes emisiones generadas en cada una de las fases estudiadas.

Los datos obtenidos del ACV son cuantitativos continuos, cada categoría de impacto es una variable independiente por lo que para la interpretación y validación de resultados se consideró pertinente la aplicación de estadísticas multivariadas, de acuerdo con los criterios de Duntenman (1989) y Marôco (2011).



**Cuadro 2. Categorías de impacto de punto medio en análisis de ciclo de vida.**

Variable	Siglas	Unidad de medida	Tipo	Nivel de medición
Ocupación de suelo agrícola	ALO	m <sup>2</sup> a	Cuantitativa	Continuo
Cambio climático	CC	kg CO <sub>2</sub> eq	Cuantitativa	Continuo
Ecotoxicidad de agua dulce	FE	kg 1,4-DB eq	Cuantitativa	Continuo
Eutrofización de agua dulce	FEU	kg P eq	Cuantitativa	Continuo
Ecotoxicidad marina	ME	kg 1,4-DB eq	Cuantitativa	Continuo
Eutrofización de agua dulce	MEU	kg N eq	Cuantitativa	Continuo
Transformación natural del suelo	NLT	m <sup>2</sup>	Cuantitativa	Continuo
Acidificación terrestre	TA	kg SO <sub>2</sub> eq	Cuantitativa	Continuo
Ecotoxicidad terrestre	TE	kg 1,4-DB eq	Cuantitativa	Continuo
Ocupación de suelo urbano	ULO	m <sup>2</sup> *a	Cuantitativa	Continuo
Toxicidad humana	HT	kg 1,4-DB eq	Cuantitativa	Continuo
Radiación ionizante	IR	kg U235 eq	Cuantitativa	Continuo
Agotamiento de la capa de ozono	OD	kg CFC-11 eq	Cuantitativa	Continuo
Formación de material particulado	PMF	kg PM10 eq	Cuantitativa	Continuo
Formación de oxidantes fotoquímicos	POF	kg NMVOC	Cuantitativa	Continuo
Agotamiento fósil	FD	kg oil eq	Cuantitativa	Continuo
Agotamiento de metal	MD	kg Fe eq	Cuantitativa	Continuo
Agotamiento de agua	WD	m <sup>3</sup>	Cuantitativa	Continuo

El análisis de componentes no lineales permite reducir un número  $m$  de variables continuas a un número de  $p$  variables subyacentes no correlacionadas (Marôco, 2011). El uso de esta técnica se justifica, ya que tiene aplicación especial cuando la investigación tiene una pequeña muestra y presenta amenaza de multicolinealidad o incertidumbres conceptuales con respecto a la construcción del índice (Linting y van der Kooij, 2012). Las variables presentan escalas de medición de diferente razón, por la cual se utilizó la técnica de análisis de componentes principales categóricos (CATPCA), que permite transformar un conjunto de datos correlacionados en un conjunto menor de variables independientes (Marôco, 2011).

El CATPCA se realizó conforme a los pasos establecidos por Linting y van der Kooij (2012): 1) examen de datos multivariados, 2) especificación de opciones de análisis preliminares, 3) análisis preliminar y ajuste de opciones de análisis, y 4) análisis final e interpretación.

Las 63 observaciones obtenidas en la evaluación punto medio se agruparon en tres áreas de protección (Cuadro 3); cada categoría de impacto representa una variable independiente y





fueron agrupadas para explicar su influencia en las áreas de protección, indicando el daño referente a la pérdida de especies, daños a la salud y escasos de recursos.

**Cuadro 3. Agrupación de categorías de impacto en áreas de protección.**

Categoría de impacto	Área de protección
Ocupación de suelo agrícola	Ecosistema (especies)
Cambio climático	
Ecotoxicidad de agua dulce	
Eutrofización de agua dulce	
Ecotoxicidad marina	
Eutrofización de agua dulce	
Transformación natural del suelo	
Acidificación terrestre	
Ecotoxicidad terrestre	
Ocupación de suelo urbano	
Toxicidad humana	Salud humana (Daly)
Radiación ionizante	
Agotamiento de la capa de ozono	
Formación de material particulado	
Formación de oxidantes fotoquímicos	
Agotamiento fósil	Recursos (USD \$)
Agotamiento de metal	
Agotamiento de agua	

El modelo del CATPCA se presenta por una matriz de datos  $H_{m \times n}$ , la cual consiste en las puntuaciones observadas de  $n$  fases en  $m$  variables. Cada variable es denotada como la  $j$ -ésima columna de  $H$ ;  $h_j$  como un vector de  $n \times 1$ , con  $j= 1,2,\dots, m$ . Como los indicadores de  $h_j$  no tienen un escalamiento métrico (escalas paramétricas) y evidentemente se espera que la relación entre ellas no sea lineal (debido a que se estudia un fenómeno ambiental en sistema productivos complejos y cambiantes), se aplica una transformación no lineal. En la transformación, cada categoría obtiene un valor escalado óptimo, llamado cuantificación categórica. El CATPCA puede ser desarrollado minimizando la función de pérdida mínima cuadrática en la que la matriz de datos observados  $H_{m \times n}$  es reemplazada por la matriz  $Q_{m \times n}$  que contiene las variables transformadas  $q_j = \varphi_j (h_j)$ .



En la matriz  $Q$  las puntuaciones observadas de las fases son reemplazadas por cuantificaciones categóricas. La función de pérdida utilizada en CATPCA es la siguiente:

$L_2(Q, A, X) = \frac{1}{n} \sum_j^m = \text{tr}(q_j a_j' - X)' (q_j a_j' - X)$ . La función de pérdida está sujeta a las siguientes restricciones: Las variables transformadas son estandarizadas, a fin de que  $q_j' q_j = n$ . Esta restricción es necesaria para resolver la indeterminación entre  $q_j$  y  $a_j q_j$ . Esta normalización implica que contenga z-scores y garantice que las saturaciones en componentes en  $a_j$  estén correlacionadas entre las variables y los componentes. Para evitar la solución trivial  $A = 0$  y  $X = 0$ , los puntajes de los objetos se limitan y se requiere que  $X' X = nI$ , donde  $I$  es la matriz idéntica, y los puntajes de los objetos estén centrados, o sea, que  $1' X = 0$ , donde  $1$  representa el vector unidad.

Las restricciones anteriores significan que las columnas de las  $X$  (componentes) son z-scores ortonormales, o sea, su media es cero, su desviación típica es uno y no están correlacionadas. Para el caso de niveles o escalas no lineales (nominal y ordinal),  $q_j = \varphi_j(h_j)$  denotan una transformación acorde con el nivel de medición seleccionado para la variable  $j$ .

La función de pérdida que utiliza CATPCA se minimiza mediante el método de cuadrados mínimos alternantes, actualizando cíclicamente uno de los indicadores  $Q$ ,  $A$  y  $X$ , mientras que los otros dos se mantienen constantes. Este proceso iterativo se continúa hasta que la mejora en los valores perdidos posteriores esté por debajo de algún valor pequeño especificado por el usuario.

Para el procedimiento antes descrito, se utilizó el software SPSS statistics versión 25. En la cuantificación de las variables originales se utilizó una escala de medición numérica, en donde el orden de los valores y la distancia entre los números de la variable observada se conservan. Dado que el valor original de las variables es reducido (valores menores a uno), se utilizó el método de normalización multiplicativo, es decir, los valores actuales de las variables se tipifican, se multiplican por 10, redondean y se les suma una constante de manera que el menor valor sea 1. Se usó como técnica de retención de componentes la regla del valor propio superior a 1. La consistencia interna de cada componente fue medida con  $\alpha$  de Cronbach, el cual debe ser positivo, variando entre 0 y 1, teniendo las siguientes lecturas: <0.6, inaceptable; 0.7, baja; 0.8-0.9, moderada y >0.9, elevada (Mâroco, 2006). Los criterios de interacción y convergencia se especificaron con el método de normalización por variable principal, para optimizar la asociación entre las variables. Se obtuvieron resultados rotados con el método



Varimax con normalización Kaiser, que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada componente.

El número de componentes elegido para el análisis se determinó realizando las pruebas de análisis preliminar y ajuste de opciones. Se realizaron pruebas de análisis para las 63 variables y se seleccionaron las variables que contribuyen sustancialmente a cada área de observación.

## **Resultados y Discusión**

El análisis multivariado permitió identificar el número de componentes para facilitar la explicación de las categorías de impacto que influyen en los daños a las áreas de protección ecosistema, salud humana y escasez de recursos. Dada la complejidad de interpretación de los resultados de ciclo de vida en puntos finales o daños generados al ecosistema, salud humana y recursos, los estudios existentes sobre ACV en porcicultura (Basset-Mens y van der Werf, 2005; Nguyen *et al.*, 2011; Reckmann *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015) consideran únicamente la evaluación de puntos medios o problemas específicos, con el objetivo de identificar las cargas ambientales y los puntos críticos a lo largo de la cadena de suministro. No obstante, Rosembaum *et al.* (2018) señalaron conveniente emplear ambos enfoques en una evaluación de ciclo de vida, dado que los resultados que se obtienen de cada uno son complementarios.

En este estudio el uso de estadísticas multivariadas permitió encontrar la relación entre las categorías de impacto de punto medio y los daños generados por el sistema productivo en los distintos escenarios. Al respecto, Grant *et al.* (2016) consideran que emplear medidas estadísticas en ACV sugiere un potencial al permitir realizar observaciones adicionales sobre el valor de los estudios de ACV.

### **Área de protección ecosistema**

Para el área de protección ecosistema, se realizó un análisis preliminar integrando las diez categorías que explican los problemas generados al ecosistema. Mediante un diagrama de sedimentación con Screeplot, se identificó que el área de protección puede ser explicada integrando las variables en un solo componente; se eliminaron las categorías eutrofización de agua dulce, transformación natural del suelo y ocupación de suelo urbano por ser variables



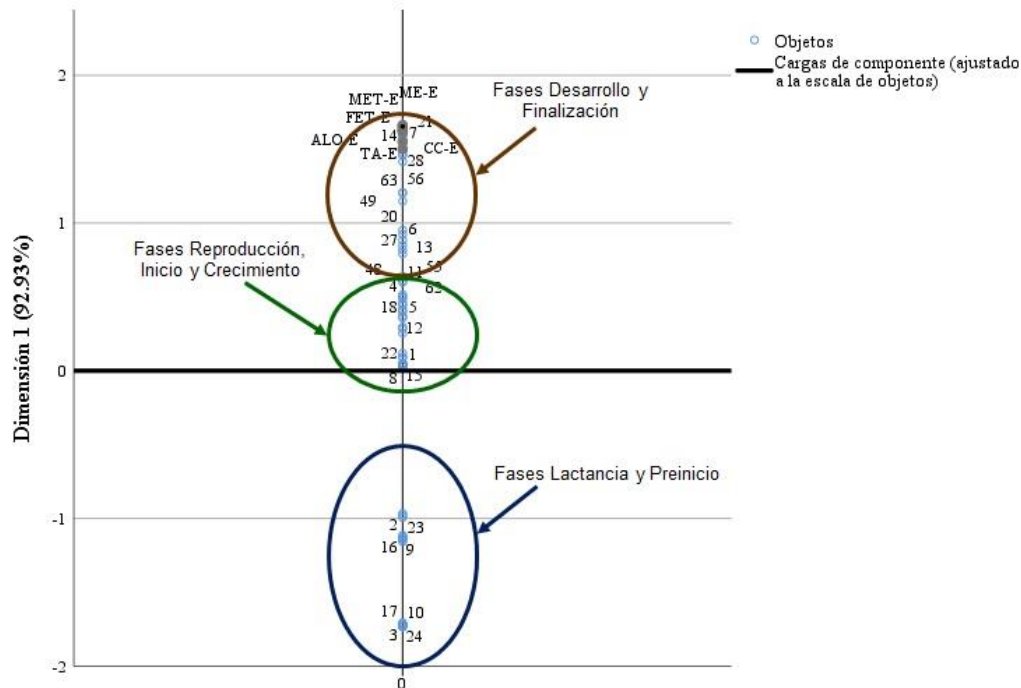
atípicas que presentaron poca o nula contribución a los impactos. El componente explica el 92.93% de la variabilidad de los datos; su consistencia es elevada al presentar un alfa de Cronbach total de 0.987 (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Cargas, autovalores, varianza explicada y consistencia de los componentes principales para el área de protección ecosistema.**

Variable	Componente 1
Ocupación de suelo agrícola	0.992
Cambio climático	0.900
Ecotoxicidad de agua dulce	0.974
Ecotoxicidad marina	0.970
Eutrofización de agua dulce	0.997
Acidificación terrestre	0.931
Ecotoxicidad terrestre	0.981
Valor propio	6.505
Varianza explicada	92.93%
Alfa de Cronbach	0.987

El componente engloba las categorías de impacto ocupación de suelo agrícola (ALO), cambio climático (CC), ecotoxicidad de agua dulce (FE), ecotoxicidad marina (ME), eutrofización de agua dulce (MEU), acidificación terrestre (TA) y ecotoxicidad terrestre (TE), que están relacionadas positivamente entre sí, y se caracterizan por la generación de emisiones anuales que son causantes de pérdidas de especies por año. Las cargas de cada categoría permitieron seleccionar aquellas que explican tanto los problemas como los daños generados por el sistema productivo porcino en sus distintos escenarios.

En el diagrama biespacial (Figura 1) se identificaron tres grupos que explican la variabilidad de los datos de acuerdo con las cargas del componente; ALO representa la variable con mayor peso e indica la ocupación de suelo agrícola por año. El segundo grupo corresponde a las variables TE, FE, ME y MEU, que son generadoras de impactos relacionados a la toxicidad por aplicación de agroquímicos. Las cargas más bajas corresponden al grupo de las variables CC y TA, generadoras de gases a la atmosfera. A nivel medio, estos resultados son consistentes con los hallazgos de González *et al.* (2015), quienes evaluaron la cadena de producción porcina en Portugal, donde las cargas ambientales para dichas categorías representaron los impactos ambientales más altos.



**Figura 1. Diagrama biespacial que muestra la relación de las fases de estudio analizadas con las cargas de los componentes que integran las variables que contribuyen a la explicación de los daños en el área de protección ecosistema.**

El diagrama biespacial (Figura 1) muestra el comportamiento de las fases productivas con respecto a las categorías de impacto que explican el área de protección ecosistema. En el diagrama se visualizan tres grupos, en donde los mayores pesos corresponden al grupo del círculo café, que incluye las fases de desarrollo y finalización, generadoras de la mayor cantidad de emisiones, seguidas de las fases de reproducción, inicio y crecimiento, englobadas en el círculo verde. Las fases de lactancia y preinicio presentan números negativos, lo que indica que son las fases que tienen menores impactos ambientales. De acuerdo con Reckmann *et al.* (2013), en una revisión de estudios de evaluación de impacto ambiental de la producción porcina europea, los impactos ambientales en la etapa de finalización del cerdo son los más altos, ya que los cerdos con mayor peso consumen más alimento y excretan más estiércol.

### Área de protección salud humana

El análisis preliminar del área de protección salud humana integró las cinco categorías que tienen impacto en la salud humana: toxicidad humana (HT), radiación ionizante (IR), agotamiento de la capa de ozono (OD), formación de material particulado (PMF) y formación



de oxidantes fotoquímicos (POF). El diagrama de sedimentación permitió identificar que esta área puede ser explicada al integrar las variables en dos componentes. El Componente 1 explica dos variables, IR y OD, con una varianza de 48.60% y una consistencia moderada de 0.843, mientras que el Componente 2 explica las variables HT, PMF y POF, con una varianza de 41.90% y una consistencia moderada de 0.810 (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Cargas, autovalores, varianza explicada y consistencia de los componentes principales para el área de protección salud humana.**

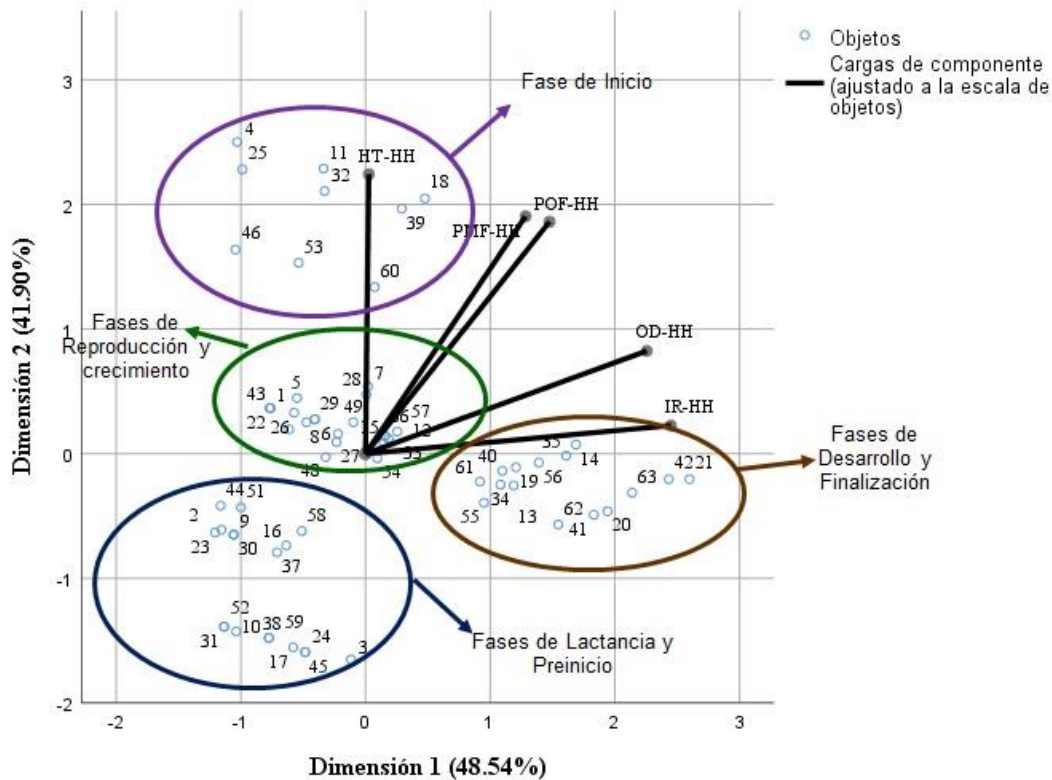
Variable	Componente 1	Componente 2
Toxicidad humana	0.011	0.906
Radiación ionizante	0.989	0.091
Agotamiento de la capa de ozono	0.910	0.333
Formación de material particulado	0.518	0.769
Formación de oxidantes fotoquímicos	0.595	0.751
Valor propio	2.430	2.095
Varianza explicada	48.60%	41.90%
Alfa de Cronbach	0.843	0.810

Las variables que presentan mayor carga son POF y PMF, relacionadas a los problemas generados por emisión de partículas pequeñas provenientes principalmente de los procesos de combustión de diésel y gestión de estiércol, mientras que HT se explica por la emisión de metales pesados asociados al uso de agroquímicos y fertilizantes (Figura 2). Los diferentes estudios de ACV realizados en la producción porcina presentan diferencias en sus características técnicas y productivas, lo que influye en tener valores elevados en ciertas categorías de impacto y suele discriminarse aquellas que presenten menores valores, pero que representan un daño a la salud humana. Los resultados presentados en el Cuadro 5 permiten observar que las cinco categorías de impacto explican el área de observación salud humana.

Para conocer cuáles son las fases del sistema que representan mayores cargas ambientales y que explican los daños a la salud humana, se utilizó el diagrama biespacial, en donde se puede identificar que, en el extremo inferior, enmarcadas en el óvalo azul, se encuentran las fases de lactancia y preinicio, que son las que generan menores emisiones al sistema productivo. En el centro del eje (óvalo verde) se encuentran las fases reproducción y



crecimiento, con mayor consumo de alimento y mayor generación de emisiones, mientras que en el círculo violeta se ubica la fase de inicio, con los mayores pesos, es decir, en el caso del área de protección salud humana la fase inicio presenta mayores impactos, seguido de las fases de desarrollo y finalización, enmarcadas en el círculo café. Los números negativos en las variables representan aquellas emisiones que generan menores cargas ambientales.



**Figura 2. Relación de las fases de estudio analizadas con las cargas de los componentes que integran las variables que contribuyen a la explicación de los daños en el área de protección salud humana.**

### Área de protección recursos

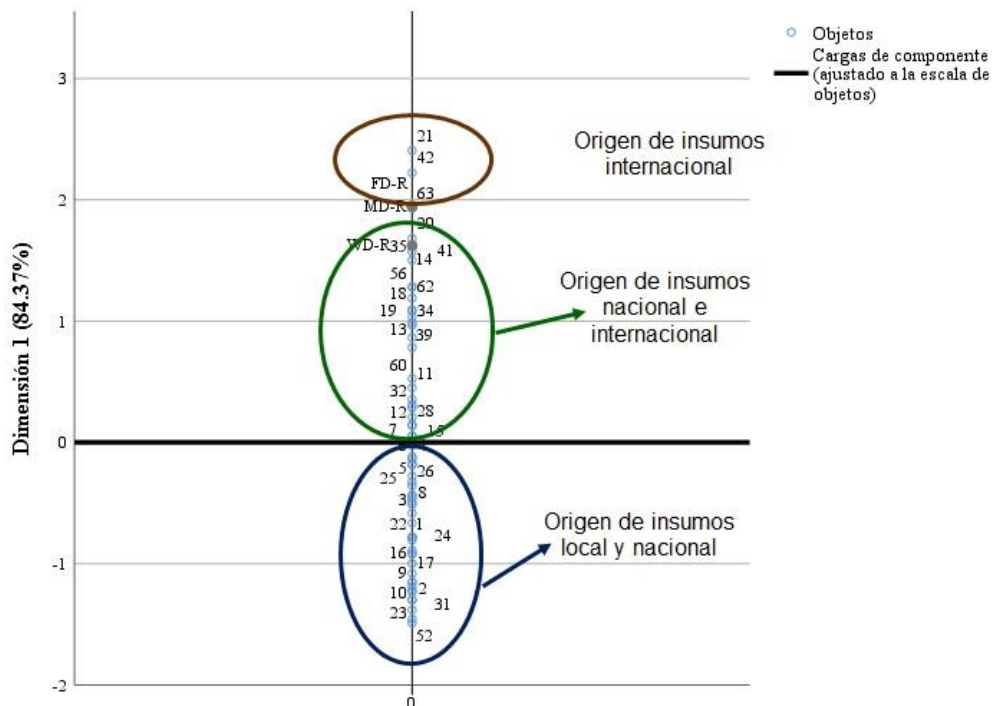
Para el área de observación recursos se realizó el análisis con una dimensión que es explicada por las tres variables observadas, que indican la extracción y uso de recursos no renovables. Explicada en mayor medida por la variable agotamiento de metal, con un peso de 0.970, seguida de la variable agotamiento fósil, con un peso de 0.968, y en menor medida por la variable agotamiento de agua (0.808). La consistencia de los resultados se muestra con un valor elevado (0.907) en el alfa de Cronbach (Cuadro 6).



**Cuadro 6. Cargas, autovalores, varianza explicada y consistencia de los componentes principales para el área de protección recursos.**

Variable	Componente 1
Agotamiento fósil	0.968
Agotamiento de metal	0.970
Agotamiento de agua	0.808
Valor propio	2.531
Varianza explicada	92.93%
Alfa de Cronbach	0.907

De acuerdo con el posicionamiento de los objetos en el diagrama biespacial y los pesos de las variables de los componentes presentados en la Figura 3, es posible caracterizar la relación de los objetos con los impactos ambientales generados en el área de protección recursos. En este diagrama es más claro visualizar los efectos en los diferentes escenarios por origen de insumos, dado que hace referencia principalmente al uso de recursos fósiles y metales relacionados al transporte de los insumos.



**Figura 3. Relación de las fases de estudio analizadas con las cargas de los componentes que integran las variables que contribuyen a la explicación de los daños en el área de protección recursos.**





A diferencia de los diagramas anteriores, los puntos en el diagrama se posicionaron de acuerdo con el origen de los insumos. En el extremo superior (ovalo café), las mayores cargas están asociadas a la fase de finalización en la producción de 110, 100 y 90 kg de cerdo (peso vivo) con insumos de importación (distancias de 1,800 km). En el ovalo verde se identificaron la producción de cerdo de 110, 100 y 90 kg de cerdo (peso vivo) con insumos tanto de origen nacional, como internacional. Finalmente, en el ovalo azul se posicionó la producción de cerdo de 110, 100 y 90 kg con insumos de origen local y nacional.

La distribución de los escenarios en el diagrama biespacial recursos (Figura 3), están en línea con lo reportado por McAuliffe *et al.* (2017), quienes examinaron las huellas ambientales de la producción porcina irlandesa, las alternativas de producción con insumos locales no ejercen mayor beneficio ambiental; sus hallazgos indican que al reemplazar insumos de importación con insumos nacionales (distancias de 2,000 a 5,000 km) no identificaron alteraciones en los resultados del análisis de ciclo de vida.

## Conclusiones

En este estudio se validan los datos de ACV de nueve escenarios de producción porcina, y permiten identificar que las mayores cargas en los componentes están asociadas a los mayores efectos ambientales. De esta forma, el CATPCA facilitó la interpretación de los resultados ambientales. Se identificaron los mayores impactos en el escenario III, la producción de 110 kg con insumos de importación ocasiona mayores contribuciones a las áreas de protección ecosistema, salud humana y recursos. El peso de los cerdos tiene mayor influencia en las categorías de impacto ecosistema y salud humana y está asociado a las actividades agrícolas necesarias en la producción de insumos para la alimentación del ganado, mientras que el origen de los insumos tiene mayor efecto en el área de protección recursos, asociado al uso de combustible para el transporte. El análisis de componentes principales categóricos permitió la reducción sistemática de un gran número de variables a uno más pequeño y coherente, siendo una combinación lineal de las variables originales. Su aplicación en la evaluación ambiental de sistemas productivos en México permite la interpretación estadística



y la correlación del conjunto de datos obtenidos del ACV, herramienta de evaluación ambiental que busca reducir los impactos y mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

## Literatura Citada

- ADEME (French Environment and Energy Management Agency). 2016. Agribalyse program V1.3.
- Basset-Mens, C. and H. M. G. van der Werf. 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agric. Ecosyst. Environ.* 105:127-144.
- Duntenman, G. 1989. Principal components analysis. Series: Quantitative applications in the social sciences. Sague Publisher Inc. Newbury Park, California, USA. 96 p.
- González, S., S. Belo, A. Dias, J. Várzea, R. da Costa, A. Ferreira *et al.* 2015. Life cycle assessment of pig meat production: Portuguese case study and proposal of improvement options. *J. Clean. Prod.* 126-139.
- Grant, A., R. Ries and C. Thompson. 2016. Quantitative approaches in life cycle assessment- part 1-descriptive statistics and factor analysis. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21:903-911. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1099-4>
- Hauschild, M. 2018. Life cycle assessment: Theory and practice. Springer International Publishing. 1216 p.
- Huerta, O. 2013. Productividad y visión de negocio de las empresas porcinas, en Bobadilla, E, Martínez, F, (Eds.), *Porcicultura Mexicana: Auge y crisis de un sector*. Universidad Autónoma del Estado de México, México. Pp. 165-172.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006a. Environmental management -life cycle assessment- principles and framework.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006b. Environmental management -life cycle assessment- requirements and guidelines.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. Unidades de producción con ganado porcino según función zootécnica y edad por entidad federativa. <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/default.html#Tabulados>
- Lamnatou, C., X. Ezcurra, D. Chemisana and L. Plà. 2016. Environmental assessment of a pork-production system in North-East of Spain focusing on life-cycle swine nutrition. *J. Clean. Prod.* 137:105-115.



- Linting, M. and A. van der Kooij. 2012. Nonlinear principal components analysis with CATPCA: A Tutorial. *J. Pers. Assess.* 94(1):12-25.
- Mariscal. 2002. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcinas. <http://www.fao.org/3/x6372s08.htm#bm08>. [Consultado el 18 de noviembre de 2019].
- Marôco, J. 2006. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? *Laboratório de Psicologia.* 4(1):65-90.
- Marôco, J. 2011. *Análise estatística com SPSS statistics (5a. ed.)*. Pero Pinheiro, Portugal: Report number. *Análise y gestão de informação*.
- McAuliffe, G., D. Chapman and C. Sage. 2016. A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production. *Environ. Impact Assess. Rev.* 56:12-22.
- Nguyen, T., J. Hermansen and L. Mogensen. 2011. *Environmental assessment of Danish pork*. Aarhus University, Department of Agroecology, Denmark.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2019. Exámenes de mercado en México: Estudio de caso del mercado de la carne de cerdo. <https://www.oecd.org/daf/competition/market-examinations-mexico-pork-meat-market-web-esp.pdf> [consultado el 18 de noviembre de 2019].
- OPEN LCA. The open source life cycle and sustainability assessment software. <https://www.openlca.org/release-openlca-1-8/>
- Putman, B., J. Hickman, P. Bandekar, M. Matlok and G. Thomas. 2018. A retrospective assessment of US pork production: 1960 to 2015. University of Arkansas. Pp. 1-70.
- Reckmann, K., I. Traulsen and J. Krieter. 2013. Life cycle assessment of pork production: A data inventory for the case of Germany. *Livest. Sci.* 157:586-596. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.001>
- Rodríguez, G. y M. Díaz. 2013. Situación de la porcicultura porcina en México, en Bobadilla, E., Martínez, F, (Eds.), *Porcicultura mexicana: auge y crisis de un sector*. Universidad Autónoma del Estado de México, México. Pp. 53-81.
- Rosembaum, R., M. Hauschild, A. Boulay, P. Fantke, A. Laurent, M. Núñez *et al.* 2018. Life cycle impact assessment. *In: Hauschild, M, R. Rossembaum, S. Olsen. Life cycle assessment. Theory and Practice*. Springer. France. Pp. 167-270.
- SADER-SIAP. Modulo Pecuário Estatal. Sistema de Informação Agroalimentaria de Consulta.
- Wang, X., A. Dadouma, Y. Chen, P. Sui, W. Gao and L. Jia. 2015. Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: an energy analysis based on life cycle assessment. *J. Clean. Prod.* 103:144-164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.071>



## ESTIMACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA RAZA TAURÍNDICUS MEDIANTE ANÁLISIS DE PEDIGRÍ

Ángel Ríos Utrera<sup>1\*</sup> y Jorge Quiroz Valiente<sup>1</sup>

### Resumen

El objetivo fue estimar la variabilidad genética de la población bovina Tauríndicus de registro mediante análisis de pedigrí. Se utilizaron un total de 9009 registros genealógicos. La proporción de ancestros conocidos fue baja, disminuyendo considerablemente de la primera a la quinta generación (0.80, 0.35, 0.09, 0.006 y 0.000067). El número equivalente de generaciones discretas fue 1.2. El coeficiente de consanguinidad se mantuvo por debajo de niveles críticos, variando de 0.2 a 1.0%; sin embargo, la calidad del pedigrí sugiere que éste fue subestimado. La vía parental padre-hija presentó un intervalo generacional (11.2 años) considerablemente mayor que las vías padre-hijo, madre-hijo y madre-hija (4.2, 6.6 y 6.7 años, respectivamente). El intervalo generacional promedio fue de 7.7 años. El tamaño efectivo de la población y los números efectivos de fundadores y ancestros fueron pequeños (17.4, 63 y 40, respectivamente). El toro con la mayor influencia genética en la población aportó el 19.27% del total de los genes, mientras que el 50% del total de los genes fue aportado por solo 16 ancestros. En conclusión, 1) la proporción de ancestros conocidos y el número equivalente de generaciones discretas indican que se requiere mejorar considerablemente la calidad del pedigrí, 2) el tamaño efectivo de la población sugiere una estricta supervisión de los apareamientos para no reducir la variabilidad genética de la población, la cual es escasa, y 3) la proporción del número efectivo de ancestros en relación con el número efectivo de fundadores (0.635) indica que hubo pérdida de variabilidad genética debido a cuellos de botella.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \*rios.angel@inifap.gob.mx



**Palabras clave:** Consanguinidad, contribución genética marginal, intervalo generacional, número efectivo de ancestros, tamaño efectivo de población

## Introducción

La población Tauríndicus (5/8 Holstein x 3/8 Sahiwal) mexicana se originó de la importación de 1000 vientres de Nueva Zelanda en 1998. Posteriormente, se realizó una segunda importación de 1000 vientres en el año 2000; sin embargo, el censo poblacional de esta raza sintética sigue siendo bajo, debido, entre otras razones, a que no se han realizado más importaciones y a la hibridación infortunada que ha sufrido con otras razas. Desde su introducción a México, la raza se ha adaptado perfectamente a las condiciones tropicales del estado de Tabasco, como son alta humedad, alta temperatura y gran presencia de garrapatas. Además, una de las características más sobresalientes es su docilidad, al grado de que los ganaderos ordeñan las vacas sin la aplicación de oxitocina, sin el amamantamiento del becerro para estimular la eyección de la leche y sin atar las patas de las vacas. Después de su introducción al estado de Tabasco, se han distribuido animales Tauríndicus a los estados de Yucatán, Campeche, Chiapas y Veracruz.

Desde el punto de vista genético, la conservación de la diversidad intrarracial debería ser una de las metas de los ganaderos, ya que la diversidad genética es fundamental en la implementación de programas efectivos de conservación y selección. Las poblaciones bovinas con tamaño efectivo pequeño, las poblaciones que usan constantemente pocos sementales (Nomura *et al.*, 2001) y las poblaciones grandes con limitado intercambio de germoplasma (Zechner *et al.*, 2002), dependen en mayor medida de la conservación de la diversidad genética. Por lo tanto, la diversidad genética debería ser estudiada en este tipo de poblaciones. Una forma de conocer la diversidad genética de una población se basa en el análisis de la información genealógica. Por ejemplo, los métodos basados en la probabilidad de origen de los genes (número efectivo de fundadores, número efectivo de ancestros y número efectivo de genomas fundadores remanentes), desarrollados por Lacy (1989) y Boichard *et al.* (1997), proporcionan información valiosa para estudiar la diversidad genética de una población. Estos métodos se han aplicado a poblaciones bovinas mexicanas para producción de carne (Ríos-



Utrera *et al.*, 2018; Ramírez-Valverde *et al.*, 2018; Núñez-Domínguez *et al.*, 2020; Ríos-Utrera *et al.*, 2021), pero no se han aplicado a las poblaciones bovinas mexicanas para producción de leche (Holstein, Suizo Americano) y de doble propósito (Tauríndicus, Suiz-Bú). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la variabilidad genética de la raza Tauríndicus mediante el análisis de su pedigrí.

## **Materiales y Métodos**

### **Datos genealógicos**

Los registros genealógicos fueron proporcionados por la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tauríndicus, A. C. El archivo de datos contenía los números de identificación de los becerros (hijos), de los padres, de las madres y de los criadores, así como el sexo y el año de nacimiento de los becerros.

### **Edición de datos**

El pedigrí se revisó para verificar que: i) los toros solo aparecían como padres, pero no como madres; ii) que las vacas solo aparecían como madres, pero no como padres; iii) que los becerros solo aparecían como hijos, pero no como padre o madre en el mismo registro; iv) los becerros no nacieron antes que sus padres; y v) no había registros repetidos. Después de la edición de los datos, el archivo final consistió de 9009 registros.

### **Parámetros de estructura de la población y diversidad genética**

Los parámetros que se estimaron fueron: la proporción de ancestros conocidos, el número equivalente de generaciones discretas, el coeficiente de consanguinidad, el intervalo generacional, el tamaño efectivo de la población ( $\overline{N_e}$ ), los números efectivos de fundadores ( $f_e$ ), ancestros ( $f_a$ ) y genomas fundadores ( $N_g$ ), y la contribución genética marginal, los cuales se estimaron para los animales nacidos en los últimos 10 años, considerados como la población de referencia. La proporción de ancestros conocidos se estimó para las primeras cinco generaciones (padres, abuelos, bisabuelos, etc.). El intervalo generacional se definió como la edad promedio de los padres cuando nacieron sus hijos, que posteriormente se convirtieron en padres. El intervalo generacional promedio se calculó a partir de los intervalos generacionales de las vías padre-hijo, padre-hija, madre-hijo y madre-hija. El coeficiente de



consanguinidad promedio se estimó por año de nacimiento, para animales nacidos del 2007 al 2016. El cálculo del  $\overline{Ne}$  se basó en el incremento individual del coeficiente de consanguinidad. La presencia de cuello de botella genético se determinó a través de la proporción del número efectivo de ancestros en relación con el número efectivo de fundadores, mientras que la deriva genética aleatoria se determinó a través de la proporción del número efectivo de genomas fundadores en relación con el número efectivo de ancestros. Finalmente, se obtuvieron las contribuciones genéticas marginal y acumulada de los 1000 ancestros con la mayor aportación genética. El  $\overline{Ne}$  se estimó como:  $\overline{Ne} = \frac{1}{2\overline{\Delta F}}$ , donde  $\overline{\Delta F}$  es la tasa de consanguinidad promedio de los  $n$  individuos evaluados (Gutiérrez *et al.*, 2009). El número equivalente de generaciones discretas se calculó para cada individuo como la suma de los coeficientes  $(1/2)^n$  de todos los ancestros conocidos, donde  $n$  es el número de generaciones que separan a los individuos de cada ancestro conocido (Maignel *et al.*, 1996).

El  $f_e$  se calculó como:  $f_e = 1/\sum_{k=1}^f q_k^2$ , donde  $q_k$  es la probabilidad de origen del gen del ancestro  $k$ , mientras que el  $f_a$  se estimó como:  $f_a = 1/\sum_{j=1}^a q_j^2$ , donde  $q_j$  es la contribución marginal de un ancestro  $j$  que no es explicada por otro ancestro seleccionado previamente. El  $N_g$  se calculó como:  $N_g = 1/2\overline{f}_g$ , donde  $\overline{f}_g$  es la coancestría promedio en la población de referencia. La contribución marginal esperada de un individuo cuantifica su contribución a la población de referencia, la cual no ha sido explicada previamente por los individuos mayormente contribuyentes. Una descripción más completa del significado y cálculo de los parámetros basados en las probabilidades de origen del gen para evaluar poblaciones basado en el pedigrí se puede encontrar en diversas publicaciones (Lacy, 1989; Boichard *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2003).

### **Software para la estimación de parámetros**

La proporción de ancestros conocidos, el número equivalente de generaciones discretas, el intervalo generacional promedio, el tamaño efectivo de la población y el número efectivo de ancestros se calcularon con el software ENDOG (Gutiérrez y Goyache, 2005). El programa CFC (Sargolzaei *et al.*, 2006) se usó para obtener el coeficiente de consanguinidad promedio y los números efectivos de fundadores y genomas fundadores. La contribución genética de los 1000 ancestros más importantes se estimó con el programa PEDIG (Boichard *et al.*, 1997).



## Resultados y Discusión

### Proporción de ancestros conocidos y número equivalente de generaciones discretas

La proporción de ancestros conocidos (completitud del pedigrí) fue baja en todas las generaciones y disminuyó considerablemente generación con generación. La proporción de abuelos conocidos fue 2.3 veces menor que la proporción de padres conocidos; en la generación de bisabuelos la proporción de ancestros conocidos fue 3.9 veces menor que en la de abuelos; en los tatarabuelos la proporción de ancestros conocidos fue 14.4 veces menor que en los bisabuelos; y en la quinta generación la proporción de ancestros conocidos fue 93.4 veces menor que en la cuarta generación (Cuadro 1). Por su parte, el número equivalente de generaciones discretas (1.2) indica que el pedigrí actual de la raza Tauríndicus es poco profundo, por lo que, aunado a la proporción de ancestros conocidos, éste se considera de baja calidad. Las proporciones de ancestros conocidos y el número equivalente de generaciones discretas calculados en el presente estudio son menores que los reportados para otras poblaciones bovinas de registro mexicanas, como Angus, Brangus Negro, Brangus Rojo, Hereford, Limousin, Salers, Suizo Europeo (Ramírez-Valverde *et al.*, 2018), Simmental (Ríos-Utrera *et al.*, 2018) y Charolais (Ríos-Utrera *et al.*, 2021), y extranjeras, como Angus Rojo estadounidense (Márquez *et al.*, 2010), Alentejana (Carolino y Gama, 2008) y Hereford estadounidense (Cleveland *et al.*, 2005).

**Cuadro 1. Proporción de ancestros conocidos por generación.**

Generación	Proporción
1	0.800602
2	0.349068
3	0.090311
4	0.006258
5	0.000067

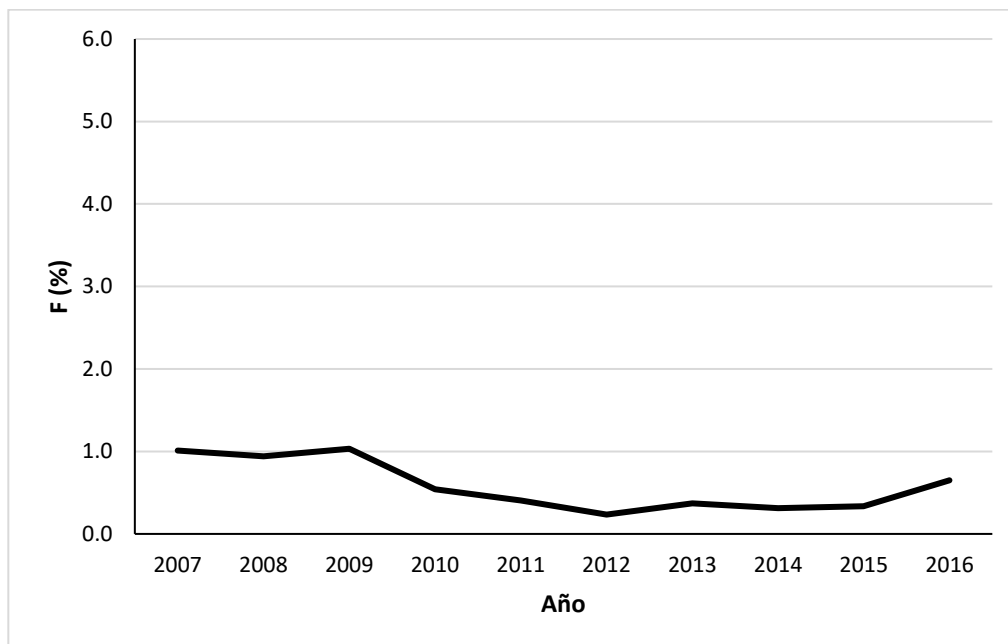
### Consanguinidad

La evolución de la consanguinidad en la población Tauríndicus en el periodo 2007-2016 se muestra en la Figura 1. El coeficiente de consanguinidad se mantuvo por debajo de niveles críticos. Del 2007 al 2009 el coeficiente de consanguinidad prácticamente no varió, con valores





de 1.0, 0.9 y 1.0%, respectivamente. Del 2009 al 2015, tendió a disminuir, presentando el valor más bajo en el año 2012 (0.2%). Del 2015 al 2016, el coeficiente de consanguinidad aumentó de 0.3 a 0.7%. El coeficiente de consanguinidad promedio durante el periodo analizado fue 0.58%, el cual sugiere que la consanguinidad no ha significado un problema en la población Tauríndicus; sin embargo, la baja calidad del pedigrí (proporción de ancestros conocidos y número equivalente de generaciones discretas) sugiere subestimación del coeficiente de consanguinidad (Boichard *et al.*, 1997). Los niveles de consanguinidad reportados en el presente estudio son similares a los reportados por Gengler *et al.* (1998) para la raza Limousin estadounidense (1%) y Bozzi *et al.* (2006) para las razas italianas Chianina, Marchigiana y Romagnola (alrededor de 2%), pero menores que los reportados para las razas Japonés Negro (9.8%), Hereford (5%) y Angus Rojo (4%) por Nomura *et al.* (2001), Cleveland *et al.* (2005) y Márquez *et al.* (2010).



**Figura 1. Evolución de la consanguinidad (F) en la población Tauríndicus.**

### **Intervalo generacional**

La vía parental padre-hija presentó un intervalo generacional considerablemente mayor que las vías padre-hijo, madre-hijo y madre-hija, con una diferencia de 6.9, 4.6 y 4.5 años, respectivamente. El intervalo generacional promedio fue de 7.7 años (Cuadro 2). Este intervalo



es similar al intervalo promedio reportado para bovinos Limousin mexicanos (7.2 años), pero mayor que el reportado para bovinos Angus (5.7 años), Brangus Negro (5.8 años), Brangus Rojo (5.5 años), Hereford (5.7 años) y Suizo Europeo (6.7 años) mexicanos (Ramírez-Valverde *et al.*, 2018).

**Cuadro 2. Intervalo generacional (años) por vía parental.**

Vía	Intervalo generacional	Error estándar
Padre-hijo	4.2292	0.0572
Padre-hija	11.1587	0.6883
Madre-hijo	6.5695	1.1750
Madre-hija	6.6670	0.5089
Promedio	7.7273	0.0546

### **Tamaño efectivo de población y números efectivos de fundadores, ancestros y genomas fundadores**

La población Tauríndicus presentó un tamaño efectivo de 17.4 individuos, el cual se considera pequeño con base en lo reportado por la FAO (1998), que señala que una población debe contar con al menos 50 individuos efectivos para garantizar la mejora genética de una población. Por lo tanto, los criadores de ganado Tauríndicus de registro deberían implementar, por lo menos, una estricta supervisión de los apareamientos para no reducir la variabilidad genética de la población. El tamaño efectivo de la población Tauríndicus es similar al reportado por Ramírez-Valverde *et al.* (2018) para la población Salers mexicana (24), pero considerablemente menor que el de las poblaciones Angus (155), Hereford (77), Limousin (192) y Suizo Europeo (110) mexicanas reportado por Ramírez-Valverde *et al.* (2018), y que el de las poblaciones Simmental (187) y Charolais (233) mexicanas reportado por Ríos-Utrera *et al.* (2018) y Ríos-Utrera *et al.* (2021), respectivamente.

Los números efectivos de fundadores, ancestros y genomas fundadores de la población Tauríndicus también fueron relativamente pequeños. Estos estimadores de diversidad genética son menores que los reportados previamente para diferentes razas bovinas productoras de carne en México (Ramírez-Valverde *et al.*, 2018; Ríos-Utrera *et al.*, 2018; Ríos-Utrera *et al.*, 2021). La proporción del número efectivo de genomas fundadores en relación con el número efectivo de ancestros (0.99) sugiere que prácticamente no ha habido reducción de



la variabilidad genética debido a deriva genética; sin embargo, la proporción del número efectivo de ancestros en relación con el número efectivo de fundadores (0.635) indica que ha habido pérdida de variabilidad genética debido a cuellos de botella. Este resultado es coherente con lo señalado por Boichard *et al.* (1997), quienes comentaron que ‘los cuellos de botella en el pedigrí son la principal causa de pérdida de genes en algunas poblaciones, como en las bovinas productoras de leche’.

### **Cuadro 3. Estimadores de diversidad genética de la población Tauríndicus.**

Tamaño efectivo de la población <sup>a</sup>	17.4
Número total de fundadores	1802
Número efectivo de fundadores	63
Número efectivo de ancestros	40
Número efectivo de genomas fundadores	39.6

<sup>a</sup>Calculado con base en el incremento individual del coeficiente de consanguinidad.

### **Contribución genética marginal y acumulada**

En el Cuadro 4 se presentan los 16 ancestros Tauríndicus con la mayor contribución genética a la población bovina de registro. Los 16 ancestros Tauríndicus con la mayor contribución genética fueron machos, por lo que no hubo hembras con una influencia genética sustancial en la población. Entre estos ancestros, el toro con la mayor influencia genética (24 T) aportó a la población el 19.27% del total de los genes, mientras que los dos toros menos influyentes (146 y V4162) aportaron el 0.58% del total de los genes cada uno. Los primeros 5 ancestros aportaron el 39.45% del total de los genes a la población Tauríndicus, mientras que los 16 ancestros en conjunto aportaron el 50% del total de los genes. Por el contrario, en estudios realizados en otras poblaciones bovinas mexicanas se han encontrado contribuciones genéticas menores. En la población Simmental de registro se observó que la contribución genética del ancestro más influyente fue de 3.4%; mientras que la de los primeros 15 ancestros fue de 19.9% (Ríos-Utrera *et al.*, 2018). Por su parte, en la población Charolais de registro se observó que la contribución genética del ancestro más influyente fue de 1.8%; mientras que la de los primeros 15 ancestros fue de 17.5% (Ríos-Utrera *et al.*, 2021).



**Cuadro 4. Los 16 ancestros Tauríndicos con la mayor contribución genética.**

Ancestro	Sexo	Año de nacimiento	No. de crías	Contribución genética (%)	
				Marginal	Acumulada
24 T	M	1998	1173	19.27	19.27
812/5	M	2000	528	8.51	27.78
161/7	M	2000	330	5.19	32.97
922	M	2000	225	4.23	37.20
Castañ	M	2000	132	2.25	39.45
51	M	2000	119	2.15	41.60
Nipon	M	2000	32	1.40	43.00
33	M	2000	76	1.19	44.19
Phanton	M	2000	29	1.15	45.35
Estrella 65-10	M	2000	96	0.86	46.21
725 Pinto	M	2012	80	0.72	46.93
07 S	M	1996	62	0.68	47.61
Palomo	M	2000	51	0.67	48.28
5793/8	M	2008	38	0.60	48.87
146	M	2000	31	0.58	49.45
V4162/	M	2000	36	0.58	50.03

## Conclusiones

En conclusión, 1) la proporción de ancestros conocidos y el número equivalente de generaciones discretas indican que se requiere mejorar considerablemente la calidad del pedigrí, 2) el tamaño efectivo de la población sugiere una estricta supervisión de los apareamientos para no reducir la variabilidad genética de la población, la cual es escasa, y 3) la proporción del número efectivo de ancestros en relación con el número efectivo de fundadores indica que hubo pérdida de variabilidad genética debido a cuellos de botella.



## Agradecimientos

Se agradece a la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Taurínico A.C. por facilitar la información genealógica para la realización del presente estudio.

## Literatura Citada

- Boichard, D., L. Maignel and É. Verrier. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.* 29:5-23.
- Bozzi, R., O. Franci, F. Forabosco, C. Pugliese, A. Crovetto and F. Filippini. 2006. Genetic variability in three Italian beef cattle breeds derived from pedigree information. *Italian J. Anim. Sci.* 5:129-137.
- Carolino, N. and L. T. Gama. 2008. Indicators of genetic erosion in an endangered population: The Alentejana cattle breed in Portugal. *J. Anim. Sci.* 86:47-56.
- Cleveland, M. A., H. D. Blackburn, R. M. Enns and D. J. Garrick. 2005. Changes in inbreeding of U.S. Herefords during the twentieth century. *J. Anim. Sci.* 83:992-1001.
- FAO. 1998. Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: Management of small populations at risk. Rome, Italy.
- Gengler, N., I. Misztal, J. K. Bertrand and M. S. Culbertson. 1998. Estimation of the dominance variance for postweaning gain in the U.S. Limousin population. *J. Anim. Sci.* 76:2515-2520.
- Gutiérrez, J. P., J. Altarriba, C. Díaz, R. Quintanilla, J. Cañón and J. Piedrafita. 2003. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genet. Sel. Evol.* 35:43-63.
- Gutiérrez, J. P., I. Cervantes and F. Goyache. 2009. Improving the estimation of realized effective population sizes in farm animals. *J. Anim. Breed. Genet.* 126:327-332.
- Gutiérrez, J. P. and F. Goyache. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *J. Anim. Breed. Genet.* 122:172-176.
- Lacy, R. C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.* 8:111-123.
- Maignel, L., D. Boichard and É. Verrier. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. *Interbull Bull.* 14:49-54.



- Márquez, G. C., S. E. Speidel, R. M. Enns and D. J. Garrick. 2010. Genetic diversity and population structure of American Red Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 88:59-68.
- Nomura, T., T. Honda and F. Mukai. 2001. Inbreeding and effective population size of Japanese Black cattle. *J. Anim. Sci.* 79:366-370.
- Núñez-Domínguez, R., R. E. Martínez-Rocha, J. A. Hidalgo-Moreno, R. Ramírez-Valverde and J. G. García-Muñiz. 2020. Evaluation of the Romosinuano cattle population structure in Mexico using pedigree analysis. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 33(1):44-59.
- Ramírez-Valverde, R., A. R. Delgadillo-Zapata, J. Domínguez-Viveros, J. A. Hidalgo-Moreno, R. Núñez-Domínguez, F. A. Rodríguez-Almeida, *et al.* 2018. Análisis de pedigrí en la determinación de la diversidad genética de poblaciones bovinas para carne mexicanas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 9(4):614-635.
- Ríos-Utrera, Á., V. E. Vega Murillo, M. Montaña-Bermúdez, G. Martínez-Velázquez and S. I. Román-Ponce. 2018. Genetic diversity assessment of the Mexican Simmental population through pedigree analysis. *Rev. Bras. Zootec.* 47:e20160088.
- Ríos-Utrera, Á., M. Montaña-Bermúdez, V. E. Vega-Murillo, G. Martínez-Velázquez, J. J. Baeza-Rodríguez and S. I. Román-Ponce. 2021. Genetic diversity evolution in the Mexican Charolais cattle population. *Anim. Biosci.* 34(7):1116-1122.
- Sargolzaei, M., H. Iwaisaki and J. J. Colleau. 2006. CFC: A tool for monitoring genetic diversity. In: *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; August 13-18, 2006; Belo Horizonte, Brazil.* Commun. No. 27-28.
- Zechner, P., J. Solkner, I. Bodo, T. Druml, R. Baumung, R. Achmann, *et al.* 2002. Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livest. Prod. Sci.* 77:137-146.



## ELEVADA ACTIVIDAD LARVICIDA DE HOJAS DE OREGANO (*Lippia graveolens*) CONTRA EL NEMATODO *Haemonchus contortus*

Alejandro Sotelo Aguilar<sup>1\*</sup>, Edgar Jesús Delgado Núñez<sup>1</sup>, José Manuel Castro Salas<sup>1</sup>, Pedro Mendoza de Gives<sup>2</sup>, Agustín Olmedo Juárez<sup>2</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>3</sup> y César Sotelo Leyva<sup>4</sup>

### Resumen

El uso frecuente e irracional de los productos químicos para control de la hemoncosis ovina, ha traído consecuencias importantes, principalmente en la resistencia antihelmíntica contra estos parásitos. Asimismo, las heces en animales tratados con estas drogas causan contaminación del suelo y agua, y pueden producir toxicidad en humanos al consumir carne y leche contaminados con estos antihelmínticos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antihelmíntica de un extracto metanólico a partir de hojas de *Lippia graveolens* (orégano) contra larvas infectantes de *Haemonchus contortus*, mediante la prueba del porcentaje de mortalidad. Se utilizaron diferentes tratamientos: 6.25, 12.5, 25 y 50 mg/ML, respectivamente. La actividad larvicida se comparó con el control positivo (ivermectina 5 mg/mL) y controles negativos (agua destilada y metanol al 4%). Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de mortalidad fue de  $91.97 \pm 1.52$  a una concentración de 50 mg/mL, mientras que a 6.25 mg/mL exhibieron  $63.10 \pm 2.13\%$  de mortalidad a las 72 h postconfrontación. Las concentraciones letales del extracto metanólico después de las 72 h de exposición para causar 50 y 90% de mortalidad fueron a 3.57 y 45.64 mg/ML, respectivamente. El uso de este recurso natural representa una alternativa de aprovechamiento para el control de las nematodiasis en pequeños rumiantes, debido a que las hojas de *L. graveolens* contienen metabolitos secundarios responsables de la actividad nematocida. Cabe destacar que actualmente no se han realizado estudios *in vivo* sobre el uso del extracto de hojas de orégano;

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. \*Alejandro\_soteloaguilar@hotmail.com.  
<sup>2</sup> Laboratorio de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI-INIFAP), Jiutepec, Morelos.

<sup>3</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro), carretera Iguala-Cocula, Guerrero.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Químico Biológicas.



por tal motivo, el presente estudio generó las bases para demostrar el efecto potencial *in vitro* y así llevarlo a cabo en animales de experimentación.

**Palabras clave:** antihelmínticos, *Haemonchus*, plantas medicinales

## Introducción

Los nematodos gastrointestinales (GIN) son parásitos que presentan el principal desafío en la producción de ovinos a nivel mundial, dado que estos parásitos afectan considerablemente la salud y productividad de los animales, causando pérdidas millonarias (Gebresilassie y Tadele, 2015; Heim *et al.*, 2015). Uno de los métodos más usados por productores para el control de estos nematodos es el uso de drogas antihelmínticas sintetizadas químicamente, que son administradas de manera constante e inadecuada en sus rebaños con la finalidad de disminuir las cargas parasitarias (Cooper *et al.*, 2016). No obstante, el uso indiscriminado de estos productos ha provocado un severo problema de resistencia en los parásitos, generando mutaciones en uno o más genes, lo que les confiere la condición de resistencia a los antihelmínticos (Taylor *et al.*, 2013; Cooper *et al.*, 2016; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). En las últimas décadas, se ha estudiado el uso de plantas con propiedades medicinales y antihelmínticas como una herramienta alternativa natural para el control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes (Gallegos-Zurita, 2016; Espinosa-Moreno *et al.*, 2016). El orégano *Lippia graveolens* (orégano mexicano) es una planta aromática que pertenece a la familia Verbenaceae y es cultivada en varias regiones del mundo (Oliveira *et al.*, 2007). Los fitoquímicos presentes en el orégano pueden clasificarse en tres categorías: compuestos volátiles (terpenos, sesquiterpenos, alcoholes, aldehídos cetonas y éteres) (Figiel *et al.*, 2010), lípidos [esteroles, esteril-ésteres, alcoholes grasos, ácidos grasos libres, ceras, trazas de triacilglicéridos y ácidos triterpénicos (ácido ursólico)] (Skoula y Harborne, 2002) y fenólicos (luteolina, taxifolina, quercetina y naringenina) (Lin *et al.*, 2007).

Su uso comercial se debe a su importancia como condimento y sus propiedades medicinales. Su importancia en la industria es su aceite esencial, el cual se emplea como fragancia en jabones, perfumes, cosméticos y saborizantes, entre otros (Koksal *et al.*, 2010); además,





posee propiedades bactericidas, antifúngicas, antiparasitarias, antimicrobianas y antioxidantes (Rivero-Cruz *et al.*, 2011). El objetivo del presente trabajo fue evaluar un extracto metanólico de hojas deshidratadas de orégano (*L. graveolens*) en contra de larvas de *H. contortus* bajo un modelo *in vitro*.

## **Materiales y Métodos**

### **Material vegetal**

Las hojas de *L. graveolens* (100 g) fueron colectadas en el mes de marzo en el municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero (18° 13' y 18° 27' de latitud norte y 99° 29' y 99° 42' de longitud oeste).

### **Preparación del extracto metanólico**

Se usaron 100 g de hojas secas de orégano (*L. graveolens*) y se sometieron a un proceso de maceración con metanol (1:1 p/v) a temperatura ambiente durante 24 h. El extracto líquido se filtró, utilizando gasa, algodón y papel de filtro con la finalidad de obtener un extracto libre de material vegetal. El metanol se eliminó por destilación a presión reducida, usando un evaporador rotatorio (Buchi R 300) a temperatura de 40-50°C para obtener un extracto exento de disolvente, el que finalmente se secó totalmente mediante liofilización (Pérez-Pérez *et al.*, 2014).

### **Obtención de larvas L<sub>3</sub> de *Haemonchus contortus***

Se utilizaron larvas de *H. contortus* obtenidas a partir de un ovino artificialmente infectado con 350 larvas por kilogramo de peso vivo. Veinte días después de la infección, se detectó la presencia de huevos de *H. contortus* en muestras fecales mediante la técnica de McMaster. Se realizaron medios de cultivo a partir de heces de un ovino previamente infectado con *H. contortus*; las heces se depositaron dentro de una palangana a la que se añadieron trozos de hule espuma (con la finalidad de crear las condiciones óptimas para la obtención de larvas infectantes); posteriormente, se incubaron durante siete días. Pasado el periodo de incubación, se recuperaron las larvas infectantes por medio de la técnica del embudo de Baermann. Para el desenvaine de las larvas (L<sub>3</sub>) se utilizó hipoclorito comercial al 6% y se preparó una solución a una concentración de 0.187% en la que se expusieron las larvas durante 5 a 10 min.



Posteriormente, se realizaron tres lavados con agua destilada durante 1.5 min a 3500 rpm con el fin de eliminar el hipoclorito de sodio (Pineda-Alegría, 2017).

### **Evaluación del porcentaje de mortalidad de *Haemonchus contortus* in vitro**

Se utilizaron placas de microtitulación de 96 pozos, con 12 repeticiones. Los tratamientos fueron las concentraciones del extracto metanólico de *L. graveolens* (50, 25, 12.5 y 6.25 mg/mL). Se utilizó ivermectina al 0.5% como control positivo (+); como controles negativos se usó metanol al 4% y agua destilada. A cada pozo se le depositó una suspensión acuosa que contenía  $100 \pm 20$  larvas L3 en 50  $\mu$ L; en seguida se le agregaron 50  $\mu$ L del extracto, obteniendo un volumen final de 100  $\mu$ L. Posteriormente, las placas fueron incubadas a 28°C, durante 48 horas y en seguida se procedió a contar cada pozo tomando 10 alícuotas de 5  $\mu$ L. El porcentaje de mortalidad fue calculado mediante la siguiente fórmula:

Porcentaje de mortalidad= [(larvas muertas) / (larvas vivas + larvas muertas)]  $\times$  100.

### **Resultados y Discusión**

En la Figura 1 se muestran los porcentajes de mortalidad de *H. contortus* causados por el extracto metanólico. Se observó un efecto dependiente de la concentración del E-MeOH, donde el mejor efecto larvicida ( $P < 0.05$ ) se logró con la concentración de 50 mg/mL, mientras que a 6.25 mg/mL se obtuvieron valores de más del 60% de mortalidad. Las concentraciones letales 50 y 90 son mostradas en la Figura 2. La concentración letal mínima inhibitoria ( $CL_{50}$ ) en el porcentaje de mortalidad de *H. contortus* atribuida al extracto metanólico de *L. graveolens* fue de 3.57 mg/mL, mientras que para obtener 90% de mortalidad de este parásito se requirieron 45.64 mg/mL. Los resultados obtenidos del presente estudio revelan que el orégano contiene metabolitos secundarios con propiedades nematicidas. En la actualidad, varios autores han demostrado metabolitos secundarios de plantas con diferentes grupos taxonómicos (Castillo-Mitre *et al.*, 2017; Delgado Núñez *et al.*, 2020).

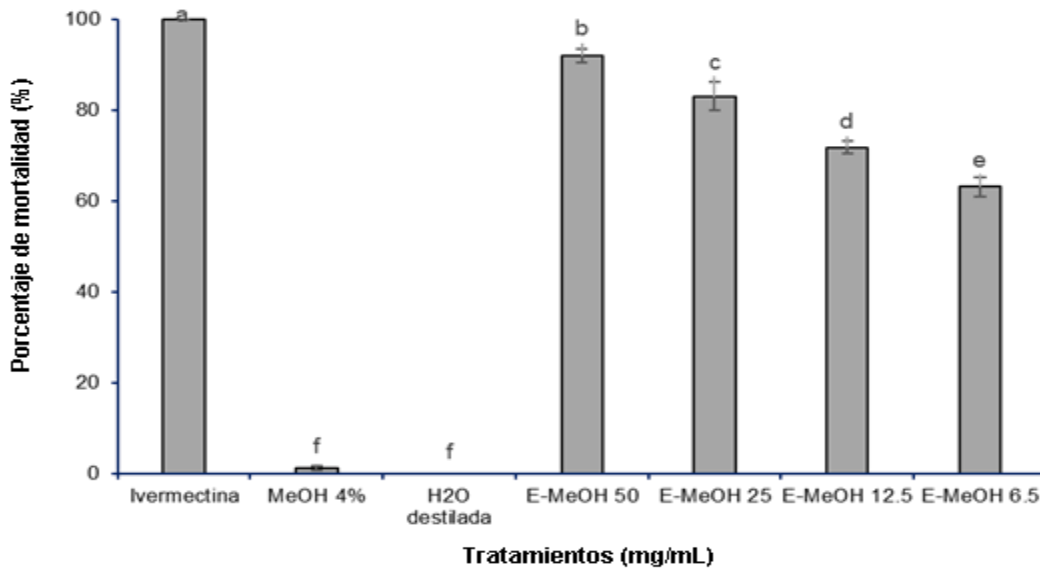


Figura 1. Porcentaje de mortalidad del extracto metanólico de *L. graveolens* contra larvas L3 de *H. contortus*. Medias dentro de la misma figura con distinta letra indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ). E-MeOH= extracto metanólico (mg/mL).

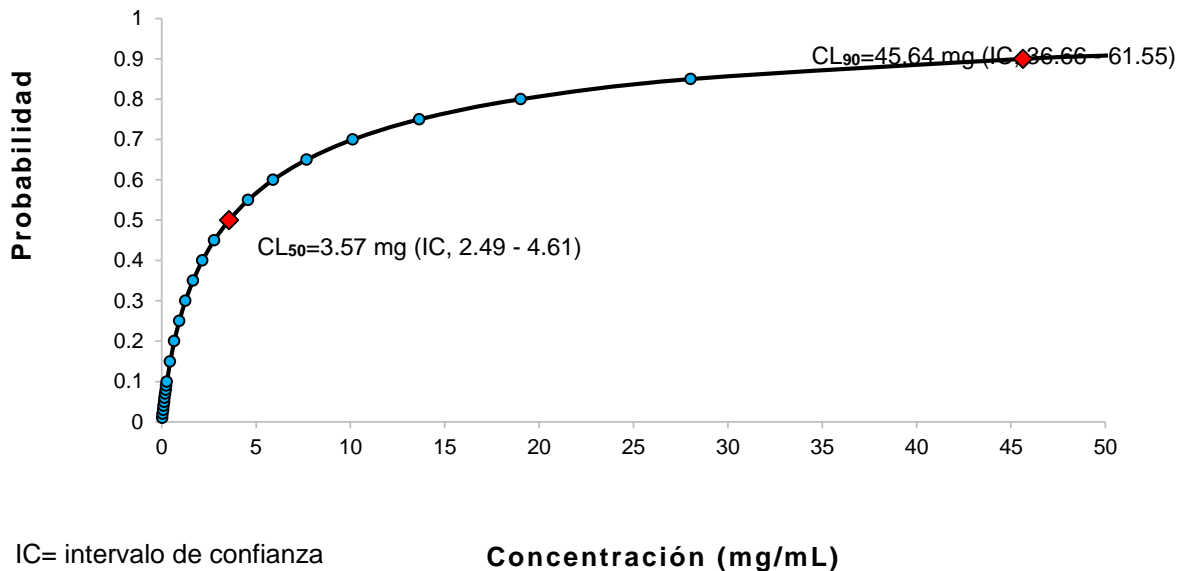


Figura 2. Concentraciones letales 50 y 90 requeridas para causar mortalidad de larvas de *H. contortus* expuestas durante 72 horas postconfrontación al extracto metanólico de *L. graveolens*.



En este sentido, *L. graveolens* es una planta importante por su valor gastronómico, medicinal (medicina tradicional) y farmacológico; en este último aspecto, se ha demostrado que los aceites esenciales provenientes de esta especie vegetal presentan actividad giardicida, protozoario importante en salud pública (Machado *et al.*, 2010). Por otro lado, en un estudio realizado por López-Aroche *et al.* (2007), en el que se usó un extracto etanólico de *L. graveolens*, no se observó actividad nematicida contra larvas infectantes de *H. contortus*. Los resultados del presente estudio muestran lo contrario; este elevado efecto muy probablemente puede deberse a la naturaleza química de los disolventes usados. A este respecto, el metanol es un disolvente de mayor polaridad; esto indica que los constituyentes bioactivos son de mayor polaridad a diferencia del etanol, lo cual permitió observar inclusive una mejor actividad biológica.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados encontrados en el presente trabajo, se concluye que las hojas de *L. graveolens* poseen propiedades antihelmínticas contra el parásito nematodo *Haemonchus contortus*.

## Literatura Citada

- Castillo-Mitre, G. F., A. Olmedo-Juárez, R. Rojo-Rubio, M. Cortazar-González, P. Mendoza-de Gives, E. E. Hernández-Beteta *et al.* 2017. Caffeoyl and coumaroyl derivatives from *Acacia cochliacantha* exhibit ovicidal activity against *Haemonchus contortus*. *J. Ethnopharmacol.* 204:125-131.
- Cooper, L., J. Cerutti, C. Mohn, J. Torrents, G. Suarez-Archilla y O. S. Anziani. 2016. Eficacia del monepantel para el control de aislamientos de *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus* spp. con resistencia múltiple (ivermectina y febendazole) en caprinos. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias.* 15:5-8.



- Delgado-Núñez, E. J., A. Zamilpa, M. González-Cortazar, A. Olmedo-Juárez, A. Cardoso-Taketa, E. Sánchez-Mendoza *et al.* 2020. Isorhamnetin: a nematocidal flavonoid from *Prosopis laevigata* leaves against *Haemonchus contortus* eggs and larvae. *Biomolecules*, 10(5):773.
- Espinosa-Moreno, J., D. Centurión-Hidalgo, G. Guillermo Vera y Cuspinera, E. Pérez-Castañeda, C. V. Zaragoza-Vera, S. Martínez-Martínez *et al.* 2016. Actividad antihelmíntica *in vitro* de tres especies vegetales utilizadas tradicionalmente en Tabasco, México. *Polibotánica*. 41:91-100.
- Figiel, A., A. Szumny, A. Gutiérrez and A. Carbonell. 2010. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. *J. Food Engi.* 98:240-247.
- Gallegos-Zurita, M. 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *An. Fac. Med.* 77(4):327-332.
- Gebresilassie, L. and A. B. Tadele. 2015. Prevalence of ovine haemonchosis in Wukro, Ethiopia. *J. Parasitol. Res.* 2015:635703.
- Heim, C., H. Hertzberg, A. Butschi, S. Bleuler-Martinez, M. Aebi, P. Deplazes *et al.* 2015. Inhibition of *Haemonchus contortus* larval development by fungal lectins. *Parasit. Vectors.* 8:425.
- Koksal, O., E. Gunes, O. Orkan and M. Ozden. 2010. Analysis of effective factor on information sources at Turkish oregano farms. *African J. Agric. Res.* 5:142-149.
- Lin, L. Z., S. Mukhopadhyay, R. J. Robbins and J. M. Harnly. 2007. Identification and quantification of flavonoids of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) by LC-DAD-ESI/MS analysis. *J. Food Compos. Anal.* 20:361-369.
- López-Aroche, U., D. O. Salinas-Sánchez, P. Mendoza-de Gives, M. E. López-Arellano, E. Liébano-Hernández, G. Valladares-Cisneros *et al.* 2007. *In vitro* nematicidal effects of medicinal plants from the Sierra de Huautla, Biosphere Reserve, Morelos, Mexico, against *Haemonchus contortus* infective larvae. *J. Helminthol.* 82:25-31.
- Machado, M., A. M. Dinis, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, J. B. A. Custódio and M. C. Sousa. 2010. Anti-Giardia activity of phenolic-rich essential oils: effects of *Thymbra capitata*, *Origanum virens*, *Thymus zygis subsp. sylvestris*, and *Lippia graveolens* on trophozoites growth, viability, adherence, and ultrastructure. *Parasitol. Res.* 106:1205-1215.
- Oliveira, D. R., G. G. Leitão, H. R. Bizzo, D. Lopes, D. S. Alviano, C. S. Alviano *et al.* 2007. Chemical and antimicrobial analyses of essentials oil of *Lippia origanoides* H. B. K. *Food Chem.* 101:236-240.



- Pérez-Pérez, C., M. M. Hernández-Villegas, P. de la Cruz-Burelo, G. I. Bolio-López y G. I. Hernández-Bolio. 2014. Efecto antihelmíntico *in vitro* del extracto metanólico de hojas de *Gliricidia sepium* contra nematodos gastrointestinales de ovinos. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 17(1):105-111.
- Pineda-Alegría, J. A., J. E. Sánchez-Vázquez, M. González-Cortazar, A. Zamilpa, M. E. López-Arellano, E. J. Cuevas-Padilla *et al.* 2017. The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. J. Med. Food. 20(12):1184-1192.
- Rivero-Cruz, I., G. Duarte, A. Navarrete, R. Bye, E. Linares and R. Mata. 2011. Chemical composition and antimicrobial and spasmolytic properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* essential oils. J. Food Sci. 76:C309-C317.
- Rodríguez-Vivas, R. I., L. Grisi, A. A. Pérez de León, H. Silva-Villela, J. F. J. Torres-Acosta, H. Fragoso-Sánchez *et al.* 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 8(1):61-74.
- Skoula, M. and J. B. Harborne. 2002. The taxonomy and chemistry of *Origanum*. In: Kintzios, S. E. (ed). The genera *Origanum* and *Lippia*. Taylor and Francis, New York, USA. Pp. 67-108.
- Taylor, C. M., Q. Wang, B. A. Rosa, S. C. C. Huang, K. Powell, T. Schedl *et al.* 2013. Discovery of anthelmintic drug targets and drugs using chokepoints in nematode metabolic pathways. PLoS Pathog. 9(8):e1003505.



## LAS HOJAS DE *Artemisia ludoviciana* PRESENTAN ELEVADA ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA CONTRA LARVAS INFECTANTES DE *Haemonchus contortus*

Edgar Jesús Delgado Núñez<sup>1\*</sup>, Alejandro Sotelo Aguilar<sup>1</sup>, José Manuel Castro Salas<sup>1</sup>, Pedro Mendoza de Gives<sup>2</sup>, Agustín Olmedo Juárez<sup>2</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>3</sup> y César Sotelo Leyva<sup>4</sup>

### Resumen

*Haemonchus contortus* es uno de los nematodos altamente patógenos en pequeños rumiantes en el mundo. El principal método de control ha sido el uso de antihelmínticos de origen sintético, pero, desafortunadamente, su mal uso ha generado resistencia en estos parásitos. Tal problemática ha propiciado el desarrollo de nuevas estrategias para su control. En los últimos años, el uso de productos naturales a base de extractos vegetales ha ofrecido otras alternativas de control para la hemoncosis ovina, debido a su elevado y potencial valor biológico. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto larvicida de un extracto metanólico a partir de hojas secas de *Artemisia ludoviciana*, conocida como “Estafiate”, contra el nematodo parásito de ovinos *H. contortus*. Se utilizó como modelo biológico la prueba del porcentaje de mortalidad en larvas infectantes (L<sub>3</sub>). Los tratamientos fueron los siguientes: E-MeOH en dosis de 12.5, 25 y 50 mg/mL, un control negativo (agua destilada y metanol al 4%) y un control positivo (ivermectina a 5 mg/mL). Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar mediante ANDEVA, considerando el porcentaje de mortalidad como variable respuesta. La comparación de medias entre los tratamientos se realizó con la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 0.05%. Los resultados revelaron que las hojas de *A. ludoviciana* presentaron elevada actividad larvicida total superior al 95% ( $\pm 0.50$ ) a 12.5 mg/mL. Las micrografías mostraron alteraciones en la apariencia interna en larvas expuestas al extracto. Estos resultados sugieren que las hojas de *A. ludoviciana* presentan compuestos bioactivos,

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. \*edgarjerezus@gmail.com.

<sup>2</sup> Laboratorio de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI-INIFAP), Jiutepec, Morelos.

<sup>3</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro), carretera Iguala-Cocula, Guerrero.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Facultad de Ciencias Químico Biológicas.



lo que la hace ser un candidato potencial para el control contra la hemoncosis ovina. Sin embargo, son necesarios estudios fitoquímicos para aislar e identificar el y/o los compuestos responsables de la actividad biológica; asimismo, se sugieren estudios *in vivo* con animales de experimentación para evaluar su posible toxicidad y su efecto antihelmíntico.

**Palabras clave:** biocompuestos, Hemoncosis ovina, metabolitos secundarios

## Introducción

Las nematodiasis gastrointestinales (NGI) son enfermedades causadas por diferentes géneros de nematodos que parasitan el tracto digestivo de los animales y son consideradas como uno de los principales problemas que aquejan la salud y productividad en los rumiantes (Waller y Chandrawathani, 2005). Los animales se infectan de NGI mediante la ingestión de pasto contaminado con larvas de la etapa 3 cuando se encuentran en condiciones de pastoreo, afectando considerablemente la producción ganadera, principalmente en zonas tropicales, subtropicales y templadas, afectando a los rumiantes de distintas edades (Lichtenfels *et al.*, 1994; Salas-Zapata *et al.*, 2016). *Haemonchus contortus* es una de las especies de mayor importancia económica a nivel mundial. Habita en el abomaso e intestino delgado de los rumiantes. Clínicamente se caracteriza por falta de apetito, desnutrición, retraso en el crecimiento y anemia. La enfermedad se presenta con mayor intensidad y en casos muy graves hay muerte súbita en animales jóvenes (Squires *et al.*, 2010; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). Existen varios métodos de control contra la hemoncosis ovina, como la rotación de pastoreo, partículas de cobre y método FAMACHA, pero el método más usado ha sido el uso de fármacos de naturaleza química, conocidos como “antihelmínticos” (Cooper *et al.*, 2016). El mal uso, indiscriminado e irracional, de los antihelmínticos por parte de los productores, ha ocasionado resistencia a estos fármacos, además que algunos desparasitantes cuando son liberados en las heces fecales de los animales tratados generan residuos tóxicos, contaminando el suelo y agua, afectando también a organismos amigables con el ambiente (Aparicio-Medina *et al.*, 2011). En este contexto, se han propuesto estrategias integrales para el control de los NGI; entre ellas se encuentra el uso de plantas medicinales con propiedades





antiparasitarias (Gallegos-Zurita, 2016). La herbolaria tradicional se ha usado para curar algunas afecciones desde tiempos milenarios en diferentes culturas en todo el mundo, y en las últimas décadas se ha estudiado una inmensa variedad de especies vegetales con propiedades farmacológicas citotóxicas, virales, fúngicas, bactericidas (Phillipson, 2007; López-Giral, 2011). De acuerdo a la literatura, los principales compuestos presentes en las plantas que tiene una gran relevancia farmacológica son los alcaloides, flavonoides, cumarinas, taninos, saponinas y terpenos (Taiz y Zeiger, 2006).

*Artemisia ludoviciana* Nutt, comúnmente conocida en México como estafiate, perteneciente a la familia de las Arteraceas. Esta planta tiene un extenso uso como remedio en la medicina tradicional para tratar problemas digestivos como retortijones, hemorroides, cólicos, dolor e inflamación en la boca del estómago y diarreas; además, se ha usado como depurativo, antiparasitario, antiespasmódico y antirreumático. También se ha usado contra otras afecciones, como tos, anginas, bronquitis, catarros, resfriados, vesícula, esterilidad femenina, heridas de parto, mala circulación de la sangre, espasmos, diabetes, dolor de oído, nerviosismo y dolor de cabeza (Argueta *et al.*, 1994; Sánchez-González *et al.*, 2008). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades antihelmínticas de un extracto metanólico a partir de hojas deshidratadas del estafiate (*A. ludoviciana* Nutt) bajo condiciones *in vitro* contra el parásito nematodo *H. contortus*.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización**

La obtención de los extractos vegetales y las pruebas de confrontación *in vitro* se realizaron en el Laboratorio de Helminología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI-INIFAP), en Progreso Jiutepec, municipio del Estado de Morelos, México, y en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FCAA) ubicado en el Periférico Poniente S/N, frente a la Colonia Villa de Guadalupe, Iguala de la Independencia, Gro.



### **Material vegetal**

La recolección del material vegetal de *A. ludoviciana* se llevó a cabo en el kilómetro 102 de la carretera federal Toluca–Tejupilco en el municipio de Tejupilco, 18° 45′ 30″ y 19° 04′ 32″ de latitud norte, entre los meridianos 99° 59′ 07″ y 100° 36′ 45″ de longitud oeste, con una altura de 1,340 a 1,500 msnm. Las hojas fueron lavadas y secadas a la sombra a temperatura ambiente, durante cinco días, al cabo de los cuales se trituraron manualmente. Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente en bolsas de papel hasta su posterior uso.

### **Obtención del extracto metanólico (E-MeOH) de *A. ludoviciana***

Se pesaron 100 g de material vegetal previamente deshidratado, el cual se sometió a extracción por maceración empleando metanol grado reactivo (MeOH). La extracción se llevó a cabo utilizando una proporción 1:10 (p/v). El metanol fue eliminado con un rotaevaporador y llevado a la sequedad total por métodos de liofilización. El extracto se almacenó a 4°C para su posterior evaluación antihelmíntica.

### **Material biológico**

Se realizaron medios de cultivo a partir de heces de un ovino previamente infectado con *H. contortus*. Las heces se depositaron dentro de una palangana mezclando con agua de la llave y al mismo tiempo se fueron añadiendo trozos de hule espuma de poliuretano, con la finalidad de crear las condiciones adecuadas para la obtención de larvas infectantes. Posteriormente, se cubrió con papel aluminio donde se incubaron durante siete días. Pasado el periodo de incubación, se recuperaron las larvas infectantes por medio de la técnica del embudo de Baermann. Para el desenvaine de las larvas (L<sub>3</sub>) se utilizó hipoclorito comercial al 6% y se preparó una solución a una concentración de 0.187% en donde se expusieron las larvas durante 5 a 10 min. Posteriormente, se realizaron tres lavados con agua destilada durante 1.5 min a 3500 rpm con el fin de eliminar el hipoclorito de sodio (Páez-León, 2018).

### **Diseño experimental**

Se utilizaron placas de microtitulación de 96 pozos. La evaluación antihelmíntica fue determinada mediante la prueba del porcentaje de mortalidad de larvas infectantes desenvainadas de *H. contortus*, mismas que son descritas a continuación.



### **Evaluación *in vitro* del extracto de MeOH de *A. ludoviciana* contra larvas (L<sub>3</sub>) de *H. contortus***

Se realizaron disoluciones a diferentes concentraciones, 6.25, 12.5, 25 y 50 mg/mL. En cada pozo se colocaron 50 µL de cada concentración y 50 µL de una suspensión acuosa que contenían 100±20 de larvas L<sub>3</sub> de *H. contortus*, obteniendo un volumen final de 100 µL. Se incluyó un control positivo, que consistió de ivermectina (5 mg/mL), y dos controles negativos, que fueron agua destilada y MeOH al 4%. El experimento se realizó por duplicado con 12 repeticiones por tratamiento. Las placas se cubrieron con papel aluminio y fueron incubadas durante 72 h a una temperatura ambiente de 25-35°C. Posterior al periodo de incubación, se procedió a realizar la lectura, es decir, el conteo total de larvas vivas y muertas de forma individual de cada pozo dentro de cada tratamiento (Pineda-Alegría *et al.*, 2017). La tasa de mortalidad se realizó contando larvas vivas y muertas y se expresaron como porcentaje de mortalidad de acuerdo con la siguiente fórmula:

Porcentaje de mortalidad= [(larvas muertas) / (larvas vivas + larvas muertas)] × 100.

El porcentaje de mortalidad *in vitro* de larvas se analizó bajo un diseño completamente al azar mediante un análisis ANDEVA bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = variable de respuesta del extracto ( $i$ ) repetición ( $j$ ),  $\mu$  = media general;  $T_i$  = efecto del tratamiento,  $\xi_{ij}$  = error aleatorio del tratamiento.

La comparación de medias entre tratamientos se realizó con la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 0.05%, usando el paquete estadístico SAS V 9.0. A los tratamientos que tuvieron un efecto dependiente de la concentración, se les estimaron las concentraciones letales 50 y 90 (CL<sub>50</sub> y CL<sub>90</sub>) mediante el sistema PROC PROBIT (SAS, 2006).

### **Resultados y Discusión**

Los resultados correspondientes al porcentaje de mortalidad de larvas infectantes de *H. contortus* atribuidos al extracto metanólico después de las 72 h de exposición son mostrados en el Cuadro 1.



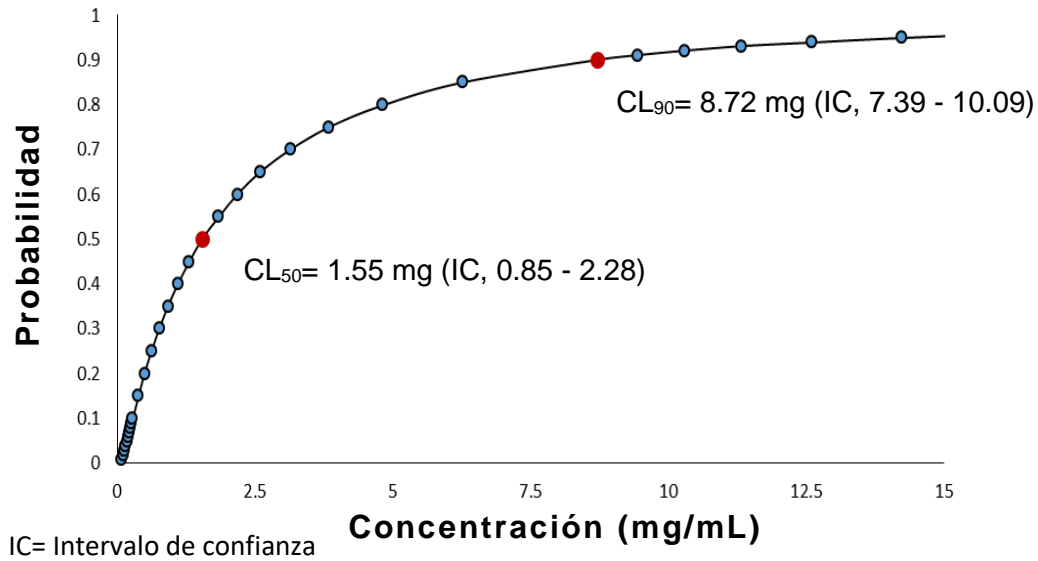
**Cuadro 1. Resultados del porcentaje de mortalidad de un extracto metanólico de *Artemisia ludoviciana* contra larvas L<sub>3</sub> de *Haemonchus contortus*.**

Tratamientos	Promedio de larvas recuperadas muertas/total	Porcentaje de mortalidad a las 72 horas $\pm$ d.e.
H <sub>2</sub> O	0.0	0.0 <sup>d</sup>
MeOH 4%	1.25/101.25	1.23 $\pm$ 0.48 <sup>d</sup>
Ivermectina (5 mg/mL)	99/99	100 <sup>a</sup>
<i>A. ludoviciana</i> (mg/mL)		
E- MeOH <sub>50</sub>	96.75/97.75	98.98 $\pm$ 0.81 <sup>a</sup>
E- MeOH <sub>25</sub>	93.75/95.5	98.15 $\pm$ 1.05 <sup>a</sup>
E- MeOH <sub>12.5</sub>	95/99	95.64 $\pm$ 0.50 <sup>b</sup>
E- MeOH <sub>6.25</sub>	84.25/100.75	83.61 $\pm$ 1.54 <sup>c</sup>
Coeficiente de variación	1.19	
R <sup>2</sup>	0.99	

Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia significativa (Tukey;  $P < 0.05$ ). d.e.= desviación estándar.

El porcentaje de mortalidad de larvas infectantes a partir de un extracto metanólico mostró actividad larvicida cercanas al 100% a 25 y 50 mg/mL respectivamente, mientras que a partir de 6.25 mg/mL exhibieron valores aún mayores del 80%. Por otro lado, existe un efecto dependiente a la concentración ( $P < 0.05$ ) a partir de 6.25 mg/mL  $83.61 \pm 1.54$ . Las concentraciones letales 50 y 90 son mostradas en la figura 1. En términos generales y de acuerdo al coeficiente de determinación ( $R^2$ ), se infiere que el 99% de los resultados fueron influidos por los factores controlados (tratamientos), el restante 1%, se debe a factores no controlados (temperatura).

Por otra parte, la concentración letal mínima inhibitoria en el porcentaje de mortalidad de *H. contortus* atribuida al extracto metanólico de *A. ludoviciana* fue de 11.83 mg/MI, presentando intervalos de 0.85-2.28 mg/mL, mientras que para obtener el 90% del porcentaje de mortalidad de este parásito se requirieron 8.72 mg/mL, con un intervalo de 7.39-10.09 mg/mL. Anteriormente se han evaluado algunos géneros y especies similares a *A. ludoviciana*, así como algunas plantas pertenecientes a la familia Asteraceae. Tayo *et al.* (2014), a partir de un extracto metanólico de la planta *Bidens pilosa* Linn (Asteraceae) contra larvas del estadio 1 y 2 de *H. contortus*, obtuvieron valores muy similares a los del presente estudio, en un rango cercano al 90 y 100% a 5 mg/mL.



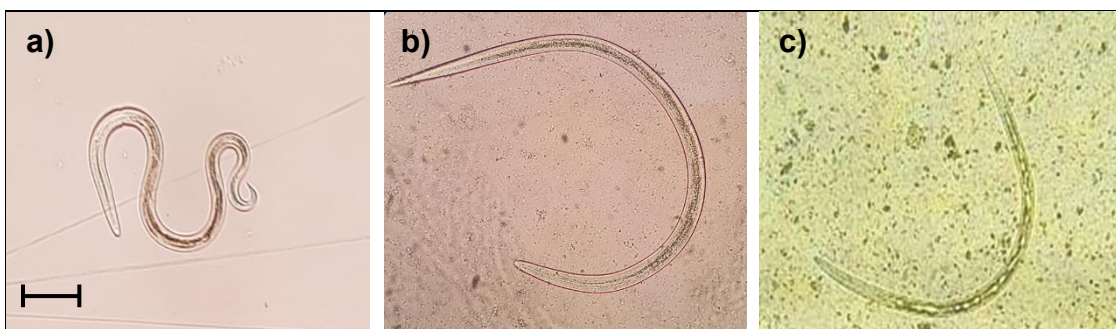
**Figura 1. Concentraciones letales 50 y 90 requeridas para causar mortalidad en larvas infectantes de *Haemonchus contortus* expuestas durante 72 h postconfrontación al extracto metanólico de *Artemisia ludoviciana*.**

Por otro lado, otro estudio *in vivo* realizado por Palacios-Landín *et al.* (2015) con gerbos infectados con larvas L4 de *H. contortus* a partir de extractos botánicos de *Tagetes erecta* (Asteraceae) y *Alivium sativum* (Amaryllidaceae) obtuvieron una reducción de larvas de 53.9 y 68.7%, respectivamente, en cambio, de manera combinada hubo reducción de la población de *H. contortus* de 68.7%.

No obstante, esto demuestra que algunas especies de plantas pueden presentar un efecto aditivo o sinérgico al ser combinadas. Por otro lado, se han evaluado compuestos provenientes de algunos géneros de Artemisas. En un trabajo realizado por Higuera-Piedrahita *et al.* (2015) a partir de un extracto metanólico de *Artemisa cina*, se obtuvieron y evaluaron artemisinas como tratamiento para el control de *H. contortus* en explantes abomasales; los resultados no mostraron efecto sobre la asociación de larvas L<sub>3</sub> a la mucosa abomasal, sin embargo, en otro estudio llevado a cabo por el mismo autor, se encontró que la artemisina 30 CH en ensayos *in vitro* inhibió la eclosión de huevos en un 100% a 20  $\mu$ L, mientras que la migración larval fue del 64.7%; en ensayos *in vivo* redujo el 69% en la inhibición de la eclosión, y la inhibición de la migración fue de 65.7% a los 28 días de su confrontación (Higuera-Piedrahita *et al.*, 2020). Adicionalmente, se observaron larvas no expuestas y expuestas al extracto por micrográficas. Las características de las larvas que no fueron expuestas al extracto, se observaron totalmente



móviles con apariencia semi-enrollada a enrollada, con una notable viabilidad, además de que en las células gástricas no se observaron cambios internos aparentes (Figura 2a). En contraste, en los parásitos que fueron expuestos al extracto, se observaron cambios en la morfología estructural interna de manera significativa a las concentraciones más altas del E-MeOH (50 y 25 mg/mL). En dichos cambios, se observó pérdida en la integridad de las células gástricas en el interior del cuerpo del parásito, asimismo, se observó pérdida en la movilidad con un característico estiramiento semirrígido y semirrecto que fue observado en larvas muertas expuestas al extracto y a la ivermectina (Figura 2b y 2c).



**Figura 2.** Fotografías tomadas al microscopio óptico muestran el aspecto de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* (40x) expuestas y no expuestas al extracto. a) larva normal (control negativo), b) y c) larvas infectantes tras 72 h de exposición al extracto metanólico de *Artemisia ludoviciana*. Escala de barras (40  $\mu$ M, —|—).

## Conclusiones

La actividad larvicida *in vitro* del extracto metanólico a partir de hojas de *Artemisia ludoviciana* demostró un efecto altamente letal sobre *Haemonchus contortus*. Esta podría representar una herramienta alternativa natural en el control de las parasitosis ocasionadas por NGI. Debido a la elevada actividad nematicida de esta planta, se sugiere determinar la identificación fitoquímica mediante estudios químico bio-dirigidos para conocer el/los compuesto(s) responsable(s) de la actividad larvicida. Por otro lado, se sugiere evaluar esta planta con otras etapas del ciclo de *H. contortus*, así como estudios *in vivo* son necesarios para comprobar el efecto nematicida encontrado en este trabajo.



## Literatura Citada

- Aparicio-Medina, J. M., V. Paredes-Vanegas, O. González-López and O. Navarro-Reyes, 2011. Effect of ivermectin on the environment. *Rev. Cientif.* 11(17):64–66.
- Argueta, V. A., L. M. Cano y M. E. Rodarte. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto Nacional Indigenista. I:968-6601.
- Cooper, L., J. Cerutti, C. Mohn, J. Torrents, G. Suarez-Archilla and O. S. Anziani. 2016. Eficacia del monepantel para el control de aislamientos de *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus* spp. con resistencia múltiple (ivermectina y febendazole) en caprinos. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias.* 15:5-8.
- Gallegos-Zurita M., 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *An. Fac. Med.* 77(4):327-32.
- Higuera-Piedrahita, R. I., M. E. López-Arellano, R. López-Arellano, C. Cuenca-Verde y J. A. Cuéllar-Ordaz. 2020. *Artemisia cina* 30 CH como tratamiento homeopático contra el *Haemonchus contortus*. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 11(2):342-354.
- Higuera-Piedrahita, R., M. López-Arellano, R. López-Arellano, C. Cuenca-Verde and J. Cuéllar-Ordaz. 2015. Effect evaluation of artemisinin from ethanolic extract of *Artemisia cina* against L3 of *Haemonchus contortus* on a abomasal explants technique. *Ciencia y Agricultura.* 13(1):107-116.
- Lichtenfels, J. R., P. A. Pilitt and E. P. Hoberg. 1994. New morphological characters for identifying individual specimens of *Haemonchus* spp. (nematoda: trichostrongyloidea) and a key to species in ruminants of North America. *J. Parasitol.* 80(1):107-119.
- López-Giral, N. 2011. Obtención y aplicación de extractos naturales: centro nacional de tecnología y seguridad alimentaria. 152 p. <http://www.anfaco.es/fotos/biblioteca/docs/congresos/transfereencia2011.pdf>
- Páez-León, S. Y. 2018. Actividad nematocida de extractos de sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* y *Moringa oleifera* contra nematodos de importancia agropecuaria. Tesis de licenciatura. Jiutepec, Morelos, México.
- Palacios-Landín, J., P. Mendoza de Gives, D. O. Salinas-Sánchez, M. E. López-Arellano, E. Liébano-Hernández, V. M. Hernández-Velázquez *et al.* 2015. *In vitro* and *in vivo* nematocidal activity of *Allium sativum* and *Tagetes erecta* extracts against *Haemonchus contortus*. *Turkiye Parazitol Derg.* 39: 1-5.
- Phillipson, J. D. 2007. Phytochemistry and pharmacognosy. *Phytochemistry*, 68(22-24): 2960–2972.



- Pineda-Alegría, A., J. E. Sánchez-Vázquez, M. González-Cortázar, A. Alejandro-Zamilpa, M. E. López-Arellano, E. J. Cuevas-Padilla *et al.* 2017. The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. *J. Med. Food.* 20:1184-1192.
- Rodríguez-Vivas, R. I., L. Grisi, A. A. Pérez de León, H. Silva-Villela, J. F. J. Torres-Acosta, H. Fragoso-Sánchez *et al.* 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(1):61-74.
- Salas-Zapata, R., R. Velásquez-Vélez, L. V. Herrera-Ospina, L. Ríos-Osorio y D. Polanco-Echeverry. 2016. Prevalencia de nematodos gastrointestinales en sistemas de producción ovina y caprina bajo confinamiento, semiconfinamiento y pastoreo en municipios de Antioquia, Colombia. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 27(2):344-354.
- Sánchez-González, A., D. Granados-Sánchez y R. Simón-Nabor. 2008. Uso medicinal de las plantas por los otomíes del municipio de Nicolás Flores, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 14(3):271-279.
- SAS Institute. 2006. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Squires, J., J. Foster, D. Lindsay, D. Caudell and A. Zajac. 2010. Efficacy of an orange oil emulsion as an anthelmintic against *Haemonchus contortus* in gerbils (*Meriones unguiculatus*) and in sheep. *Vet. Parasitol.* 172(1-2):95-99.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Secondary metabolites and plant defense. *Plant Physiology.* United States: Sinauer Associates. Sunderland. 283-308 p.
- Tayo, G., J. Poné, M. Komtangi, J. Yondo, A. Ngangout and M. Mbida. 2014. Anthelmintic activity of *Moringa oleifera* leaf extracts evaluated *in vitro* on four developmental stages of *Haemonchus contortus* from Goats. *Am. J. Plant Sci.* 5:1702-1710.
- Waller, P. J and P. Chandrawathani. 2005. *Haemonchus contortus*: parasite problem No. 1 from tropics - Polar Circle. Problems and prospects for control based on epidemiology. *Trop. Biomed.* 22(2):131-137.





## ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTO DE FRUTOS DE *Psittacanthus calyculatus* SOBRE *Staphylococcus aureus*, AGENTE CAUSAL DE MASTITIS BOVINA

Francisco Alvarez Contreras<sup>1\*</sup>, José Osvaldo Bernal Gallardo<sup>2</sup>, Zaida Ochoa Cruz<sup>2</sup>, Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos<sup>2</sup>, María Valentina Angoa Pérez<sup>2</sup> y Hortencia Gabriela Mena Violante<sup>2</sup>

---

### Resumen

El muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) es una planta hemiparásita que obtiene agua y nutrientes para sobrevivir del hospedero a través de órganos denominados haustorios. Se reconoce fácilmente por su crecimiento sobre varias especies de árboles; sus frutos son bayas negras cuando alcanzan su punto máximo de maduración, con un cálculo patente, rodeado por una sustancia viscosa; son dispersados por aves frugívoras. En México, se considera como una importante plaga, ya que afecta una gran variedad de árboles, por ejemplo, huizaches, mezquites; también puede considerarse plaga forestal cuando se hospeda en pinos y encinos. Sin embargo, *P. calyculatus* puede ser aprovechado por sus diferentes propiedades bioactivas, como la actividad antihipertensiva; no obstante, hay pocos o nulos reportes de su actividad antimicrobiana frente a diversos patógenos. La mastitis es la inflamación de la ubre como resultado de una infección causada por microorganismos patógenos; siendo una de las principales enfermedades que afectan los hatos lecheros, con *Staphylococcus aureus* como principal agente causal. El abuso en el tratamiento con antibióticos ha causado el desarrollo de cepas multirresistentes, que sobreviven a altas dosis de éstos, ocasionando un problema crónico que termina con la muerte del animal. Por esta razón, se ha optado por la búsqueda de compuestos bioactivos presentes en hojas, flores y frutos de plantas con actividad antibacteriana. En el presente trabajo se evaluó la actividad antibacteriana de extractos etanólicos de frutos maduros de *P. calyculatus*, determinando la inhibición del crecimiento *in vitro* de cepas de *S. aureus* aisladas de vacas con mastitis subclínica. Los resultados obtenidos

---

<sup>1\*</sup> Instituto Tecnológico de Estudios superiores de Zamora, [francisco.ac2698@gmail.com](mailto:francisco.ac2698@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, IPN CIIDIR Unidad Michoacán.



demuestran el potencial inhibitorio del extracto etanólico de muérdago sobre todas las cepas evaluadas, con una disminución de 44 hasta 96% del crecimiento *in vitro* con la mayor concentración evaluada (60 µg/pocillo) comparado con el control antibiótico; asimismo, se observó un comportamiento dependiente de concentración. Al ser un extracto etanólico total, el efecto antimicrobiano observado puede deberse al efecto sinérgico de compuestos fenólicos presentes.

**Palabras clave:** muérdago, halo de inhibición, mastitis, vacas

## Introducción

Los muérdagos son plantas hemiparásitas que se unen al tallo de su hospedero, compiten con él por agua y nutrimentos e impiden su desarrollo. Cuando son abundantes sobre el árbol, provocan la muerte del mismo. Se distribuyen en zonas boscosas y áreas urbanas (Arriola-Padilla *et al.*, 2012). La especie *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) está ampliamente distribuida por la zona centro y sur de México, donde crecen en hospedadores generalmente árboles locales, siendo afectadas una gran variedad de especies como mezquites, huizaches, pinos, encinos, e incluso pueden llegar a afectar plantaciones de importancia económica como los cítricos y rosáceas como manzanos y ciruelos (Díaz Infante *et al.*, 2016; Vibrans, 2010). *P. sittacanthus* se describe como un arbusto hemiparásito, de hasta 1-1.5 m de alto, generalmente muy ramificado; con hojas verdes coriáceas y lisas e inflorescencias terminales, flores vistosas de color rojo-anaranjado. Se aprovecha de los nutrientes y agua del árbol hospedante a través de unos órganos que se llaman haustorios. Sus frutos son bayas jugosas, elípticas, de color negro cuando madura, hasta 2.5 cm de largo (normalmente 1.0-1.5 cm), glabra, con un cálculo patente cubierto por una sustancia pegajosa denominada viscina. Estos frutos maduros sirven como alimento a diversas aves frugívoras, y la semilla al no ser digerida por éstas, es defecada e impregnada en las ramas iniciando el ciclo de vida y propagación de la plaga (Ornelas, 2019; Vibrans, 2010). Sin embargo, a pesar de ser considerada como plaga, hay reportes del uso medicinal de las hojas de *P. calyculatus*, como potente antihipertensivo y antidiabético; su composición fitoquímica incluye un alto contenido de compuestos fenólicos,



flavonoides y leucoantocianidinas (Rodríguez-Acosta, 2013). No obstante, hay pocos reportes de su actividad como agente antimicrobiano, y que, por su naturaleza, los compuestos bioactivos presentes en hojas y frutos de *P. calyculatus* pueden ser aprovechados, haciendo de su uso una estrategia de control y manejo (Pérez, 2016).

La búsqueda de nuevos agentes con actividad antimicrobiana es una realidad actual, y los compuestos bioactivos presentes en hojas, tallos, raíces y frutos son una alternativa viable frente a microorganismos patógenos, y recientemente se ha evaluado su potencial actividad contra aquellos que han desarrollado resistencia a los antibióticos. *Staphylococcus aureus*, uno de los principales patógenos contagiosos de la mastitis a nivel mundial, se caracteriza por causar infecciones intramamarias crónicas que responden mal a la terapia antimicrobiana, diseminándose dentro del rebaño y generando grandes pérdidas económicas (Molineri *et al.*, 2021). La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria como resultado de una infección causada por microorganismos patógenos, produciendo cambios bacteriológicos en la leche (Moreno-Hernandez, 2017). El mal manejo del tratamiento de la enfermedad, aunado al exceso y mala aplicación de antibióticos, ha provocado el desarrollo de cepas con características que permiten la tolerancia a la presencia de éstos y causando su persistencia, y, por ende, ocasionando una infección crónica que puede producir la muerte de la vaca. Asimismo, el uso excesivo de antimicrobianos en el tratamiento de mastitis bovina no sólo repercute en el sector lechero, sino que también tiene implicaciones en la salud humana ante la emergencia de cepas resistentes a los antibióticos, que pueden entrar en la cadena alimentaria con el consumo de leche contaminada, representando una amenaza para la salud pública de los consumidores (De Los Santos *et al.*, 2017). Es por esta razón, que la salud de la ubre es importante para la cadena de producción láctea a la luz de los problemas de seguridad alimentaria, siendo el control de los patógenos de la ubre el más importante para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos y proporcionar alimentos lácteos saludables. Ante el crecimiento continuo de patógenos resistentes a los antibióticos, existe la necesidad de encontrar nuevos compuestos antimicrobianos (Kovačević *et al.*, 2021). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* de extractos etanólicos de frutos maduros de *P. calyculatus* sobre cepas multirresistentes de *S. aureus* asociadas a mastitis bovina.



## **Materiales y Métodos**

### **Material biológico**

Se recolectaron frutos maduros de muérdago *P. calyculatus*, sobre el hospedero *Quercus* spp. en el municipio de Jiquilpan, Michoacán (19,9901881" LN, 102,99037" LO a 2,122 msnm). Se seleccionaron los frutos en punto de maduración óptimo; se lavaron con agua destilada y se separó el pericarpio de la semilla. Los pericarpios se congelaron ( $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y se liofilizaron (FreeZone 6, LABCONCO, Missouri, EUA). El tejido seco se molió en un mortero con pistilo enfriado con nitrógeno líquido hasta obtener un polvo fino. Las muestras secas se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su uso. Para los ensayos de inhibición del crecimiento bacteriano, se utilizaron las cepas multirresistentes de *S. aureus* asociadas a mastitis bovina: AMC-23, AMC-9, AMC-9, AVC-3 y AVC-5, caracterizadas bioquímica y molecularmente (García-Sánchez, 2015; Sánchez-Ceja, 2016), además de su perfil de multirresistencia a los antibióticos (Sánchez-Ceja *et al.*, 2018).

### **Obtención del extracto etanólico de pericarpio de *P. calyculatus***

La extracción se realizó de acuerdo a lo reportado por Mostafa *et al.* (2018) con ciertas modificaciones. Se tomó 1 g de muestra y se colocó en un matraz con 75 mL de etanol acidificado (EtOH: HCl 1N 85:15 v/v), enseguida se sonicó por 30 min. La muestra se centrifugó a 3,500 rpm durante 30 min. Procediendo a una filtración al vacío con filtros de nylon de 0.45  $\mu\text{m}$ . El extracto se concentró en un rotavapor (Rotavapor R11, BUCHI®, Zúrich, Suiza) hasta sequedad y se resuspendió en agua desionizada estéril. Se obtuvo una concentración final de 230.27 mg/mL.

### **Ensayo de inhibición *in vitro* del crecimiento bacteriano**

La actividad antibacteriana se evaluó mediante el método de difusión por pocillo. Las cepas evaluadas fueron crecidas en caldo Müeller-Hilton (Bioxon®) por 24 h. Transcurrido el tiempo, se ajustaron a una concentración de  $5 \times 10^8$  UFC/mL. 100  $\mu\text{L}$  de esta suspensión fueron inoculados en la superficie de cajas Petri con agar Mueller-Hinton (Bioxon®). Sobre la superficie del agar, se realizaron pocillos de 6 mm de diámetro con ayuda de un sacabocado estéril, donde se depositó el extracto en concentraciones de 15, 30, 45, 60  $\mu\text{g}$ /pocillo. Luego de una incubación a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 h se realizó la lectura de los halos de inhibición (mm) con



ayuda de un vernier. Se utilizó como control positivo el antibiótico Ciprofloxacino ® (200 mg/mL), y como control negativo agua estéril. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

### **Determinación de la concentración mínima inhibitoria**

La CMI se determinó de acuerdo a la metodología reportada por Sun *et al.* (2020). La CMI se obtuvo utilizando el método estándar de microdilución en caldo. Se emplearon microplacas de poliestireno con 96 pocillos, en las que se colocaron alícuotas de 100 µL de caldo Mueller-Hilton. Se añadieron 50 µL del extracto ajustado a 230, 115, 57.5, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 y 1.8 mg/mL, respectivamente. Como control sin tratamiento se colocaron 200 µL de caldo estéril. Se eligió la cepa AVC-5 de acuerdo a los resultados de la prueba de inhibición *in vitro*. Se añadieron 20 µL de suspensión bacteriana ajustada a  $1 \times 10^8$  UFC/mL, y se incubaron a  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 19 h. Después del lapso de incubación, se agregaron 20 µL de solución acuosa de bromuro de tetrazolio (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide, 1 mg/ml) (MTT) a los pocillos como indicador de crecimiento y luego se incubó a  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 45 min. El cambio de color a azul-púrpura indica crecimiento bacteriano. La concentración más baja de los pocillos sin coloración se consideró la concentración mínima inhibitoria. Todos los ensayos fueron llevados a cabo por triplicado de forma independiente.

### **Análisis estadístico**

Los resultados de cada experimento se reportaron con el promedio  $\pm$  desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y las medias se separaron por la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), utilizando el software R Studio ® versión 1.4.1717.

## **Resultados y Discusión**

El extracto de pericarpio de *P. calyculatus* mostró potencial inhibitorio del crecimiento *in vitro* sobre todos los aislados multirresistentes evaluados de *S. aureus* asociados a mastitis bovina. Los resultados se muestran en el Cuadro 1. La cepa AVC-5 fue la más susceptible al extracto de *P. calyculatus* con 96.8% de inhibición del crecimiento *in vitro*, en comparación con el control antibiótico. Los halos de inhibición observados oscilan entre 6.34 hasta 17.54 mm, los cuales incrementan en proporción a la cantidad de extracto aplicado, con lo cual se detecta un efecto dependiente de concentración. En todas las cepas, se obtuvieron halos de inhibición de mayor



diámetro con la concentración de 4.6 µg/ml. Este comportamiento fue observado por Bernier y Surette (2013) y Park *et al.* (2016), quienes describen que este efecto dependiente de concentración es determinado por factores como la activación de genes de resistencia en presencia de bajas dosis del antimicrobiano, así como la inducción de estrés, la coerción y la detección de señales son fenotipos seleccionables que se pueden ajustar para cumplir con las condiciones de los entornos naturales y permitir que los microorganismos sobrevivan a bajas dosis.

**Cuadro 1. Halos de inhibición a distintas concentraciones del extracto de *P. calyculatus* sobre cepas de *S. aureus* asociadas a mastitis bovina.**

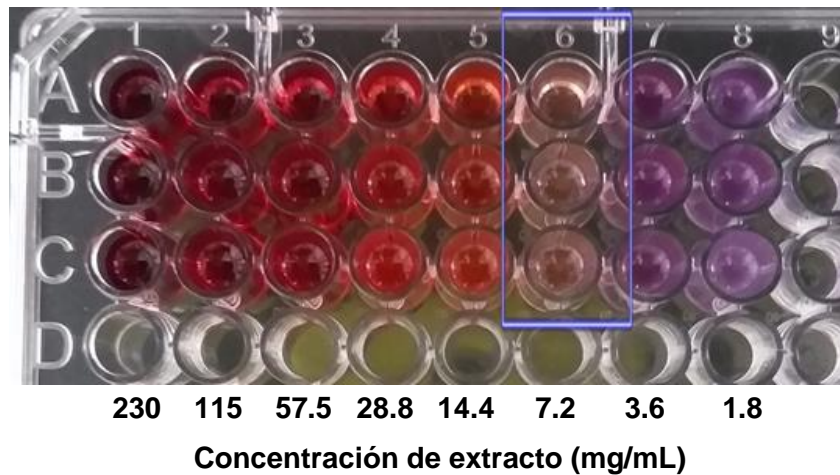
Extracto de fruto de <i>P. calyculatus</i>	Cepas de <i>S. aureus</i> evaluadas				
	ATCC 27543	AMC-23	AVC-5	AMC-9	AVC-3
1.15 µg	6.34 ± 2.24 <sup>d</sup>	7.00±2.32 <sup>d</sup>	8.33±2.14 <sup>d</sup>	7.34±0.79 <sup>d</sup>	8.10±0.46 <sup>d</sup>
2.3 µg	8.20 ± 2.56 <sup>d</sup>	10.00±2.60 <sup>c</sup>	11.62±0.42 <sup>c</sup>	10.71±0.98 <sup>c</sup>	11.03±0.69 <sup>c</sup>
3.45 µg	11.14±1.22 <sup>c</sup>	12.00±1.43 <sup>c</sup>	15.27±1.00 <sup>b</sup>	14.31±0.54 <sup>b</sup>	14.87±0.73 <sup>b</sup>
4.61 µg	15.00±0.91 <sup>b</sup>	16.02±1.98 <sup>b</sup>	17.54±0.31 <sup>a</sup>	17.12±0.07 <sup>b</sup>	17.22±0.58 <sup>b</sup>
Control*	33.45±0.83 <sup>a</sup>	33.51±1.34 <sup>a</sup>	18.12±0.60 <sup>a</sup>	24.00±0.69 <sup>a</sup>	24.32±0.24 <sup>a</sup>

El diámetro promedio (mm) de los halos de inhibición se presentan seguidos de la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P<0.05). \*Antibiótico de referencia, Ciprofloxacino® (4 µg).

El uso de extractos de origen vegetal para el control de microorganismos causantes de mastitis bovina no es nuevo; sin embargo, la presente investigación es pionera en el uso de extractos de frutos de *P. calyculatus* frente a cepas multirresistentes de *S. aureus* aisladas de mastitis bovina. Los resultados observados son mayores a los reportados por Schnur *et al.* (2021), en donde evaluaron el efecto antibacteriano de extracto fenólico de sorgo negro y observaron halos de inhibición de hasta 7.7 mm de diámetro en concentraciones más altas a las reportadas en el presente trabajo (4 mg/mL). Asimismo, los resultados coinciden con lo obtenido por Gomes *et al.* (2018), que evaluaron extractos fenólicos de diferentes plantas, destacando su efecto inhibitorio los extractos de *Eucalyptus globulus*, *Foeniculum vulgare* y *Junglans regia* (50 mg/ml), con halos de inhibición oscilantes entre 8 hasta 16 mm de diámetro y valores de CMI de 0.78 hasta 1.56 mg/mL en diferentes cepas de *S. aureus* causantes de mastitis bovina evaluadas.



En cuanto a la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto de frutos maduros de muérdago, fue determinada en la cepa más susceptible a éste de acuerdo a los ensayos de inhibición *in vitro*, el aislado AVC-5. Los resultados arrojaron una CMI de 7.2 mg/mL (Figura 1).



**Figura 1. Visualización en placa de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto de frutos de *P. calyculatus*, contra la cepa AVC-5 de *S. aureus* causante de mastitis bovina, determinada por el método de microdilución en caldo (CMI=7.2 mg/ml). (Elaboración del autor, 2021).**

Duguma Abdi y Deگو (2019) encontraron CMI de 7.6  $\mu\text{g/mL}$  hasta 62.5  $\mu\text{g/mL}$  de extracto de diferentes partes de la planta *Persicaria pensylvanica* sobre el crecimiento de *S. aureus* aislado de casos de mastitis bovina. Los autores sugieren una acción sinérgica entre los componentes del extracto total, que incluyen alcaloides, taninos, saponinas entre otros. De forma similar ocurre lo encontrado en este estudio, al tratarse de un extracto total de frutos de *P. calyculatus*. Sin embargo, se conoce la composición mayoritaria de compuestos fenólicos y flavonoides presentes en frutos de muérdago, por lo que su presencia puede sugerir un posible efecto antimicrobiano. La actividad biológica de *P. calyculatus* ha sido investigada recientemente, destacando sus propiedades como antihiper glucemiante, antihipertensivo y anticancerígeno (Ávila-Acevedo *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2015), siendo sus hojas y flores el principal objeto de estudio. Ávila-Acevedo *et al.* (2012), reportan en la composición fitoquímica de hojas y flores de muérdago (*P. calyculatus*) en árbol de mezquite (*Prosopis juliflora*) como hospedador, compuestos fenólicos y flavonoides como ácido gálico y catequina, respectivamente. La familia



Loranthaceae es considerada autótrofa, dependiendo solamente del agua y nutrientes inorgánicos del hospedador; aunque no hay evidencia de que el muérdago tome componentes orgánicos del árbol huésped, esto es cuestionable al encontrar variaciones en la composición fitoquímica de *P. calyculatus* (Ávila-Acevedo *et al.*, 2012).

Los frutos de muérdago son descritos como bayas de hasta 15 mm de largo y 10 mm de diámetro, numerosos, de color naranja-rojo y negro-azulados al madurar (Castillo-Campos *et al.*, 2018). La coloración de dichos frutos sugiere la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides coloridos como las antocianinas, que tienen como función principal la atracción de polinizadores y dispersores de semillas, así como intervenir en la defensa vegetal y protección contra rayos UV (Dini *et al.*, 2019); estos compuestos antociánicos tienen una amplia gama de propiedades biológicas como antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos e incluso como antimicrobianos. Recientemente, se ha investigado el potencial antibacteriano de estos compuestos frente a diversos microorganismos patógenos de humanos, plantas y animales. Cárdenas-Valdovinos *et al.* (2018a), observaron el potencial antimicrobiano de extractos de fresa frente a cepas de *S. aureus* (ATCC 27543 y STA 28) causantes de mastitis bovina. Se evaluaron diferentes concentraciones de extracto (10-100 µg), obteniendo inhibición de hasta el 53 y 40% en el crecimiento de ambas cepas, respecto a la inhibición del control. Asimismo, se observó un efecto dependiente de concentración, de forma similar a lo observado en el presente estudio; los autores sugieren que la interacción de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas ejercen una acción sinérgica que inhibe el crecimiento de los microorganismos patógenos de mastitis. Asimismo, Cárdenas-Valdovinos *et al.* (2018b) evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de frutos de fresa frente a bacterias enteropatógenas de humano (*Salmonella choleraesuis*, *Shigella flexneri* y *Escherichia coli*, presentando halos de inhibición de hasta 25 mm, superiores al control con antibiótico. Los autores sugieren que la riqueza de antocianinas en fresa como cianidina 3-glucósido y pelargonidina 3-glucósido, responsables del característico color rojo de estas frutillas, pueden ser responsables de la actividad antibacteriana observada. Sin embargo, se desconoce el mecanismo por el cual actúan estos componentes sobre los microorganismos patógenos. La presente investigación abre las puertas para la obtención de mayor información que revele los compuestos fitoquímicos presentes en los frutos de muérdago involucrados en la actividad antimicrobiana.





## Conclusiones

Los resultados reportados en la presente investigación muestran el potencial antibacteriano del extracto etanólico de los frutos de muérdago (*P. calyculatus*) contra cepas de *S. aureus* causantes de mastitis bovina. Se observó una respuesta inhibitoria dependiente de la concentración, además de una respuesta diferencial de las cepas de *S. aureus* al extracto etanólico del fruto de muérdago, la cepa más susceptible fue AVC-5. Este estudio no puede hacer énfasis a la presencia de una sola molécula del fruto sino a la acción de varios compuestos de carácter fenólico y flavonoides que ejercen un efecto positivo, formando un fitocomplejo activo en la inhibición microbiana. Sin embargo, se requiere continuar la investigación con el fin de identificar los compuestos responsables de la actividad antibacteriana observada, que según el presente estudio confieren a este fruto potencial para uso veterinario.

## Agradecimientos

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán del Instituto Politécnico Nacional, por facilitar sus instalaciones y el uso de los equipos para la realización de la presente investigación.

## Literatura citada

- Arriola-Padilla, V. J., E. Velasco-Bautista., T. Hernández-Tejeda., A. González-Hernández, A. and Romero-Sánchez, M. E. 2012. True mistletoes of the trees of Mexico City. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 4(19), 34–45.
- Ávila-Acevedo, J. G., A. M. García-Bores., F. Martínez-Ramírez., C.T. Hernández-Delgado., M. Ibarra-Barajas., A. Romo De Vivar., S. Flores-Maya., P. Velasco-Lara and C. Cespedes. 2012. Antihyperglycemic effect and genotoxicity of *Psittacanthus calyculatus* extract in streptozotocin- induced diabetic rats. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(4), 354–353. [www.blacpma.usach.cl](http://www.blacpma.usach.cl)



- Bernier, S. P., and G. Surette, M. 2013. Concentration-dependent activity of antibiotics in natural environments. *Frontiers in Microbiology*, 4(FEB), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00020>
- Cárdenas-Valdovinos, J. G., E. Oregel-Zamudio., G. Oyoque-Salcedo., M.V. Angoa-Pérez., S. Padilla-Jiménez., J. Molina-Torres and H. G. Mena-Violante. 2018a. Antimicrobial activity of fruit extracts of *Fragaria x ananassa* against human enteropathogenic bacteria. *Journal of Bioengineering and Biomedicine Research* 2(2).
- Cárdenas-Valdovinos, J. G., G. Oyoque-Salcedo., P.D. Loeza-Lara., E. Oregel-Zamudio., M.V. Angoa-Perez and H.G. Mena-Violante. 2018b. Antibacterial potential of anthocyanic extracts of strawberry on *Staphylococcus aureus* associated to bovine mastitis. *Acta Universitaria*, 28(5), 52–57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1630>
- Castillo-Campos, G., M. E. Medina-Abreo. and R. Acevedo-Rosas 2018. The genus *Psittacanthus* (Loranthaceae) in Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana*, 2018(124), 19–33. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1278>
- De Los Santos, R. I., M. Zunino P., D. Gil A., A. Laport. and J. Hirigoyen D. 2017. Antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* associated with subclinical and clinical mastitis in Uruguay during an eight-year period. *In Austral J Vet Sci.* 49.
- Díaz Infante, S., C. Lara., M. del C. Arizmendi., E. Eguiarte L and F. Ornelas J. 2016. Reproductive ecology and isolation of *Psittacanthus calyculatus* and *P. auriculatus* mistletoes (Loranthaceae). *Peer J*, 4, e2491. <https://doi.org/10.7717/peerj.2491>
- Dini, C., J. Zaro, M and Z. Viña, S. 2019. Bioactivity and functionality of anthocyanins: A review. *Current Bioactive Compounds*, 15(5), 507–523. <https://doi.org/10.2174/1573407214666180821115312>
- Duguma Abdi, R and K. Dego. 2019. Antimicrobial activity of *Persicaria pensylvanica* extract against *Staphylococcus aureus*. *European Journal of Integrative Medicine*, 29(100921). <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.05.007>
- García-Sánchez, M. F. 2015. Aislamiento y caracterización parcial de *Staphylococcus aureus* asociado a mastitis bovina en el municipio de Venustiano Carranza, Michoacán. Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
- Gomes, F., N. Martins., L. Barros., E. Rodrigues M., P. P. Oliveira M. B., M. Henriques M. and F.R. Ferreira, I. C. 2018. Plant phenolic extracts as an effective strategy to control *Staphylococcus aureus*, the dairy industry pathogen. *Industrial Crops and Products*, 112, 515–520. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.027>



- Hernández, T., A. M. García-Bores., R. Serrano., G. Ávila., P. Dávila., H. Cervantes., I. Peñalosa., C. M. Flores-Ortiz. and R. Lira. 2015. Fitoquímica Y Actividades Biológicas De Plantas De Importancia En La Medicina Tradicional Del Valle De Tehuacán-Cuicatlán. *Tip*, 18(2), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.003>
- Kovačević, Z. K., R. Radinović, M., I. Ivanašivanačabarkapa., N. Kladar., B. and Božin. 2021. Natural Agents against Bovine Mastitis Pathogens. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10020205>
- Molineri, A. I., C. Camussone., V. Zbrun M., G. Suárez Archilla., M. Cristiani., V. Neder., L. Calvino. and M. Signorini. 2021. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis: Systematic review and meta-analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 188(July 2020). <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105261>
- Moreno-Hernández, A. 2017. Tópicos en mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas terapias alternativas. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 6(1), 42–58. <https://doi.org/10.22507/jals.v6n1a4>
- Mostafa, A. A., A. Al-Askar A., S. Almaary K., M. Dawoud T., N. Sholkamy E. and M. Bakri M. 2018. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 25(2), 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.02.004>
- Ornelas, J. F. 2019. *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación. Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad. 146. 1689–1699.
- Park, J.-W., M. Wendt. and G. Heo G. 2016. Antimicrobial activity of essential oil of *Eucalyptus globulus* against fish pathogenic bacteria. *Laboratory Animal Research*, 32(2), 87. <https://doi.org/10.5625/lar.2016.32.2.87>
- Pérez, J. I. J. 2016. Impacto del muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en la economía de las familias campesinas en una región del subtrópico mexicano. *Perspectivas Latinamericanas*, 13(1), 141–156.
- Rodríguez-Acosta, M. G. 2013. Comparación y análisis de extractos de *Psittacanthus calyculatus* y *Phoradendron tomentosum* para su uso en el desarrollo de alimentos funcionales para diabéticos tipo 2 [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. In Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757>



- Sánchez-Ceja, M., P. N. Alva-Murillo., M. T. Arceo-Martínez., M. G. Sandoval-Flores., P.D. Loeza-Lara. and R. Jiménez-Mejía. 2018. Uso de nisina y quitosano para la inhibición de *Staphylococcus aureus* resistente a antibióticos y asociado a mastitis bovina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(4), 793–810. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i4.4468>
- Sánchez-Ceja, M. G. 2016. Aislamiento y caracterización parcial de *Staphylococcus aureus* asociado a mastitis bovina en el municipio de Marcos Castellanos, Michoacán y susceptibilidad a nisina. Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
- Schnur, S. E., G. Amachawadi, R., G. Baca. S. Sexton-Bowser. H. Rhodes D., D. Smolensky., J. Herald T., R. Perumal R., U. Thomson D. and G. Nagaraja T. 2021. Antimicrobial Activity of Sorghum Phenolic Extract on Bovine Foodborne and Mastitis-Causing Pathogens. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050594>
- Sun, F., Q. Yuan., Y. Wang., L. Cheng., Li, X., W. Feng. and P. Xia. 2020. Sub-minimum inhibitory concentration ceftazidime inhibits *Escherichia coli* biofilm formation by influencing the levels of the *ibpA* gene and extracellular indole. *Journal of Chemotherapy*, 32(1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/1120009X.2019.1678913>
- Vibrans, H. 2010. *Psittacanthus calyculatus* - ficha informativa. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/loranthaceae/psittacanthus-calyculatus/fichas/ficha.htm>



## DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE DOS INGREDIENTES EN DIETAS DE FINALIZACIÓN EN OVINOS

*Lizbeth Guadalupe Verduzco León<sup>1</sup>, Miguel Ángel Bautista Hernández<sup>1\*</sup>, Víctor Manuel Sánchez Parra<sup>1</sup>, Jessica Beatriz Herrera Ojeda<sup>2</sup> y Karlos Edmundo Orozco Duran<sup>1</sup>*

---

### Resumen

En México la producción de carne de ovino se ha mantenido constante. En el país los principales estados productores son los que se ubican en la zona centro. Para satisfacer la demanda de esta carne, se han desarrollado diferentes estrategias que incrementen la productividad en los diferentes sistemas de producción de ovinos. Una alternativa es la utilización de aditivos y grasas de sobrepaso en la alimentación. Por lo que el objetivo del presente fue determinar la relación beneficio costo de la inclusión en la dieta del 1,2 propanodiol o de una grasa de sobrepaso en de ovinos en finalización. La información para realizar el análisis fue extraída de un estudio realizado en el sector de ovinos del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán. Se seleccionaron 20 corderos de destete de la raza Katahdin, con peso promedio de 19 kg, divididos en 2 grupos. Grupo 1 se identificó como grasa de sobrepaso "GS" y grupo 2, 1,2 propanodiol "GP". Los cuales se mantuvieron 45 días en finalización. Todos fueron contemporáneos en grupos de parición con un máximo de diferencia de 15 días de edad. Los animales se adaptaron. La formulación y requerimientos nutricionales de las dietas, fueron calculadas de acuerdo a National Research Council, para una ganancia diaria de peso de 250 g. Una vez elaboradas las dietas se estimó su costo por kg, posteriormente se tomó el consumo promedio, para determinar el costo total de alimentación, así mismo, se calculó la ganancia promedio en la engorda y el % de kg que correspondieron a la canal producidos en el periodo. Se investigó en el SIAP el precio pagado al productor por kg de carne en pie y canal. Esta información fueron los insumos para estimar

---

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [mbautista@umich.mx](mailto:mbautista@umich.mx)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico del Valle de Morelia.



la RB/C determinando que la dieta GP obtuvo la mayor RB/C en comparación a la GS. Por lo que económicamente la dieta GS es la mejor recomendación.

**Palabras clave:** ovinos, productividad económica, costos de alimentación

## Introducción

En México en los últimos 10 años, la producción promedio de carne de ovino fue de 59 mil toneladas de carne en canal, ésta proviene de ovinos criollos o cruzados, sólo una pequeña proporción de la producción corresponden a razas puras. La principal forma de consumir esta carne es barbacoa. El consumo *per cápita* es de 0.6 kg anuales. En el país los principales estados productores de carne son Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Jalisco, Puebla, Zacatecas, Tlaxcala, San Luís Potosí, Oaxaca y Guanajuato. Los dos primeros estados aportan el 25% de la producción nacional (SIAP, 2020). Sin embargo, México solo produce el 70% de la carne ovina que se consume, generado un mercado interno potencial, por tal motivo es importante que los productores pecuarios se enfoquen a atender la demanda de este producto (Partida *et al.*, 2013; Carrera, 2008). Para satisfacer la demanda de carne de ovino, se han desarrollado diferentes estrategias que incrementen la productividad en los diferentes sistemas de producción de ovinos. Una alternativa es la utilización de aditivos en dietas como probióticos, los  $\beta$ -adrenérgicos, los ionóforos, los extractos vegetales y los precursores gluconeogénicos; entre éstos últimos se encuentra algunos aminoácidos, lactatos, propionatos, glicoles y el 1-2 propanodiol, dichos compuestos pueden dar lugar a una mayor cantidad de glucosa a través del aumento de la tasa de gluconeogénesis, aumentando consecuentemente las reservas de almidón en el hígado y de tejido adiposo en el mesenterio y alrededor del músculo-esquelético principalmente. Aunque se ha postulado que fungen como una fuente de energía alternativa, en realidad para su funcionamiento, necesitan la presencia de fuentes energéticas en la ración, promoviendo el anabolismo, lo que se traduce en una mejora del comportamiento productivo (López, 2017; Carrillo *et al.*, 2016). El 1,2 propanodiol es un gluconeogénico probado en rumiantes, del cual, una porción es fermentada en el rumen produciendo ácido láctico y propiónico, mientras que el que sobrepasa es absorbido y



transportado vía sanguínea al hígado donde es metabolizado a glucosa y almacenado como glucógeno. El propanodiol en la engorda de toretes ha probado tener mejor desempeño, en el peso final y la ganancia diaria de peso (Livas, 2015). Sin embargo, de acuerdo con López (2017) al evaluar dietas con diferentes niveles de 1,2 propanodiol, (20, 40 y 60 g); reportaron que la mayor ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, peso de la canal caliente y área del ojo de la costilla fue con dosis bajas. Otra alternativa para mejorar la nutrición en la engorda ovina, es la adición de grasas, aceites, ácidos grasos y grasa protegida. Se ha reportado que el consumo de glicerol en rumiantes modifica la relación acetato: propionato aumentando la producción de este último, por lo que el glicerol puede sustituir parcialmente los ingredientes a base de almidón en la dieta, ya que éste se convierte en propionato en el rumen y actúa como precursor en la síntesis de glucosa hepática. Sin embargo, la inclusión de grasas y glicerol en la nutrición de ovinos tiene límites estrechos (no más del 6%) (González, 2018). Las grasas protegidas son una fuente de ácidos grasos insaturados, principalmente los ácidos linolénico y linoleico, que sobrepasan a la saturación ocasionada por los microorganismos del rumen. En algunos estudios donde se ha suplementado con grasa de sobrepaso se han obtenido resultados satisfactorios para ganancia de peso y rendimiento en canal. La grasa protegida tiene la ventaja de tener una buena palatabilidad y fluidez con los componentes de la ración al tener propiedades aglomerantes (Duarte *et al.*, 2016; InfoAgro Systems, s.f.). Ante estas evidencias técnicas, se hace necesario aparte de analizar los aspectos técnicos de la calidad de la canal y ganancia de peso, evaluar el beneficio costo de dichos productos ya que es el parámetro determinante para definir su inclusión en las dietas.

### **Producción ovina en México y Michoacán**

En México, la producción de carne de borrego se realiza en 448 mil unidades de producción, distribuidas en tres grandes regiones centro 53.0%, 24,0% en el sur-sureste y 23.0% en el norte de México. Los principales estados que aportan el 48.02% del total de la producción son el Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Zacatecas y Jalisco (SIAP, 2018; Partida, *et al.*, 2013). En el estado de Michoacán la capacidad instalada para sacrificio de ovinos es de 2,363 cabezas mensualmente. Esta capacidad de sacrificio es en rastros municipales. El inventario de ovinos representa el 2.7% del inventario nacional. Se reportan 238 mil semovientes de esta especie (SIAP, 2019). Los sistemas de producción presentes en el país, tienen el fin zootécnico de la obtención de carne en canal. La canal es la unidad básica de comercialización que se



emplea en el mundo de la carne, por eso la obtención de la canal es el primer paso que se debe dar en el proceso de producción de carne (Partida *et al.*, 2013). De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se puede definir calidad de la carne en función de su calidad composicional (coeficiente magro-graso) y de factores de palatabilidad tales como su aspecto, olor, firmeza, jugosidad, ternura y sabor. Existen un gran número de factores que pueden afectar la calidad de la canal y por lo tanto su precio. En el contexto de la producción de carne, la raza o tipo genético es un factor en la definición de los rasgos corporales, y consecuentemente, en la determinación de las cualidades de la canal, pues entre otras cosas, se sabe que el genotipo incide en el peso, define la conformación, establece el rendimiento y la morfología, así como la composición de la canal (Torrescano *et al.*, 2009). Tradicionalmente las unidades de producción pecuarias de mediana o pequeña escala en México sufren de no llevar un control de su proceso administrativo. Lo que conlleva a que las decisiones que se toman en éstas, en muchas ocasiones no tienen la final de hacer más productivas y rentables a las explotaciones pecuarias. Ya que los procesos administrativos adecuados se encargan de la correcta y apropiada disposición de bienes y recursos de un agronegocio para lograr optimizar a éstas. El proceso administrativo no solo incluye el proceso productivo sino por el contrario incluye los objetivos, al área social y organizacional de la empresa. Sin embargo, un gran número de unidades productivas pecuarias de mediana y pequeña escala presentan bajos índices de productividad, como consecuencia del inadecuado aprovechamiento de los recursos o baja calidad de los mismos; por lo que la única solución para revertir la problemática descrita es a través de un adecuado proceso administrativo y la utilización de indicadores para la toma de decisiones administrativas (Arciniega, 2019). En este sentido Aguilar y Santoyo (2013), refieren que la estimación de indicadores económicos en el sector agropecuario toma cada vez mayor importancia entre los pequeños y medianos productores ya que les permite dimensionar los montos de inversión requerida, así como la gestión de apoyos gubernamentales. Permitiendo con ello que las empresas agropecuarias utilicen de manera eficiente los medios de producción, de la adecuada selección de la especies e insumos necesarios para maximizar la producción animal (Henk, 2013). Así mismo, el productor o administrador debe asegurar que la producción cumpla con la demanda del mercado en cuanto a calidad del producto. Lo que genera que éste debe analizar la relación entre las exigencias del mercado y el beneficio





económico para unidad productiva, por lo que las empresas agropecuarias deben analizar los factores que influyen o determinan una producción más eficiente y tomar una decisión al respecto, permitiendo con ello que el productor logre las mayores utilidades posible y donde un indicador importante lo representa la relación beneficio costo (Henk, 2013). Por lo anterior el objetivo del presente fue determinar la relación beneficio costo, de la inclusión en la dieta del 1,2 Propanodiol o de una grasa de sobre paso en ovinos durante el periodo de finalización.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se desarrolló entre los meses de septiembre a noviembre de 2019 en el sector de ovinos del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, ubicado en el km. 6.5 carretera Morelia-Salamanca, en el municipio de Morelia, Michoacán, localizado en la zona centro-norte del estado. Se ubica en las coordenadas 19°42' LN y 101°11.4' LO, a una altura de 1,951 msnm. Predomina el clima del subtipo templado de humedad media, con régimen de lluvias en verano de 700 a 1,000 milímetros de precipitación anual. La temperatura media anual es de 14° a 18°C. Para este estudio se seleccionaron 20 corderos de destete de la raza Katahdin, con un peso promedio de 19 kg, divididos en 2 grupos. En el cual el grupo 1 se identificó como grasa de sobrepaso "GS" y el grupo 2, 1,2 propanodiol "GP". Los cuales se mantuvieron en estabulación en un periodo de 45 días de engorda. Todos fueron contemporáneos en grupos de parición con un máximo de diferencia de 15 días de edad, provenientes de los mismos sementales. La estrategia de alimentación utilizada para el estudio fue la adaptación de los animales, la cual fue tomada como la semana 0. La formulación y requerimientos nutricionales de las dietas fueron calculadas de acuerdo a National Research Council (NRC, 2007) para una ganancia diaria de peso de 250 g. Ambos tratamientos contenían el 16.7% de proteína cruda, 2.9 Mcal/kg de energía metabolizable y un contenido de fibra de 12.36 y 12.83%, respectivamente. El porcentaje de materia seca para el tratamiento 1 fue 84% y para el tratamiento 2 del 83.58%. En el Cuadro 1 se observan las dos dietas proporcionada a cada grupo. Se proporcionó alimentación y agua *ad libitum*, realizando el pesaje del alimento servido y rechazado por grupo diariamente a las 09:00 horas, registrándose los datos del alimento ofrecido como del rechazado, para obtener la cantidad de alimento consumido. La ganancia



diaria de peso (GDP) se estimó a través de cuatro pesajes durante el estudio, los días 1, 15, 30 y 45 del experimento, haciendo uso de una báscula colgante portátil digital. Registrando la fecha en que se realizó y el peso obtenido por cordero.

**Cuadro 1. Dietas formuladas para el experimento.**

% DE INCLUSIÓN DE INSUMOS EN BASE SECA		
Insumo	GS Dieta grasa sobrepaso	GP Dieta 1,2 propanodiol
Sorgo grano molido	39.75	38.27
Salvado de trigo	2.37	4.86
Harina de soya	18.66	4.07
Rastrojo de maíz	22.24	23.00
Ensilado de maíz	7.76	7.09
Harina de canola	3.0	20.27
Carbonato de calcio	0.82	1.54
Grasa de sobrepaso	5.00	-----
1,2 propanodiol	-----	0.50
Sal	0.30	0.30
Minerales y vitaminas	0.10	0.10

Fuente: Elaboración propia (2019).

Para obtener el parámetro de conversión alimenticia, fue fundamental los parámetros productivos de consumo de alimento y GDP para lo cual se utilizaron los siguientes parámetros del Cuadro 2.

**Cuadro 2. Determinación de parámetros productivos.**

Parámetro	Fórmula
Consumo de alimento	Kg de alimento ofrecido – kg de alimento rechazado
Ganancia diaria de peso (GDP)	$\frac{\text{Peso final-peso inicial (cada periodo)}}{\text{No. de días del periodo}}$
Conversión Alimenticia (CA)	$\frac{\text{Kg de alimento}}{\text{Kg de ganancia}}$

Fuente: Elaboración propia (2019).



En cuanto a los indicadores analizados, no se encontraron diferencias significativas para la GDP ni para el rendimiento en canal en ambos tratamientos en el presente estudio (Cuadro 3), sin embargo, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la conversión alimenticia, obteniendo 207 g para el grupo el 1,2 propanodiol.

**Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados para los indicadores productivas en corderos Katahdin alimentados bajo dos fuentes energéticas distintas (GS, GP).**

Indicadores productivos	GS		GP	
	$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.
Conversión alimenticia (kg)	5.72	0.91	5.93 <sup>a</sup>	2.45
GDP (g)	316	0.04	314	0.09
Rendimiento en canal (%)	48.24	0.73	48.29	0.48

<sup>a</sup> Indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la columna.

A los resultados se les aplicara la RB/C, la cual indica el nivel de riesgo que se asume al utilizar un factor de producción que para este estudio está representado por la agregación de una fuente u otra de energía (grasa de sobrepaso o 1,2 propanodiol). Si esta relación es  $< 1$ ) Deben reorganizarse o en este caso se deberá reformular la dieta. Para lo cual, se debe aplicar la siguiente formula:

$$RB/C = \text{INGRESOS TOTALES} / \text{COSTO TOTAL}$$

Para calcular la relación beneficio costo, se procedió a estimar en primera instancia el costo del kilogramo de alimento proporcionado (Cuadro 5). Los cuales fueron actualizados a precios de 2021. Para poder proceder a realizar las estimaciones correspondientes. Una vez que se obtuvo el costo de la dieta utilizada, se procedió a determinar el consumo total de alimento promedio de cada tratamiento, para el tratamiento GS, el consumo reportado fue de 76.06 kg, mientras que para el GP se reporta un consumo de 78.27 kg de alimento. Así mismo, el peso ganado durante la prueba por tratamiento y rendimiento en canal se reporta en el Cuadro 4. Finalmente se investigaron los precios a los que se comercializan el ganado en pie y en canal, para el municipio de Morelia en el sistema de información de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el portal sobre cierre pecuario 2020 reportó que el precio por kg pago en pie fue de \$40.37 pesos por kg, mientras que el kg de canal se pagó \$80.81 (SIAP, 2021).



**Cuadro 4. Concentrado de información técnica para calcular kilogramos producidos durante el periodo de engorda.**

Parámetro	GS	GP
Peso $\bar{x}$ inicial (kg)	21.78	21.80
Peso $\bar{x}$ final (kg)	35.07	35.5
Peso $\bar{x}$ diaria (g)	316	314
Kg $\bar{x}$ ganados en la prueba	13.29	13.2
Rendimiento en canal (%)	48.29	48.24
Kg de canal $\bar{x}$ ganados en la prueba	6.42*	6.37

Fuente Elaboración propia.

\*multiplicación del rendimiento por kg promedio ganados en la prueba.

**Cuadro 5. Estimación del costo del kg de dieta proporcionada a cada tratamiento.**

Insumo	\$ por kilogramo	Costo de inclusión dieta con grasa	Costo de inclusión dieta con 1,2 Propanodiol
Sorgo grano molido	\$ 8.00	\$ 3.18	\$ 3.06
Salvado de trigo	\$ 7.50	\$ 0.17	\$ 0.36
Harina de soya	\$ 11.00	\$ 2.05	\$ 0.44
Rastrojo de maíz	\$ 3.50	\$ 0.77	\$ 0.80
Ensilado de maíz	\$ 1.80	\$ 0.13	\$ 0.12
Harina de canola	\$ 9.00	\$ 0.27	\$ 1.82
Carbonato de calcio	\$ 1.50	\$ 0.01	\$ 0.02
Grasa de sobrepaso	\$ 24.00	\$ 1.20	\$ -
1,2 Propanodiol	\$ 22.50	\$ -	\$ 0.11
Sal	\$ 4.30	\$ 0.01	\$ 0.01
Minerales y vitaminas	\$ 24.00	\$ 0.02	\$ 0.02
<b>Costo estimado por kg de dieta</b>		<b>\$ 7.84</b>	<b>\$ 6.80</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

## Resultados y Discusión

Los resultados de estudio se resumen en el Cuadro 4, los cuales son el insumo necesario para el cálculo de la RB/C. Para calcular el costo de la alimentación durante el periodo de engorda se procedió al calculo de consumo, así como a la actuación de los precios de materias primas utilizadas para elaborar la ración en el estudio.



Con la información anterior se procedió a la estimación de la relación B/C con respecto al precio pagado en pie y en canal (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Resultados del cálculo de la relación beneficio costo.**

Concepto	Ingreso	Costo de alimentación	Relación B/C
GS en pie	\$ 526.15	\$ 596.91	\$ 0.88
GP en pie	\$ 522.59	\$ 532.50	\$ 0.98
GS en canal	\$ 453.99	\$ 596.91	\$ 0.76
GP canal	\$ 450.45	\$ 532.50	\$ 0.85

Fuente: Elaboración propia (2021).

Lo anterior permite afirmar desde la perspectiva administrativa que la dieta que proporciona una mayor relación beneficio costo tanto en pie como en canal, es la que utiliza el ingrediente 1,2 propanodiol. Cárdenas (2019) y Yarad (2007) reportaron en sus estudios que, si bien no existieron diferencias significativas en los comportamientos productivos analizados, sin embargo, si tuvieron RB/C con diferencias entre los tratamientos lo que les permitió realizar una recomendación. Así mismo Camacho *et al.* (2018), reporta en su estudio en suplementación en ovinos que la RB/C ayuda a la toma de decisiones técnico económicas en las unidades de producción ovina.

## Conclusiones

Si bien estadísticamente la utilización de una dieta u otra no muestra una diferencia significativa, en el análisis beneficio costo, la dieta a que utiliza el ingrediente 1,2 Propanodiol, si, muestra, una mejor relación beneficio costo. Lo que permite afirma que esta dieta ayudará a obtener mayores beneficios económicos en comparación a la dieta que utiliza la grasa de sobre paso.



## Literatura Citada

- Arciniega, C. 2019. La contabilidad en la empresa agropecuaria de bovinos. Curso de especialización en producción animal. Trillas. México. 143 p.
- Aguilar, J. y V. Santoyo. 2013. Estimación de rendimientos en el sector agropecuario. Universidad autónoma de Chapingo y Miguel Ángel Porrúa México. 206 p.
- Camacho, R. J.C., J. Hernández H., O. Villarreal E., J. Franco F. y C. Camacho B. 2018. Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 42:819-826.
- Cárdenas, A. y J. Morachimo P. 2019. Efecto de adición de propionato de calcio en la digestibilidad de ovinos en finalización, Amecameca, Estado de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela Profesional de Zootecnia.
- Carrera, B. 2008. La ovinocultura en México: ¿Alternativa para los ovinocultores rurales?, Ciudad Juárez: Avances.
- Carrillo, J. *et al.* 2016. Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico Veterinario*, 6(1):13-21.
- Duarte, J., G. Ramírez y R. Castañeda. 2016. Grasa sobrepasante: aplicaciones y su proceso de obtención para la alimentación de rumiantes en el trópico. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(2):228-242.
- González, Y. F. 2018. Efecto de adición de propionato de calcio en la digestibilidad de ovinos en finalización, Amecameca, Estado de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Henk, W. 2012. Administración de empresas agropecuarias. Manuales para educación agropecuaria. Trillas. México. 181 p.
- InfoAgro Sitems, s.f.. InfoAgro Sitems. [En línea] Available at: <https://www.infocarne.com/bovino/grasas.asp> [Último acceso: 24 Septiembre 2019].
- Livas, F. 2015. Efecto del sustrato gluconeogénico lipofeed y una levadura viva sobre el crecimiento de toretes suizo x cebú en el trópico seco, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, C. 2015. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en las características de la canal de ovinos de pelo finalizados en corral, Temascaltepec, México: Centro Universitario UAEM Temascaltepec.



- Partida de la Peña, J. A. *et al.* 2017. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3):269-277.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [En línea] Available at: [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/) [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- SIAP. 2019. Michoacán Infografía agroalimentaria 2019. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. México. Pp. 56.
- SIAP. 2020. Panorama agroalimentario 2020. Datos de un campo que avanza sin dejar a nadie atrás. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. México. 200 p.
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [En línea] Available at: [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/) [Último acceso: 19 Agosto 2021].
- Torrescano, G. R. y otros, 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotecnía*, 11(1):41-50.
- Yarad, S.S. 2007. Efecto del “Zeranol” más ivermectina, en lechales ovinos cruce Rambouillet Dorset en la Hacienda Zuleta y anexas Cia. Ltda.: Escuela de Ingeniería Agropecuaria.



# ERITOGRAMA, PESO VIVO, PERÍMETRO TORÁCICO Y CONDICIÓN CORPORAL EN BÚFALAS ADULTAS (*Bubalus bubalis*), EN CORRIENTES, ARGENTINA

Josefina Hernando<sup>1\*</sup>, Gabriela Alejandra Koza<sup>1</sup>, José Luis Konrad<sup>1</sup> y Norma Beatriz Mussart<sup>2</sup>

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el peso vivo, el perímetro torácico, la condición corporal y el eritograma en búfalas (*Bubalus bubalis*) de la raza Murrah de 2.5 a 5.5 años de edad, con el fin de establecer valores de referencia regionales. Se seleccionaron treinta búfalas de 2.5 años de edad de raza Murrah, del rodeo general del establecimiento ganadero “Pedro Antonio Silva (h)”, ubicado en la localidad de Paso Florentin, provincia de Corrientes, Argentina. Se procedió al registro del peso vivo (PV) en báscula, perímetro torácico (PT) medido con cinta métrica y condición corporal (CC) en una escala de 1 a 5. Además, se tomaron muestras sanguíneas, de la vena yugular, para la valoración del eritograma (hematocrito: HTO, recuento de glóbulos rojos: RGR, volumen corpuscular medio: VCM, hemoglobina: HB, hemoglobina corpuscular media: HCM, concentración de hemoglobina corpuscular media: CHCM). La toma de muestras se realizó aproximadamente cada 6 meses, durante los años 2016 a 2019. Las búfalas se clasificaron en 6 grupos según la edad que tenían en el momento del muestreo (2.5, 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 años). Con el software InfoStat Profesional 2020®, se realizaron las estadísticas descriptivas, el análisis de varianza y la diferencia entre medias (test de Tukey). La edad influyó significativamente en las variables analizadas. Las medias obtenidas al considerar todas las edades fueron de PV: 490.66 kg, CC: 3.06, PT: 199.09 cm, HTO: 43%, RGR: 7.71 T/l, HG: 13.08 g/dl, HCM: 16.98 uug, CHCM: 30.29%. Se establecieron valores de referencia regionales para la categoría estudiada.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes – Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes – Argentina.

\* [josefinahernando@hotmail.com](mailto:josefinahernando@hotmail.com)





**Palabras clave:** valores de referencia, parámetros morfométricos, hemograma, búfalo

## Introducción

La bubalinocultura es una actividad con un gran potencial para la producción ganadera de carne en el Nordeste argentino. Las provincias con mayores poblaciones bubalinas son Formosa y Corrientes. Esta aptitud reside en el hecho de que el búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) aprovecha de manera más eficiente los forrajes fibrosos. Estos animales, dotados de una enorme rusticidad, tienen gran facilidad de adaptación a las condiciones de altas temperaturas típicas de las regiones de climas subtropicales (Crudelli *et al.*, 2004). El interés por el estudio de las características biométricas, sobre los rasgos productivos del búfalo, ha impulsado al desarrollo de técnicas en búsqueda de mayor eficiencia productiva y reproductiva considerando que las relaciones entre las medidas corporales y el peso vivo varían de una raza a otra, de acuerdo al biotipo leche-carnicero y aún, entre individuos de una misma raza, criados en regiones distintas o bajo diferentes manejos zootécnicos y nutricionales. (Costa Ferraz, 2012). Los valores hematológicos son una representación del estado de salud del animal y pueden ser utilizados, como ayuda para evaluar el estado sanitario del rodeo, su valor se centra en la comparación con valores de referencia precisos (Beechler *et al.*, 2009). Para la región Nordeste no existe disponibilidad de valores de referencia para el ganado bubalino, lo que constituye un impedimento al momento de plantear estrategias que involucren los aspectos sanitarios, nutricionales y productivos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el peso vivo, el perímetro torácico, la condición corporal y el eritograma en búfalas (*Bubalus bubalis*) de la raza Murrah de 2.5 a 5.5 años de edad, con el fin de establecer valores de referencia regionales.

## Materiales y Métodos

Se seleccionaron treinta búfalas de 2.5 años de edad de raza Murrah, del rodeo general del establecimiento ganadero "Pedro Antonio Silva (h)", ubicado en la localidad de Paso Florentin,



provincia de Corrientes, Argentina. Se trata de una zona de relieve plano, dominada por áreas deprimidas de deficiente drenaje (bañados, esteros, cañadas). El tapiz natural predominante es de tipo pajonal con especies de mediana a baja calidad, con sobresaliente presencia de paja colorada (*Andropogon lateralis*) y paja amarilla (*Sorghastrum agrostoides*). El clima es subtropical con una temperatura media anual 21.6°C, una máxima de 44.9°C y una mínima - 1.1°C. El régimen promedio de precipitación anual es de 1206 mm. Las condiciones de alimentación a campo natural, sanidad y manejo fueron similares durante todo el estudio. Se procedió al registro del peso vivo (PV) en báscula, perímetro torácico (PT) medido con cinta métrica y condición corporal (CC) en una escala de 1 a 5. Además, se tomaron muestras sanguíneas, de la vena yugular, para la valoración del eritograma (hematocrito: HTO, recuento de glóbulos rojos: RGR, volumen corpuscular medio: VCM, hemoglobina: HB, hemoglobina corpuscular media: HCM, concentración de hemoglobina corpuscular media: CHCM). La toma de muestras se realizó aproximadamente cada 6 meses, durante los años 2016 a 2019, por cuestiones de manejo del establecimiento, no se pudo evaluar el total de las búfalas en cada muestreo. Las búfalas se clasificaron en 6 grupos según la edad que tenían en el momento del muestreo (2.5, 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 años). Con el software InfoStat Profesional 2020®, se realizaron las estadísticas descriptivas, el análisis de varianza y la diferencia entre medias (test de Tukey).

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se pueden observar los resultados obtenidos de las variables morfométricas y hematológicas analizadas en la experiencia según la edad de las búfalas, la cual influyó significativamente en todas las variables analizadas, observándose un aumento gradual del PV y PT en relación al crecimiento de los animales; no así para la CC, que se debe considerar como una evaluación subjetiva de la cantidad de energía almacenada en forma de grasa y músculo en un momento dado. Los cambios en la proporción de tejidos grasos y musculares que ocurren en invierno no son fáciles de detectar a través del peso vivo del animal, constituyendo en cambio los estimadores de estado de CC una herramienta de mayor sensibilidad (Pordomingo, 1994).



**Cuadro 1. Parámetros hematológicos y morfométricos en búfalas adultas (*Bubalus bubalis*) a diferentes edades de Corrientes, Argentina.**

Variable	Edad (años)						Valor P
	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	
n	30	15	30	21	21	20	
PV (kg)	430.93±44.66 a	453.14±23.70 a	476.10±58.78 a	479.00±65.3 ab	527.90±60.09 b	602.10±65.23 c	0.0001
CC	3.33±0.44 a	3.27±0.30 a	3.20±0.45 a	2.52±0.43 b	2.74±0.44 b	3.20±0.38 a	0.0001
PT (cm)	191.17±8.03 a	193.93±6.45 ab	196.70±6.44 ab	199.00±5.27 bc	204.00±9.04 c	212.00±8.55 d	0.0001
HTO (%)	43.77±3.22 ab	42.67±4.69 ab	44.96±3.57 b	43.00±6.03 ab	40.19±4.49 a	44.74±3.59 b	0.003
RGR (T/l)	8.22±0.71 c	7.55±0.97 abc	8.00±0.63 c	7.32±0.98 ab	6.90±4.49 a	7.81±0.65 bc	0.0001
VCM (u3)	53.53±2.39 a	56.50±2.50 b	56.38±2.26 b	56.94±2.90 b	58.33±3.51 b	57.42±3.58 b	0.0001
HB (g/dl)	13.56±1.01 bc	12.60±1.35 ab	13.03±0.95 bc	13.89±0.74 c	11.54±1.22 a	13.72±0.96 c	0.0001
HCM (uug)	16.67±0.86 a	16.80±0.86 a	16.24±0.64 a	18.71±0.86 c	16.71±0.90 a	17.79±0.63 b	0.0001
CHCM (%)	31.03±0.89 c	29.67±0.62 b	28.90±0.77 ab	33.24±1.48 d	28.76±0.6 a	30.79±1.18 c	0.0001

Letras distintas en la misma fila indican diferencia (Tukey,  $p \leq 0.05$ ); n: tamaño de muestra; PV: peso vivo; CC: condición corporal; PT: perímetro torácico; HTO: hematocrito; RGR: glóbulos rojos; VCM: volumen corpuscular medio; HB: hemoglobina; HCM: hemoglobina corpuscular media; CHCM: concentración de hemoglobina corpuscular media

En el Cuadro 2 se encuentran los valores de referencias hallados a través de los valores medios y sus rangos mínimos y máximos, del total de las muestras (137).

**Cuadro 2. Valores de referencia del eritograma y parámetros morfométricos en búfalas adultas (2.5 a 5.5 años) (N= 137), de Corrientes, Argentina.**

Variable	Media	D.E.	MIN	MAX
PV (kg)	490.7	78.3	347.0	714.0
CC	3.1	0.5	1.5	4.0
PT (cm)	199.1	9.7	180.0	227.0
HTO (%)	43.0	4.4	31.0	55.0
RGR (T/l)	7.71	0.87	5.13	10.06
VCM (u3)	56.00	3.23	48.0	64.0
HB (g/dl)	13.08	1.40	8.90	16.80
HCM (uug)	16.98	1.13	15.00	20.00
CHCM (%)	30.29	1.74	27.00	36.00

PV: peso vivo; CC: condición corporal; PT: perímetro torácico; HTO: hematocrito; RGR: glóbulos rojos; VCM: volumen corpuscular medio; HB: hemoglobina; HCM: hemoglobina corpuscular media; CHCM: concentración de hemoglobina corpuscular media

La capacidad que tienen los búfalos para alcanzar altos pesos a edades tempranas, puede relacionarse con algunas características reproductivas, como la edad al primer servicio y la



edad al primer parto. Se recomienda que la actividad reproductiva de las hembras se inicie a los dos años de edad y con pesos aproximados de 400 kg. Para alcanzar estos resultados, las novillas bubalinas deben tener ganancias diarias de peso entre 0.55 y 0.60 kg. La bubilla, por lo general, alcanza la pubertad cuando adquiere cerca del 55 al 60% de su peso corporal adulto (de 250 a 400 kg), dependiendo éste, a su vez, del genotipo animal (Perera, 2011), los valores de PV hallados en este estudio son acordes a lo reportado por estos autores.

En el Cuadro 1 podemos observar que en las variables del eritograma si bien, hay diferencias significativas debido a la edad, no se observa un aumento o disminución lineal en relación al crecimiento de los animales, con excepción del VCM donde el valor fue menor en los animales más jóvenes, aumentando con el crecimiento. Otros autores al trabajar con hembras de raza Murrah, Jafarabadi y Mediterránea, en la región del Valle de la Rivera, San Pablo, citan disminuciones de HB, RGR, HTO y VCM con el avance de edad, (desde el nacimiento hasta los 72 meses de vida), no así de los valores de HCM y CHCM, que aumentaron paralelamente a la edad (Gomes *et al.*, 2010). Las medias obtenidas para las variables HTO, RGR y HB fueron mayores en nuestro estudio. En otra investigación se obtuvieron niveles de RGR de  $6.53 \pm 0.81$  T/l; HTO de  $33.10 \pm 4.00\%$  y HB  $10.80 \pm 1.41$  g/dl, para grupos de bubalinos de raza Murrah mayores de 2 años, de la región del Amazonas (Fontes *et al.*, 2014). En la región de Magdalena, Colombia, se hallaron niveles de HTO promedio de 34%, al evaluar búfalos de 12 a 36 meses de edad, sin distinción de sexo (Londoño *et al.*, 2012). Para bubalinos de raza Murrah del estado de São Paulo, de 1 a 5 años, estudios reportaron RGR de  $6.7 \pm 1.7$  T/l, HB de  $11.7 \pm 1.8$ , g/dl y HTO de  $34.4 \pm 3.4\%$ , respectivamente (Gomes *et al.*, 2010). En Cuba, búfalas en distintas etapas de lactancia, presentaron en promedio, niveles de HTO de 38% y de HB de 11.5 g/dl (Cardentey *et al.*, 2008). Al considerar los intervalos de referencia (HTO rango de 25 a 45 %, HB de 8 a 16 g/dl, RGR de 4.7 a 11.8 T/l, VCM de 37 a 66 (u3), HCM de 11 a 19 (uug), CHCM de 27 a 36% (Fontes *et al.*, 2014). Estos valores se encuentran dentro del rango reportados en nuestro estudio.



## Conclusiones

Se observaron diferencias significativas en los parámetros hematológicos y morfométricos en las diferentes edades de las búfalas. El PV y PT aumentaron gradualmente con la edad. Se establecieron valores de referencias regionales para la categoría estudiada, observándose marcadas diferencias con otros autores.

## Literatura Citada

- Beechler, B. R., A.E. Jolles and O. Ezenwa. 2009. Evaluation of hematologic values in free-ranging African buffalo (*Syncerus caffer*). J. Wildl. Dis. 45: 57–66.
- Cardentey, O., O. Gutiérrez, A. Oramas, A. Montejo y M., Cueto. 2008. Comportamiento de algunos indicadores sanguíneos del metabolismo proteico en un rebaño de búfalas lecheras en condiciones de pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 42(3):265-267.
- Costa Ferraz, P. 2012. Biometria das características produtivas, reprodutivas e estrutural populacional de búfalos (*Bubalus bubalis*) explorados no Brasil. Tesis de doctorado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Bahia, Brasil. 18 p.
- Crudeli, G. A., E. M. Patiño, J. F. Cedrés, F. González, P. Maldonado, O. Racioppi, M. Zava y G. Pellerano. 2004. Búfalos en Argentina. Editorial Moglia S.R.L. 229 p.
- Fontes, D. G., M. V. Monteiro, E. M. Jorge, C. M. Oliveira, R. A. Ritter, J. D. Barbosa, E. Da Silva y F. Monteiro. 2014. Perfil hematológico e bioquímico de búfalos (*Bubalus bubalis*) na Amazônia Oriental. Pesq. Vet. Bras. 34: 57-63
- Gomes V., J. A. Moura, K. M. Madureira, F. Baptistella, S. Kitamura, M. Blagitz y F. J. Benesi. 2010. Valores de referencia e influencia da idade no eritrograma de bubalinos da raça Murrah. Pesq. Vet. Bras. 30(4): 301-304.
- Londoño, R., M. Sánchez y G. Prada. 2012. Parámetros fisiológicos y valores hematológicos normales en búfalos (*Bubalus bubalis*) del Magdalena Medio colombiano. Rev Med Vet 23: 51-64.
- Perera, B. M. 2011. Reproductive cycles of buffalo. Anim Reprod Sci.124(3-4):194-199
- Pordomingo, A. 1994. Horizonte agropecuario pampeano- puntano nº 24: 6-7.



# PREDICCIÓN DE LA SUPERFICIE, PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y PRECIO DE LA AVENA FORRAJERA EN MÉXICO

*María Vianey Vargas Saenz<sup>\*1</sup>, Alejandra Vélez Izquierdo<sup>2</sup>, José Antonio Espinosa García<sup>2</sup> y  
Bartolomé Cruz Galindo<sup>1</sup>*

---

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue predecir las variables de la oferta de avena (*Avena sativa L.*) forrajera en México, aplicando un análisis de series de tiempo para el periodo 2019-2022 con series de 1980 a 2017 del SIAP (2018), con los métodos de suavizado exponencial doble de Brown y suavizado exponencial lineal de Holt el programa JMP 15 de SAS ®. Los resultados muestran que la predicción de variables de rendimiento, producción y precio medio rural nominal tendrán una tendencia de crecimiento para el periodo 2019-2022, en tanto que la superficie cosechada disminuirá. El método que mejor ajusto la predicción para las variables de superficie cosechada y producción fue el suavizado exponencial doble de Brown con el mejor criterio de Akaike y menor número de datos rezagados, para el rendimiento y precio medio rural nominal fue el método suavizado exponencial lineal de Holt, con el mejor criterio de Akaike y menor número de rezagos. La predicción de variables de la oferta de avena forrajera permite contar información para la planeación y toma de decisiones por parte de los involucrados en la producción, distribución y uso de la misma, con base en su comportamiento pasado.

**Palabras clave:** producción, rendimiento, precio medio rural nominal, métodos de predicción

---

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, DICEA. Carr. México- Texcoco, km. 38.5. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. México. (+52) 554 862 6619. [yins0396@gmail.com](mailto:yins0396@gmail.com)\*

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal.



## Introducción

La avena forrajera (*Avena sativa* L.) ocupa el tercer lugar en producción de 24 cultivos forrajeros de México, con aproximadamente el 9.8% de producción total, por debajo de los pastos y la alfalfa verde que cuentan el 41.9% y 27.2% de la producción respectivamente. La avena forrajera es un cultivo que se siembra principalmente en el ciclo primavera-verano bajo temporal (SIAP, 2021). La avena es una planta herbácea que pertenece a la familia de las gramíneas; posee un sistema radicular potente con raíces abundantes y profundas, sus tallos son gruesos y rectos. Sus hojas son planas y alargadas; su limbo estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados (Rural, 2010; Sánchez *et al.*, 2014).

En México éste cultivo destaca por ser una fuente importante de alimento para la producción pecuaria; aproximadamente el 80% de la producción nacional se destina para consumo como forraje verde, henificado y grano forrajero. Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, alta cantidad de energía metabolizable y su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales de grano pequeño; mientras que el grano, presenta alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y vitamina B (Espitia *et al.*, 2012). La avena henificada involucra un proceso de deshidratación, cuyo objeto es reducir el contenido de agua en los forrajes verdes para poder almacenarlos en pacas sin que se fermenten o se enmohezcan. La avena henificada tiene un mayor valor económico que la avena en verde y de mayor uso durante el tiempo de estiaje (Gil, 2014). Es considerada una planta de estación fría y muy sensible a las altas temperaturas; es exigente en agua por contar con un coeficiente de transpiración elevado, aunque le puede perjudicar el exceso de humedad. Es una planta rústica, poco exigente en suelo; se adapta a terrenos muy diversos, aunque prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal, pero sin exceso y que retengan la humedad; está adaptada a los suelos ácidos con pH entre 5 y 7 (SAGARPA, 2017). No obstante, estas ventajas climáticas, la producción y el precio de la avena forrajera ha sido variable, como es el caso en los productos agrícolas, por lo tanto; se requiere conocer comportamiento futuro de variables de la oferta.

Existen métodos estadísticos apropiados para prever los sucesos que probablemente vayan a ocurrir en el futuro, de las técnicas más conocidas para hacer inferencias en el futuro con base



en lo ocurrido en el pasado, es el análisis de series de tiempo. Como el aplicado por Sánchez *et al.* (2013), quienes aplicaron un modelo ARIMA para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California. También, Barreras *et al.* (2014) aplicaron el método de series de tiempo para la predicción, en el corto plazo, del comportamiento de la producción de carne de bovino en Baja California.

Los estudios presentados previamente ajustan modelos de series de tiempo a las características específicas de los datos estudiados, que pueden también ser aplicados para estimar las tendencias de variables tanto del lado de la oferta como de la demanda y el precio del producto, como una herramienta para la planeación, al anticiparse al futuro y la búsqueda de mejores métodos para su aplicación es una constante, por lo tanto; el objetivo del presente documento fue integrar una serie de datos de variables de oferta de avena forrajera en México y con base a ello encontrar un modelo de series de tiempo, que sea capaz de realizar un pronóstico de su producción, rendimiento y precio confiable, cercano a los valores y, cuya correlación sea estadísticamente significativa.

## **Materiales y Métodos**

Se integró información de fuentes oficiales del SIAP (2018) y se conformó una base de datos de las variables superficie sembrada, producción, rendimiento y precio medio rural con un período de 38 años, de 1980-2018.

Se analizó cada una de las variables de forma independiente en el programa JMP versión trial 15 © de SAS aplicando los métodos estadísticos de: ARIMA, ARIMA estacional, suavizado exponencial simple, suavizado exponencial doble (método de Brown), suavizado exponencial lineal (método de Holt), método de Winters y otros, considerando el número de datos y el número de rezagos de cada modelo, dado que; en caso de que un modelo rezague demasiados datos, la predicción obtenida no será representativa.

La selección del mejor modelo fue con el criterio de información de Akaike (AIC) el cual es una medida de la bondad de ajuste de un modelo estadístico. Se puede decir que el AIC describe la relación entre el sesgo y varianza en la construcción del modelo o hablando de manera general, acerca de la exactitud y complejidad del modelo. Este criterio proporciona un medio





para la comparación entre los modelos de una herramienta para la selección del modelo ya que, dado un conjunto de datos, varios modelos candidatos pueden ser clasificados de acuerdo a su AIC, resaltando que el modelo que tenga el mínimo AIC es el mejor.

## Resultados y Discusión

### Superficie cosechada de avena forrajera

Se presentan los resultados de las variables que influyen en la oferta de avena forrajera, iniciando la predicción de la variable superficie cosechada. De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 1, el método con el criterio de AIC menor fue el suavizado exponencial doble de Brown, por lo tanto, fue el que se utilizó para estimar el comportamiento de la variable al año 2022.

**Cuadro 1. Modelos aplicados a la variable superficie cosechada.**

Modelo	Criterio AIC
ARIMA	1066.65
ARIMA estacional	1066.65
Suavizado exponencial simple	957.89
<b>Suavizado exponencial doble de Brown</b>	<b>935.01</b>
Suavizado exponencial lineal de Holt	936.68
Suavizado exponencial truncado	958.90
Suavizado exponencial estacional	672.443234 (rezaga 13 datos)
Método de Winters	674.443234 (rezaga 13 datos)

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la variable superficie cosechada, el método con el cual se obtuvo la mejor predicción fue el suavizado exponencial doble de Brown; para este método los límites superior e inferior son de 830,263.13 y 352,080.75 ha, respectivamente (Cuadro 2).

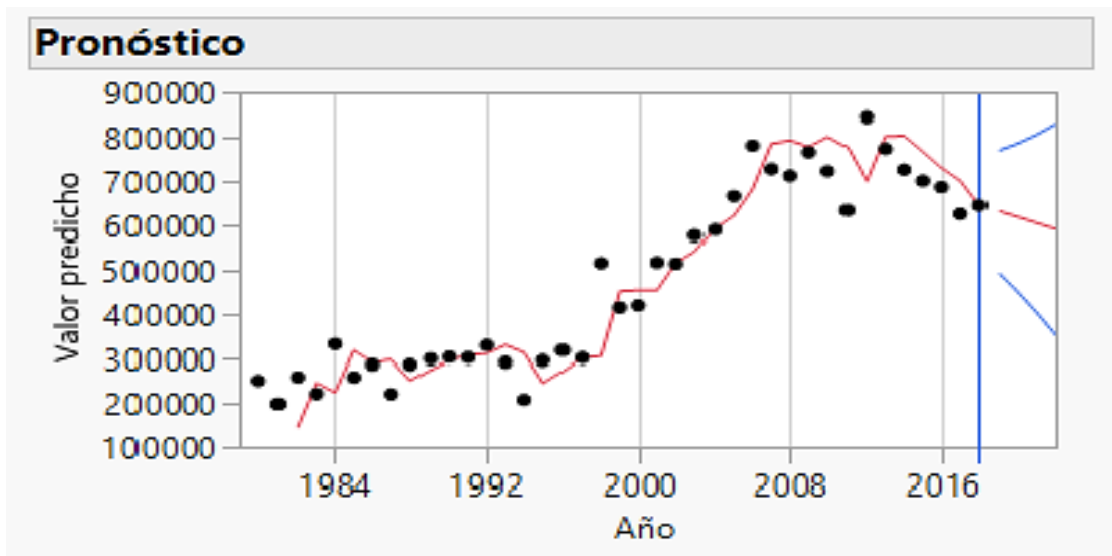
El comportamiento de la superficie cosechada a lo largo del periodo analizado se ha ido incrementando hasta alcanzar su punto máximo en el año 2012 para posteriormente descender y de acuerdo a la predicción, esta tendencia se conservará en el futuro (Figura 1).



**Cuadro 2. Pronóstico de la variable superficie cosechada.**

Superficie Cosechada	Año	Superficie cosechada predicha	Error estándar predicho	Superficie cosechada residual	Límite de control superior (0.95)	Límite de control inferior (0.95)
686,632.67	2016	730,683.4	71,133.3	-44,050.8	870,102.2	591,264.7
625,420.50	2017	701,109.4	71,133.3	-75,688.9	840,528.2	561,690.7
644,982.01	2018	644,820.9	71,133.3	161.2	784,239.6	505,402.1
	2019	631,477.0	71,133.3		770,895.8	492,058.3
	2020	618,042.0	86,114.4		786,823.1	449,260.9
	2021	604,607.0	103,168.1		806,812.8	402,401.2
	2022	591,171.9	121,987.5		830,263.1	352,080.8

Fuente: Elaboración propia con datos de JMP.



**Figura 1. Comportamiento y pronóstico de la variable superficie cosechada.**

### Producción de avena forrajera

Para la predicción de la variable producción se llevó a cabo la aplicación de ocho métodos de series de tiempo y, de acuerdo al criterio AIC, el método más apropiado es el suavizado exponencial doble de Brown o método de Brown (Cuadro 3).



**Cuadro 3. Modelos aplicados a la variable producción.**

Modelo	Criterio AIC
ARIMA	1292.7
ARIMA estacional	1292.7
Suavizado exponencial simple	1185.1
<b>Suavizado exponencial doble de Brown</b>	<b>1158.39869</b>
Suavizado exponencial lineal de Holt	1159.2
Suavizado exponencial truncado	1188.30752
Suavizado exponencial estacional	827.420886 (rezaga 15 datos)
Método de Winters	833.568602 (rezaga 15 datos)

El método con el cual se obtuvo la mejor predicción fue el suavizado exponencial doble de Brown, para este, los límites superior e inferior son 15'379,815.02 y 5'386,610.36 toneladas, respectivamente (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Pronóstico de la variable producción.**

Producción	Año	Producción predicha	Error Estándar predicho	Producción residual	Límite de Control Superior (0.95)	Límite de Control Inferior (0.95)
10,476,493.48	2016	10,101,604.44	1,457,303.60	374,889.0	12,957,867.02	7,245,341.86
9,682,821.31	2017	10,393,529.18	1,457,303.60	-710,707.9	13,249,791.75	7,537,266.60
10,400,872.88	2018	9,971,363.16	1,457,303.60	429,509.7	12,827,625.73	7,115,100.58
	2019	10,260,378.18	1,457,303.60		13,116,640.76	7,404,115.60
	2020	10,301,323.02	1,778,950.54		13,788,002.01	6,814,644.02
	2021	10,342,267.85	2,145,195.28		14,546,773.34	6,137,762.37
	2022	10,383,212.69	2,549,333.75		15,379,815.02	5,386,610.36

Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de la producción a lo largo del periodo analizado se ha ido incrementando, aunque en el año 2011 disminuyó considerablemente por los bajos rendimientos. A pesar de ello, la producción volvió a aumentar y de acuerdo a la predicción, esta tendencia se va a conservar en el futuro, aunque no será un aumento tan considerable (Figura 2).

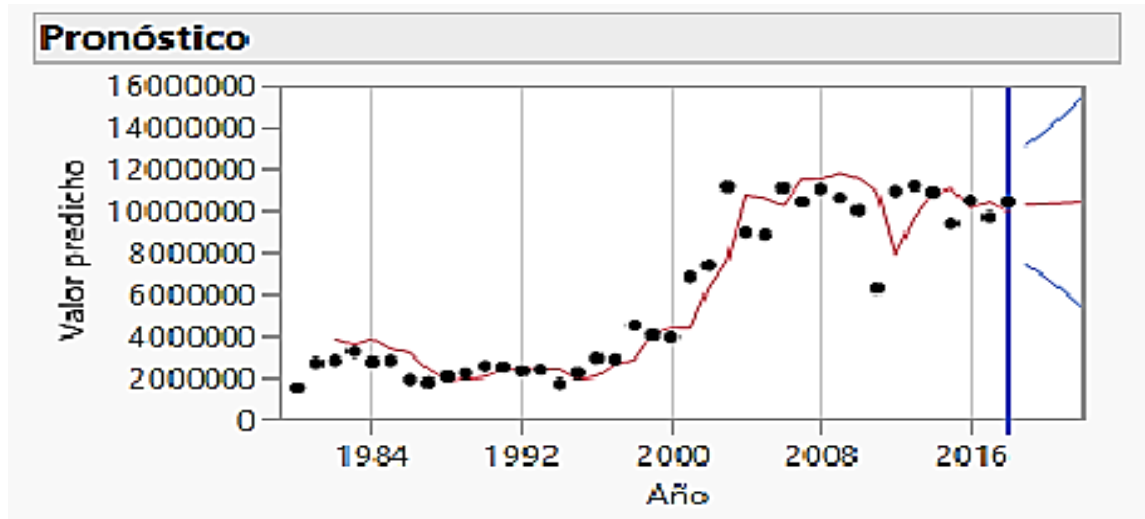


Figura 2. Comportamiento y pronóstico de la variable producción.

### Rendimiento de avena forrajera

Para la variable rendimiento se llevó a cabo la aplicación de ocho métodos de series de tiempo y, de acuerdo al criterio A, el método más apropiado es el suavizado exponencial lineal de Holt o método de Holt (Cuadro 5).

Cuadro 5. Modelos aplicados a la variable rendimiento.

Modelo	Criterio AIC
ARIMA	206.93
ARIMA estacional	206.93
Suavizado exponencial simple	177.99
Suavizado exponencial doble de Brown	177.79
<b>Suavizado exponencial lineal de Holt</b>	<b>177.50</b>
Suavizado exponencial truncado	186.26
Suavizado exponencial estacional	137.04 (rezaga 15 datos)
Método de Winters	139.05 (rezaga 15 datos)

El suavizado exponencial lineal de Holt es el que genera la mejor predicción para la variable rendimiento; los límites superior e inferior son de 23.30 y 9.87 t/ha (Cuadro 6).

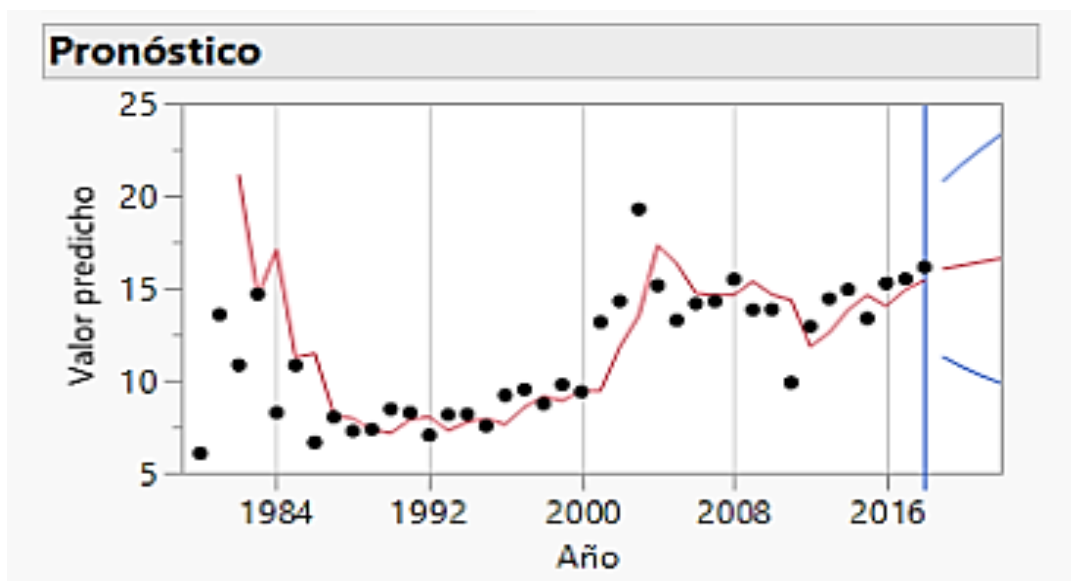
El comportamiento del rendimiento a lo largo del periodo analizado ha tenido un comportamiento irregular como se observa en la Figura 3, durante el periodo de 1985 al 2000, al principio, los rendimientos fueron muy bajos y después de periodo, se incrementaron hasta



lograr un máximo en el año 2003, sin embargo, en los años posteriores disminuyó nuevamente, lo cual indica que este cultivo es muy sensible a las condiciones climáticas (SAGARPA, 2017).

**Cuadro 6. Pronóstico de la variable rendimiento.**

Rendimiento	Año	Rendimiento predicho	Error estándar predicho	Rendimiento residual	Límite de control superior (0.95)	Límite de control inferior (0.95)
15.26	2016			1.23		
15.48	2017			0.56		
16.13	2018			0.71		
	2019	16.03	2.43		20.78	11.27
	2020	16.21	2.80		21.70	10.72
	2021	16.40	3.13		22.53	10.27
	2022	16.59	3.43		23.30	9.87



**Figura 3. Comportamiento y pronóstico de la variable rendimiento.**

### Precio de la avena forrajera

Finalmente, para la variable precio medio rural (PMR) se aplicaron ocho métodos de series de tiempo y, con base al criterio A, el método más apropiado es el suavizado exponencial lineal de Holt o método de Holt (Cuadro 7), para este método los límites superior e inferior son de 824.30 y 386.42 \$/t, respectivamente (Cuadro 8).



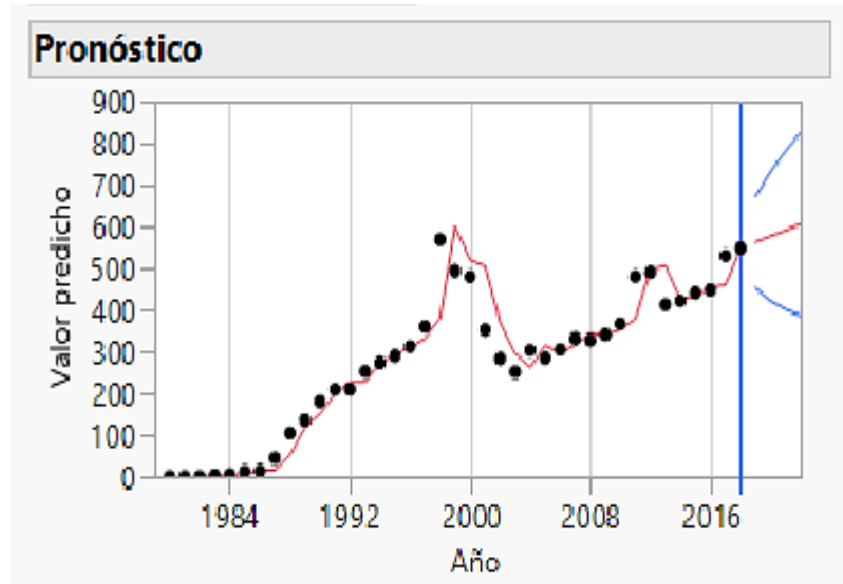
**Cuadro 7. Modelos aplicados a la variable precio medio rural (PMR).**

Modelo	Criterio AIC
ARIMA	514.559173
ARIMA estacional	514.559173
Suavizado exponencial simple	415.085986
Suavizado exponencial doble de Brown	412.526645
<b>Suavizado exponencial lineal de Holt</b>	<b>408.263743</b>
Suavizado exponencial truncado	417.8083422
Suavizado exponencial estacional	299.759905 (rezaga 15 datos)
Método de Winters	301.759905 (rezaga 15 datos)

**Cuadro 8. Pronóstico de la variable precio medio rural (PMR).**

Precio	Año	Precio predicho	Error estándar predicho	Precio residual	Límite de control superior (0.95)	Límite de control inferior (0.95)
447.76	2016	453.36	55.85	-5.60	562.83	343.89
530.23	2017	460.17	55.85	70.06	569.64	350.71
547.79	2018	544.54	55.85	3.25	654.01	435.07
	2019	562.18	55.85		671.65	452.71
	2020	576.58	78.99		731.39	421.76
	2021	590.97	96.74		780.57	401.36
	2022	605.36	111.70		824.30	386.42

El comportamiento del precio medio rural a lo largo del periodo analizado se ha ido incrementando, disminuyó en el periodo del año 1999-2004 y posteriormente volvió a aumentar. De acuerdo a la predicción, ésta tendencia a aumentar se mantendrá a futuro (Figura 4).



**Figura 4. Comportamiento y pronóstico de la variable precio medio rural (PMR).**

## Conclusiones

De acuerdo a las predicciones, la superficie cosechada va a decrecer; sin embargo, las variables de rendimiento, producción y el precio medio rural nominal siguen una tendencia de crecimiento para el periodo 2019-2022. Con respecto a los métodos de series de tiempo, el más apropiado para realizar las predicciones de las variables de superficie cosechada y producción fue el suavizado exponencial doble de Brown o método de Brown ya que tuvo, para ambos casos, el mejor criterio de Akaike y el menor número de datos rezagados. Para las variables rendimiento y precio medio rural, el método más apropiado fue el suavizado exponencial lineal de Holt, el cual presentó el mejor criterio de A y pocos datos rezagados, lo cual lleva a que la predicción resulte ser representativa. Considerando los antecedentes de la avena forrajera y la facilidad de adaptación del cultivo en diferentes zonas productoras del país, puede considerarse a la avena forrajera como un cultivo viable si es que se busca invertir en su producción, principalmente porque su precio va en crecimiento y el cultivo tiene un buen mercado en los primeros meses del año, debido a la baja producción de otros forrajes que son sustituidos con avena forrajera.



## Literatura Citada

- Barreras, S. A., E. Sánchez L., F. Figueroa S., J. A. Olivas V., C. Pérez L. 2014. Uso de un modelo univariado de series de tiempo para la predicción, en el corto plazo, del comportamiento de la producción de carne de bovino en Baja California, México. Número especial. Vet. Méx., pp. 1-9.
- Espitia, R.E., H. E. Villaseñor M., R. Tovar G., M. De la O O. y A. Limón O. 2012. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. Rev. Mexicana Cienc. Agric. 3(41) 1 de julio - 31 de agosto, pp. 771-783.
- Fernández, S. D. 2013. Series temporales. Consultado en:  
<http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/SERIES-TEMPORALES/alisado.pdf>
- Gil, G. H. 2014. Impacto del sistema de labranza y disponibilidad de nitrógeno en el rendimiento y calidad nutricional de la avena forrajera. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. 76 p.
- Rural, F. 2010. Monografía de la Avena y Semilla de Avena para siembra. Obtenido de <http://www.financierarural.gob.mx>
- SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Obtenido de [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B\\_sico-Avena.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-Avena.pdf).
- SIAP. 2018. Producción agrícola. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es>
- SIAP. 2021. Producción agrícola. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es>
- Sánchez L. E., A. Barreras S., C. Pérez L., F. Figueroa S. y J. A. Olivas V. 2013. Aplicación de un modelo ARIMA para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16(3):315-324.
- Sánchez G. R. A., H. Gutiérrez B., A. Serna P., R. Gutiérrez L. y A. Espinoza C. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Rev Mex Cien Pecu. Vol. 5(2), abril-junio, pp.131-142.





## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LEPTOSPIROSIS EN TRES REGIONES PRODUCTORAS DE OVEJAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Blanca Lilia Gabriel Véjar<sup>1</sup>, David Itzcoatl Martínez Herrera<sup>1\*</sup>, Dinora Vázquez Luna<sup>2</sup>, José Alfredo Villagómez Cortés<sup>1</sup>, Otto Raúl Leyva Ovalle<sup>3</sup> y Jorge Isaac Torres Barranca<sup>4</sup>

### Resumen

La leptospirosis es una zoonosis producida por bacterias del género *Leptospira*, adquirida por contacto con orina contaminada. Esta enfermedad afecta los índices productivos y reproductivos en ovejas; sin embargo, a pesar de que Veracruz es el tercer estado con mayor producción de borregos en México, se desconoce la distribución de las leptospiras en esta especie de las regiones productoras del estado; entonces, el objetivo de este trabajo fue ubicar las unidades de producción (UP) dentro de los municipios donde se encuentran ovejas seropositivas a *Leptospira* spp. dentro de las regiones Totonacapan, Capital y Los Tuxtlas para delimitar las áreas de riesgo y poder evitar la diseminación del agente infeccioso. El estudio fue epidemiológico transversal, donde se incluyeron 405 ovejas de 55 UP estimadas por conglomerados. La distribución espacial de éstas fue georreferenciada por coordenadas registradas como Universal Transverse Mercator (UTM) con un margen de error de  $\pm 3$  m, y los mapas de distribución espacial se elaboraron con QGIS 3.8.2. Se obtuvieron dos mapas coropléticos, el primero de distribución de las seroprevalencias por municipio en escala de grises, donde el tono más intenso fue para el municipio de Ángel R. Cabada con la seroprevalencia más alta y el tono más tenue para Papantla, con la menor seroprevalencia de leptospirosis ovina; el segundo, un mapa puntual que identifica la distribución de cada UP representada con puntos color rojo para las positivas y puntos color verde para las negativas, además, a cada una se le determinó un área buffer para delimitar la distancia que recorren los borregos al ser pastoreados y observar el posible contacto entre animales pertenecientes a

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Veracruz, Ver.

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana, Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversidad (CEIABio). Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Acayucan, Ver.

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Peñuela, Ver.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma Unidad Metropolitana Xochimilco, Laboratorio de Leptospira y leptospirosis. Ciudad de México.

\*[dmartinez@uv.mx](mailto:dmartinez@uv.mx)



otros municipios y UP que se pueden afectar. Se concluye que la leptospirosis ovina se encuentra distribuida en los municipios de las tres regiones de estudio del estado de Veracruz, y con los mapas como herramienta de apoyo se pueden establecer programas de vigilancia epidemiológica para evitar la diseminación de *Leptospira* spp.

**Palabras clave:** *Leptospira* spp., ovinos, zonas focales, regiones

## Introducción

La leptospirosis es una zoonosis causada por espiroquetas del género *Leptospira*, la cual se encuentra presente en diversos entornos epidemiológicos que afectan a poblaciones vulnerables. Tiene una amplia distribución a nivel mundial; sin embargo, es endémica en regiones tropicales y subtropicales, incluida América Latina (Bashiru & Bahaman *et al.*, 2018). Los animales están expuestos a *Leptospira* spp. patógenas que se pudieran encontrar en el ambiente (Andre-Fontain *et al.*, 2015). En las ovejas causa problemas reproductivos, muerte en corderos y disminución en la producción, donde la serovariedad Hardjo es la más frecuente vinculada con estos problemas, por tratarse de la serovariedad más común en grandes y pequeños rumiantes a nivel mundial (Bautista *et al.*, 2014). Para conocer cómo se distribuye la leptospirosis en las regiones afectadas, es necesario realizar el análisis geoespacial, para comprender la propagación de la infección. Por lo tanto, la justificación de este trabajo es ubicar las UP dentro de los municipios en los que se puede encontrar *Leptospira* spp. dentro de las regiones Totonacapan, Capital y Los Tuxtlas, y delimitar las áreas de riesgo de las UP con animales seropositivos para evitar la diseminación del agente infeccioso con apoyo de acciones continuas y permanentes de vigilancia epidemiológica.

## Materiales y Métodos

El estudio fue epidemiológico transversal, se realizó en ovejas seropositivas que pertenecen a UP de 13 municipios productores de ovinos de tres regiones del estado de Veracruz:



Coatzintla, Gutiérrez Zamora, Papantla y Tihuatlán en la Totonaca; Altotonga, Ayahualulco, Emiliano Zapata, Jalacingo y Perote en la Capital, y Ángel R. Cabada, Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla y Catemaco en la de Los Tuxtlas. El número de unidades de producción se calculó por conglomerados de acuerdo con la tabla de valores propuesta por Cannon y Roe (1982), así se obtuvieron cinco UP por municipio y seis ovinos en cada una de ellas para un total de 55 UP. Los datos serológicos fueron obtenidos por Gabriel-Vejar *et al.* (2019) de 405 muestras sanguíneas de ovinos para obtener las seroprevalencias por la prueba de microaglutinación (MAT), y con ello se determinó la seropositividad de los borregos en las UP. Para la distribución potencial de las UP, se georreferenció con un dispositivo GPS 60 marca Garmin® con un margen de error de  $\pm 3$  m, las coordenadas se registraron como UTM (Universal Transverse Mercator) y para la construcción de los mapas de distribución se utilizó el programa QGis 3.8.2. Se elaboraron dos mapas coropléticos, el primero de distribución de las seroprevalencias obtenidas en los 13 municipios (Gabriel-Vejar *et al.*, 2019) en escala de grises y el segundo mapa puntual de cada UP positiva y negativa representadas con puntos color rojo y verde respectivamente y se determinó el área buffer (9 km) para cada una de ellas.

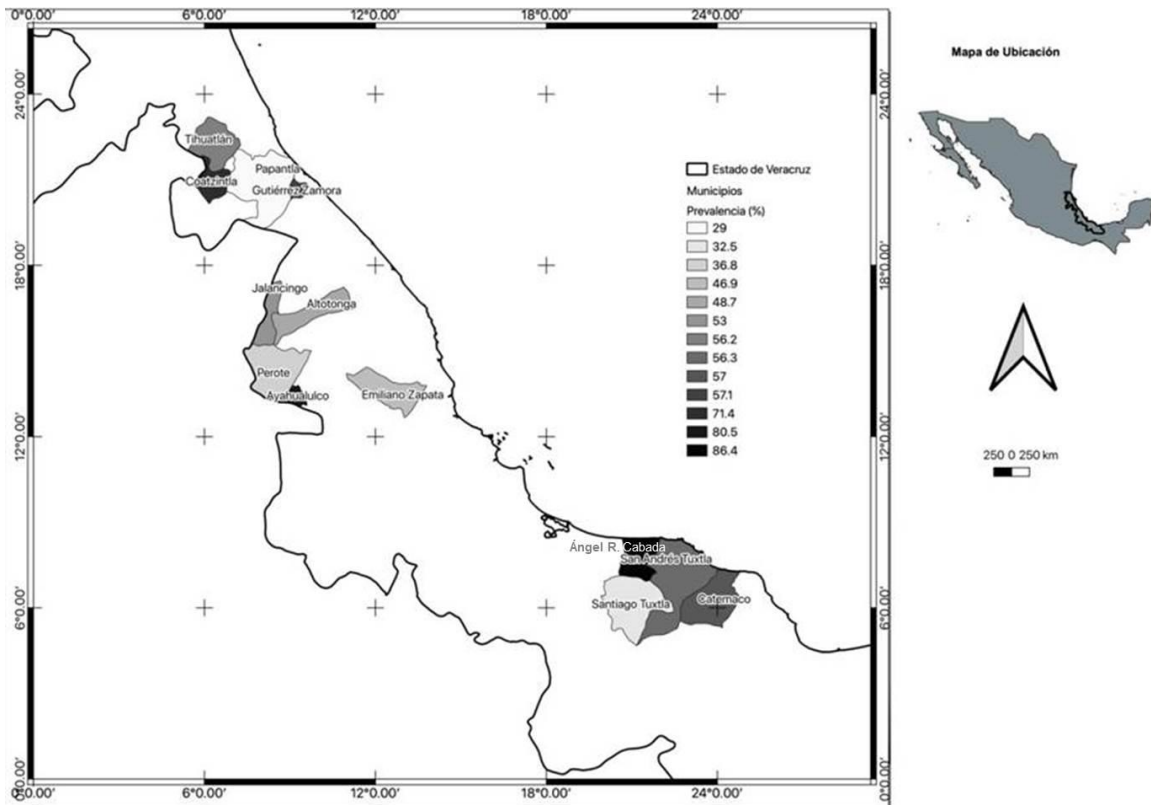
## Resultados y Discusión

La leptospirosis en los ovinos tiene una amplia distribución en los 13 municipios de estudio (Figura 1), con una mayor seroprevalencia en el municipio de Ángel R. Cabada con 86.4% y la menor en el municipio de Papantla con 29.0% (Gabriel-Vejar *et al.*, 2019).

Existen diferentes condiciones que favorecen la presencia de microorganismos en un área determinada, en especial las condiciones climáticas, así como la alta concentración de animales, ya sea de especies silvestres o domésticas y de humanos (Yañez-Arenas *et al.*, 2014), como ocurre en la leptospirosis. Además, la leptospirosis cuenta con diversas rutas de exposición y hospederos; sin embargo, su patrón de transmisión varía según el área donde ocurra (Villagómez-Cortés *et al.*, 2015), que puede asociarse con prácticas agroecológicas y con la cría de ganado bovino como de ovejas lecheras (Balamurugan *et al.*, 2017) y a prácticas de cultivo que cuentan con riego o áreas de cultivo y cosecha de arroz (Schelotto *et al.*, 2012), características propias de algunos de los municipios de Veracruz, sin embargo, en las tres



regiones de Veracruz se realizan actividades de agricultura y cría de ganado de diversas especies animales que funcionan como hospederos de las leptospirosis; por ejemplo, en la Región Totonaca más del 88.9%, esto es 3,808 km<sup>2</sup> de su territorio se destinan a actividades agropecuarias como pastizal y agricultura (PVD, 2011a), la de Capital destina 68.8% (3,663 km<sup>2</sup>) a estas actividades (PVD, 2011b) y la de Los Tuxtlas el 84.0% (2477 km<sup>2</sup>) (PDV, 2011c).



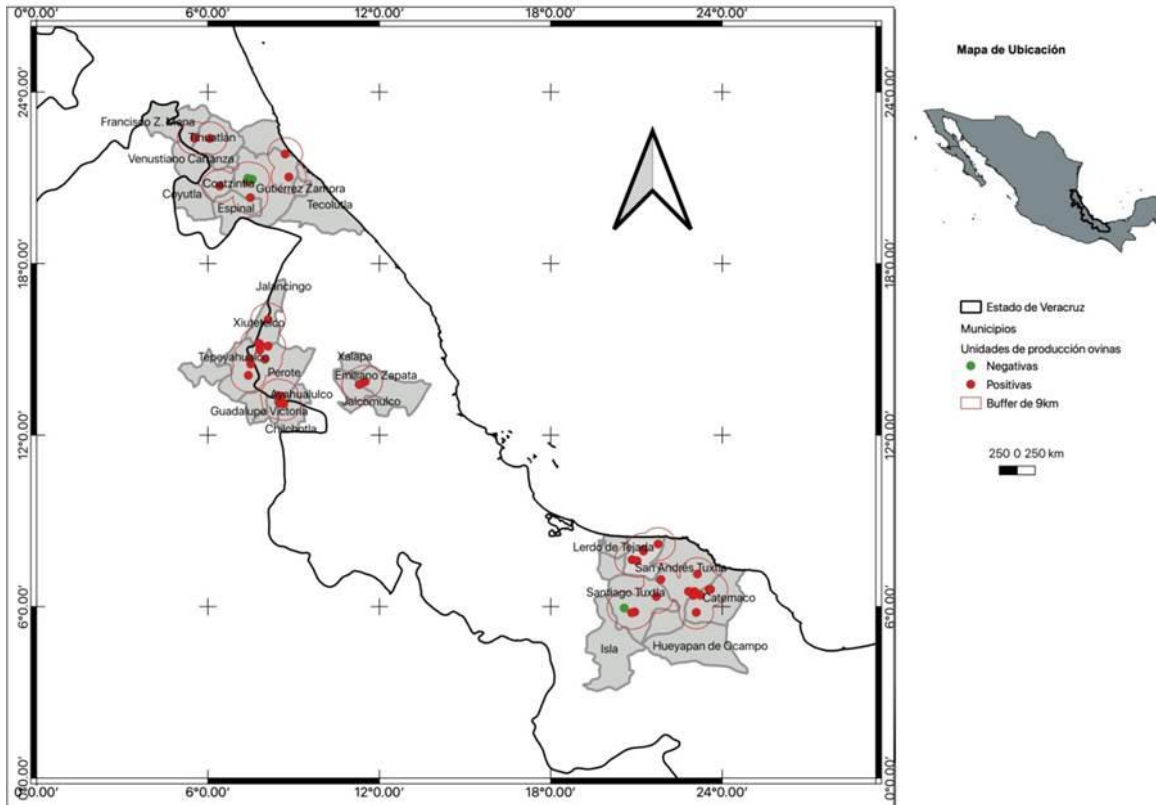
**Figura 1. Distribución de la seroprevalencia de leptospirosis en escala de grises de los principales municipios productores de ovinos del Estado de Veracruz.**

Estas condiciones de uso de suelo en Veracruz pueden ser un indicador en la presencia de leptospirosis. Por otro lado, Baquero y Machado (2018), mencionan que la sobrevivencia de la bacteria se encuentra en un rango de temperatura de 4 a 40°C, que apoya los resultados obtenidos en este trabajo, porque las temperaturas de los 13 municipios de estudio van desde temperaturas frías a muy cálidas; las regiones de Totonacapan y Los Tuxtlas, cuentan con temperaturas cálidas y la de Capital con municipios de temperaturas templadas subhúmedas



a húmedas y frías (INEGI, 2021), características que pueden ser condicionantes para que se presente esta distribución de la leptospirosis en el estado de Veracruz.

En 52 de las 55 UP ovinas que se muestrearon, se encontraron borregos seropositivos al menos a una serovariedad de *Leptospira* y sólo en tres de ellas, que pertenecen, dos a Papantla y una a Santiago Tuxtla, los animales seleccionados resultaron negativos (Figura 2).



**Figura 2. Distribución de las unidades de producción ovina seropositivas y seronegativas a leptospirosis y sus áreas de influencia de 9 km en el Estado de Veracruz.**

Además las áreas buffer de 9 km, distancia máxima que recorren los ovinos en busca de alimento (Rojas *et al.*, 2006), demuestran la extensión del área focal hasta donde podrían presentarse casos de leptospirosis, debido a la interacción entre los borregos y otras especies susceptibles presentes en áreas colindantes, que no se incorporaron en el estudio; además, esta observación se fortalece si se considera el tipo de sistema de producción ovina más frecuente de la zona en las UP de esta investigación que corresponde al semi-intensivo, en el que los animales se suplementan en corral, pero se sacan a pastorear en áreas comunes



(Machado *et al.*, 2016), condición que favorece el riesgo por la diseminación de la bacteria hacia otras especies animales incluido el humano a través de la orina de los animales infectados que contamina los pastizales y las fuentes de agua (Brinker y Blazes, 2017).

## **Conclusiones**

La leptospirosis tiene una amplia distribución en los ovinos de los municipios de las regiones Totonaca, Centro y de los Tuxtla del estado de Veracruz. Se determinaron las UP negativas y positivas a leptospirosis de los 13 municipios de estudio, cada una con sus respectivas áreas buffer y se delimitó la distancia que recorren los borregos para analizar la posible interacción entre animales seropositivos con UP y municipios colindantes que pudiesen estar o no afectados por las leptospiras.

## **Agradecimientos**

Se agradece al Sistema Producto Ovino Veracruzano y a FUNPROVER por el apoyo otorgado al proyecto “Estudio integral de los principales agentes etiológicos que afectan la producción de los pequeños rumiantes”, con clave 30-2009-0869 bajo la dirección técnica del Dr. David Itzcoatl Martínez Herrera. A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana por las instalaciones facilitadas para la realización del trabajo. Al Dr. Daniel Alejandro Lara Rodríguez de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, de la Universidad Veracruzana, por las enseñanzas para la realización de los mapas.



## Literatura Citada

- Andre-Fontaine, G., F. Aviat and C. Thorin. 2015. Waterborne leptospirosis: survival and preservation of the virulence of pathogenic *Leptospira* spp. in fresh water. *Curr. Microbiol.* 71:136–142.
- Balamurugan, V., S. Veena, S. Thirumalesh, A. Alamuri, R. Sridevi, Sengupta, *et al.* 2017. Distribution of serogroup specific antibodies against leptospirosis in livestock in Odisha. *Indian J Anim Sci.* 87:546-551.
- Baquero, O. S. and G. Machado. 2018. Spatiotemporal dynamics and risk factors for human leptospirosis in Brazil. *Sci. Rep.* 8:15170.
- Bashiru, G. and R. Bahaman A. 2018. Advances & challenges in leptospiral vaccine development. *Indian J Med Res.* 147(1):15-22.
- Bautista, R. L., F. Suárez, A. y W. Huanca, L. 2014. Seroprevalencia de leptospirosis en ovinos de dos ganaderías de Puno, Perú. *Rev Inv Vet Perú;* 25(2): 324-328.
- Brinker, A. and D. Blazes L. 2017. An outbreak of leptospirosis among United States military personnel in Guam. *Trop. Dis. Travel Med. Vaccines.* 3(1). Article number: 16.
- Canon, R. M and T. Roe, R. 1982. *Livestock diseases surveys: a field manual for veterinarians.* Bureau of Animal Health. Canberra, Australia. 35 p.
- Gabriel-Véjar, B.L., Martínez Herrera, D.I. Vázquez Luna, D., Villagómez Cortés, J.A. Torres-Barranca, J.I., Leyva-Ovalle O. & Meléndez-Valadez, P. 2019. Seroprevalencia de leptospirosis ovina en el estado de Veracruz. En: 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-2019.* INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM, Noviembre 2019. Medellín, Ver. pp. 988-998.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Información por entidad. Veracruz de Ignacio de la Llave. *Clima.* [inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30](http://inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30) [Consultado el 15 de julio de 2021].
- Machado, A. C., J. M. Oliveira. B., J. Silva Júnior, L., N. Assis, A., D. Brandespim, F., L. A. Mathias. *et al.* 2016. Epidemiologic analysis of *Leptospira* spp. infection among sheep in Pernambuco state, Brazil. *Arq Inst Biol.* 83:1-7.



- PDV (Plan de Desarrollo Veracruzano). 2011a. Región Totonaca. Xalapa, Veracruz: Gobierno del Estado de Veracruz. <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/tf07-er-07-totonaca-reg.pdf> [Consultado el 15 de julio de 2021].
- PDV (Plan de Desarrollo Veracruzano). 2011b. Región Capital. Xalapa, Veracruz: Gobierno del Estado de Veracruz. <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/tf07-er-07-capital-reg.pdf> [Consultado el 15 de julio de 2021].
- PDV (Plan de Desarrollo Veracruzano). 2011c. Región Los Tuxtlas. Xalapa, Veracruz: Gobierno del Estado de Veracruz. <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/tf07-er-07-tuxtlas-reg.pdf> [Consultado el 15 de julio de 2021].
- Rojas, R. Q., Q. R. Bores, M. J. Urutia, O. Murguía, L. Beltran. 2006. Prácticas de manejo en ovinos de la Huasteca. Folleto técnico No. 27. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí. México. 98 p.
- Schelotto, F., Hernández, E., González, S., del Monte, A., Ifran, S., Flores, K., *et al.*, 2012. A ten-year follow-up of human leptospirosis in Uruguay: an unresolved health problem. *Rev. Inst. Med. Trop.* 54(2):69-75.
- Villagómez-Cortés, J. A., Martínez-Herrera, D. I., and Olivares-Suárez, A. L. 2015. Epidemiology of human leptospirosis in the central region of Veracruz, Mexico. *Annu. Res. Rev. Biol.* 5:132-138.
- Yañez-Arenas, C, Peterson. A. T, Mokondoko P., Rojas-Soto O and Enrique Martínez-Meyer. 2014. The use of ecological niche modeling to infer potential risk areas of snakebite in the Mexican state of Veracruz. *PLoS ONE* 9(6): e100957.





## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Mycobacterium avium paratuberculosis* EN TRES REGIONES OVINOCULTORAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Rebeca Isabel Vergara Reyes<sup>1</sup>, David Itzcoatl Martínez Herrera<sup>2\*</sup>, Mauricio Luna Rodríguez<sup>1</sup>, Argel Flores Primo<sup>2</sup>, Guillermo Mendoza Cervantes<sup>3</sup>, Wendy Sangabriel Conde<sup>3</sup> y José Alfredo Villagómez Cortés<sup>2</sup>

### Resumen

*Mycobacterium avium paratuberculosis* (MAP) es el agente causal de la paratuberculosis, enteritis crónica granulomatosa que afecta a rumiantes domésticos (bovinos, ovinos y caprinos), además de algunas especies silvestres. La principal ruta de contagio es la fecal-oral y ocasiona pérdidas productivas y económicas considerables. El objetivo de este estudio fue estimar la distribución geográfica de MAP con base en la evidencia de exposición a través de un análisis serológico en unidades de producción (UP) ovina localizadas en tres regiones del estado de Veracruz. Se desarrolló un estudio observacional-transversal en el que se consideraron UP distribuidas en 13 municipios donde se practica la ovinocultura bajo diferentes condiciones de producción. Se elaboraron dos mapas coropléticos, uno de distribución y otro puntual con el programa QGis 3.16 en el que se identificaron las coordenadas en Universal Transvers Mercator (UTM) de UP con ovinos seropositivos. Además, se graficaron áreas de buffer para representar la distancia que pueden recorrer los animales en sistemas de producción extensivo y estimar la distribución potencial del agente. Los municipios identificados con UP afectadas fueron Tihuatlán, Jalacingo y San Andrés Tuxtla que se localizan a una distancia considerable entre cada uno y, además, presentan condiciones ambientales distintas. Esto confirma la capacidad del agente para mantenerse bajo entornos con características diferentes. También, con base en las áreas donde se alimentan los borregos en los sistemas de pastoreo extensivo (Jalacingo y San Andrés Tuxtla), es probable que el patógeno haya sido esparcido a otros municipios por medio de las heces. En este

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Micología Aplicada, Universidad Veracruzana.

\*[dmartinez@uv.mx](mailto:dmartinez@uv.mx)



sentido, fauna silvestre como venados y mapaches, pueden infectarse e incrementar la diseminación de MAP. En conclusión, los resultados sugieren distribución de MAP en las tres regiones del estado de Veracruz e indican un problema insidioso dentro de los rebaños, que implica pérdidas productivas, económicas y desventaja comercial para los ovinocultores.

**Palabras clave:** epidemiología, ovinos, pastoreo

## Introducción

La paratuberculosis ovina es causada por el bacilo intracelular facultativo *Mycobacterium avium paratuberculosis* (MAP). La principal ruta de diseminación del agente es la fecal-oral, aunque también puede ser adquirido a través del calostro o leche. MAP genera una infección de curso crónico en rumiantes que genera un síndrome de mala absorción alimentaria y origina importantes pérdidas económicas, por lo que diferentes países han implementado programas para identificar y controlar a los rebaños afectados (Whittington *et al.*, 2019). No obstante, la información epidemiológica en países de Latinoamérica como México es escasa y se desconoce tanto la distribución, como el impacto real de MAP en estas regiones (Espeschit *et al.*, 2017). Por lo tanto, en estos países no existen programas epidemiológicos para identificar a los rebaños afectados y controlar la dispersión del agente. Desde 2014, la producción ovina en Veracruz va en aumento y, en la actualidad, se posiciona como el tercer estado con mayor producción de cabezas de este tipo de ganado (SIAP, 2018). Sin embargo, muchos de los productores utilizan sistemas de producción extensivos, que se caracterizan por falta de asesoría técnica y veterinaria, nula o escasa tecnología y medidas precarias de bioseguridad que contribuyen a la presentación y diseminación de agentes patógenos como MAP que puede interferir con las pruebas diagnósticas como la de tuberculina que se aplica a los bovinos. Además, la alimentación de los ovinos en estos sistemas se basa en el consumo de vegetación local a través del libre pastoreo transhumante o rotacional (Hernández *et al.*, 2011). Debido a que la ruta principal de contagio de MAP es a través de las heces de animales infectados, estos representan un riesgo potencial de infección para otros animales del rebaño, así como para especies susceptibles con capacidad de adquirir y diseminar al patógeno. En este sentido,



además de ser identificado en rumiantes domésticos, MAP ha sido descrito en especies como nutrias (Matos *et al.*, 2013), venados (Palmer *et al.*, 2019), coyotes y zorros (Cuhna *et al.*, 2020). Entonces, la fauna silvestre también tiene la capacidad para ampliar la distribución de MAP hacia otros municipios y regiones. Asimismo, la entidad veracruzana se caracteriza por poseer una vasta biodiversidad de animales salvajes, entre los que se encuentran zorros, mapaches y venados (González-Christen y Delfín-Alonso, 2016), además de ser el estado con el mayor inventario de bovinos en México que son muy susceptibles a este agente. Por lo tanto, estas especies son capaces de contraer y transportar a MAP e infectar a otros animales en las áreas hacia donde se movilizan. Debido a que la ovinocultura constituye una oportunidad de soberanía alimentaria para los sectores sociales menos favorecidos en Veracruz, al tiempo que es una actividad pecuaria rentable (Hernández-Marín *et al.*, 2017), el reconocer y controlar agentes patógenos como MAP es fundamental para impulsar la producción ovina en la entidad veracruzana y evitar también que otros rumiantes de infecten.

## **Materiales y Métodos**

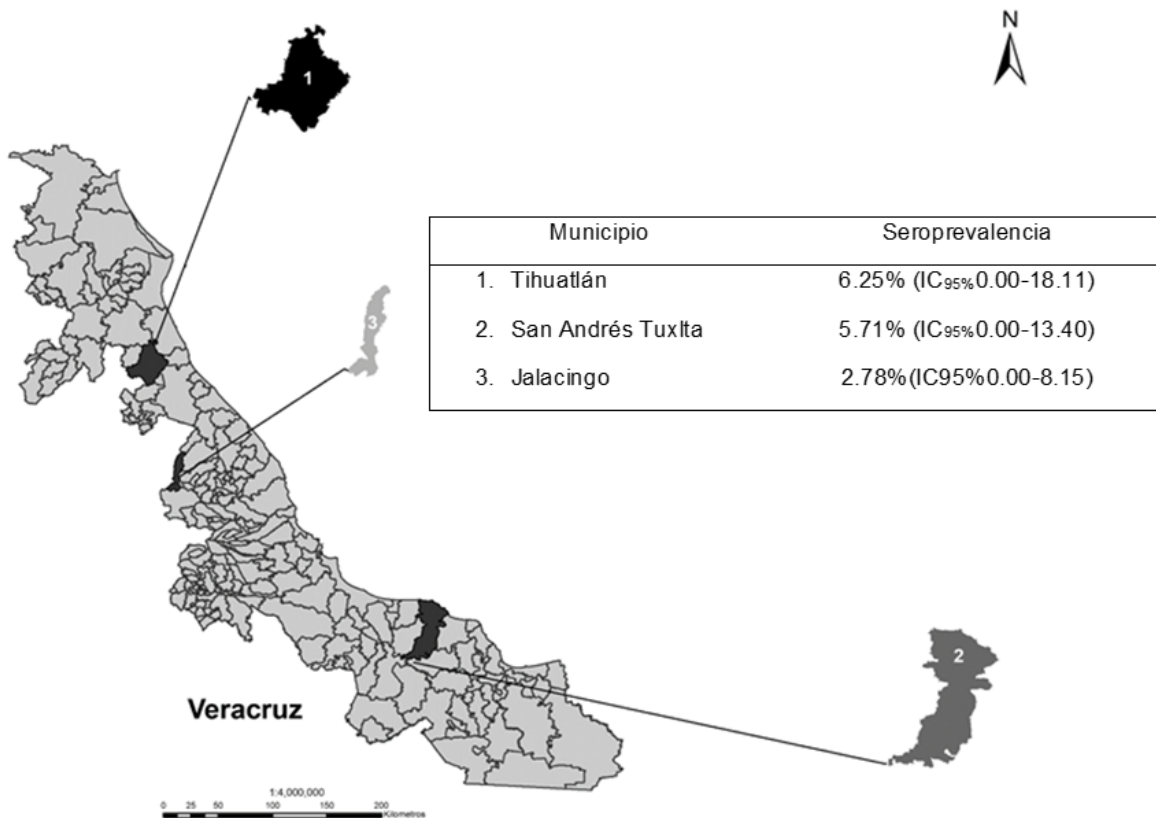
El estudio se realizó en el estado de Veracruz y fue observacional-transversal. Se incluyeron 55 UP ovinas distribuidas en 13 municipios de las regiones Totonacapan, Capital y Tuxtlas. De la región del Totonacapan (norte) se incluyeron los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Tihuatlán y Coatzintla; de la región de Capital (centro), comprendió los municipios de Altotonga, Jalacingo, Perote, Ayahualulco y Emiliano Zapata; y de la región de Los Tuxtlas (Sur), que se seleccionaron los municipios de Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla, Catemaco y Ángel R. Cabada. Las coordenadas de localización de las UP de ovinos considerados en el estudio se identificaron en UTM (+/- 5 metros de error), registradas con un dispositivo de posicionamiento global (GPS) de la marca Garmin® y la información epidemiológica fue recabada en una base de datos. Además, se utilizaron los resultados serológicos obtenidos de manera previa por Vergara *et al.* (2019), en los cuales se obtuvieron muestras sanguíneas de ovinos de 3 a 48 meses en las UP, para determinar las seroprevalencias, a través de un kit comercial de ensayo inmunoenzimático (ELISA) indirecto. De este modo, se estableció la ubicación de las unidades de producción, municipio y región con animales seropositivos con



anticuerpos contra MAP. Esta información se utilizó para elaborar dos mapas coropléticos, uno de distribución y otro puntual con el programa QGis versión 3.16. Asimismo, se delimitaron áreas de buffer alrededor de las UP con los animales seropositivos para estimar la distribución potencial de MAP con base en la distancia que los animales recorren al pastorear en busca de alimento en los sistemas de producción extensivos.

## Resultados y Discusión

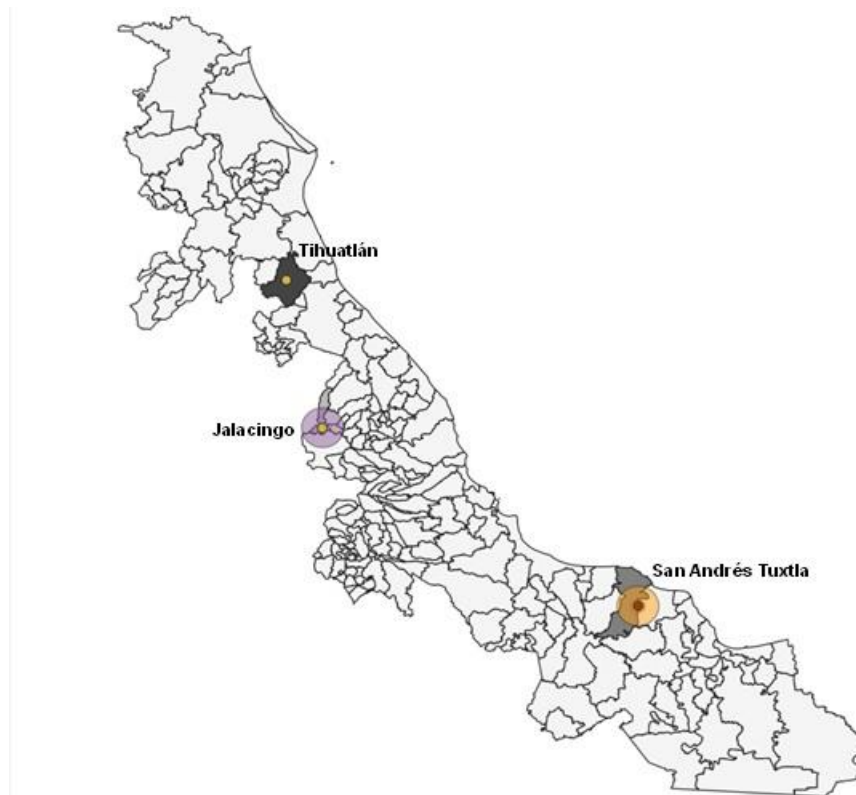
Se identificaron animales expuestos a MAP al norte (Tehuacán), en la zona centro (Jalisco), y en el sur (San Andrés Tuxtla) del estado de Veracruz (Figura 1). Estos municipios se localizan cada uno en tres regiones diferentes de los 13 considerados en el estudio: Totonacapan, Capital y Tuxtlas, con diferentes seroprevalencias.



**Figura 1. Distribución de los municipios donde se identificaron ovinos seropositivos a MAP en el estado de Veracruz.**



Los municipios que se identificaron en el mapa coroplético de distribución en escala de grises, donde el color más intenso señala al que presentó la seroprevalencia más alta, y el más tenue al de menor. Así, el municipio de Tihuatlán fue el de mayor seroprevalencia y la UP afectada practica la ovinocultura en un sistema intensivo donde los animales permanecen confinados en corrales durante toda su vida productiva. En este sentido, se ha señalado que los rumiantes infectados son responsables de mantener a MAP en los rebaños porque se mantienen largos lapsos dentro de las instalaciones (Guzmán *et al.*, 2016). Además, la mayoría de los ovinos afectados presentan el cuadro subclínico de MAP (Bhat *et al.*, 2020); entonces, con base en los anterior, los ovinos confinados que no son identificados como portadores, eliminan al agente a través de las heces de manera intermitente y pueden contagiar a otros integrantes del rebaño. Por otro lado, en las UP de las regiones Tuxtlas y Capital los sistemas de producción ovina se desarrollan en pastoreo extensivo, por lo que se construyó un mapa coroplético puntal que incluyó la zona de buffer en función de la distancia (6-9 km diarios) que los ovinos recorren para alimentarse (Figura 2).



**Figura 2. Localización de las unidades de producción con borregos seropositivos a MAP y áreas de distribución potencial en los sistemas de pastoreo extensivo.**



Las UP situadas en Jalacingo y San Andrés Tuxtla pertenecen a sistemas de producción con manejo extensivo. En este sentido, se sabe que la mayoría de las UP ovinas en México se desarrollan bajo sistemas extensivos en los que la alimentación de los ovinos se basa en el pastoreo común y sin vigilancia de las superficies donde esto ocurre, que puede incluir otros municipios y hasta estados como se observa en la Figura 2, y donde el uso de tecnología y medidas zoonosanitarias son escasas o nulas (Martínez-González *et al.*, 2017). Además, los ovinos recorren amplias áreas de praderas en busca de su alimento (Cháirez *et al.*, 2013). Así, al no identificarse a los animales afectados dentro de los rebaños, y a que los ovinos defecan de manera libre en las áreas donde pastorean, MAP puede ser eliminado y contaminar vegetación y agua donde también se alimentan otros animales domésticos. Además, en estos sitios existe diversidad de animales salvajes, los cuales pudieran transportar al agente (Florou *et al.*, 2008; Hutchings *et al.*, 2010) a otras UP, municipios y hasta regiones o estados. Así, la región de los Tuxtlas posee una biodiversidad extensa en donde cohabitan animales como tlacuaches, cérvidos y lagomorfos (Christen y Coates, 2019), y la de Capital colinda con el municipio de Tepeyehualco, Pue., y otros municipios del estado de Veracruz, donde, además, coexisten otras especies susceptibles al patógeno (como son bovinos y caprinos). Al considerar que MAP ha sido identificado en estas especies, además de que los sistemas de producción de esta región son extensivos, la distribución del agente puede ser mayor y constituir un problema de salud animal, que implica disminución en la producción que pasa desapercibida en la entidad.

Por último, es importante considerar que las actividades pecuarias tienen un impacto socioeconómico importante en México (Martínez-González *et al.*, 2017), en donde la producción ovina va en aumento y así, representa una oportunidad rentable para los ovinocultores. No obstante, es necesario fortalecer la producción e impulsar programas enfocados al incremento de esta (García *et al.*, 2015). Sin embargo, es fundamental mejorar el nivel productivo y nutricional de los ovinos, además de identificar amenazas como MAP, que disminuyan el rendimiento de esta especie, así como la implementación de medidas de bioseguridad que sirvan para contener la infección.



## Conclusiones

1. Hay distribución de MAP en municipios de diferentes regiones y condiciones ambientales del estado de Veracruz.
2. MAP representa una amenaza desapercibida para la producción ovina en el estado de Veracruz.

## Agradecimientos

A la Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER) por el financiamiento con el proyecto 'Estudio integral de los principales agentes etiológicos que afectan a los pequeños rumiantes' código 30-2009-0986, bajo responsabilidad del Dr. David Itzcoatl Martínez Herrera.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

A los productores por la disposición para desarrollar el proyecto.

## Literatura Citada

- Bhat, A. M., Malik, H., Mir, M. S., Chaubey, K. K., y Singh, S. V. 2020. Cross-sectional study on seroprevalence and risk factor analysis of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in Kashmir Merino sheep flocks of Central Kashmir valley, India. *Small Ruminant Research*.193: 106266.
- Cháirez, F. E., y Ruiz, W. G. 2013. Los sistemas de producción de rumiantes menores en México y sus limitantes productivas. *La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica*, 95.
- Christen, A. G., y Coates, R. 2019. Los mamíferos no voladores de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 90(1), 1-15.
- Cunha, M. V., Rosalino, L. M., Leão, C., Bandeira, V., Fonseca, C., Botelho, A., y Reis, A. C. 2020. Ecological drivers of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis detection in mongoose (*Herpestes ichneumon*) using IS 900 as proxy. *Scientific reports*, 10(1), 1-14.



- Espescht, I. F., Schwarz, D. G. G., Faria, A. C. S., Souza, M. C. C., Paolicchi, F. A., Juste, R. A., y Moreira, M. A. S. 2017. Paratuberculosis in Latin America: a systematic review. *Tropical Animal Health and Production*, 49(8), 1557-1576.
- Florou, M., Leontides, L., Kostoulas, P., Billinis, C., Sofia, M., Kyriazakis, I., y Lykotrafitis, F. 2008. Isolation of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis from non-ruminant wildlife living in the sheds and on the pastures of Greek sheep and goats. *Epidemiology & Infection*, 136(5), 644-652.
- García, J. A. E., Valiente, J. Q., López, G. M., Hernández, J. O., Zurita, L. G., y Alatorre, A. C. B. 2015. Prospección tecnológica y estrategias de innovación para producción ovina en Tabasco, México. *Revista Científica*, 25(2), 107-115.
- González-Christen, A. y C. A. Delfín-Alfonso. 2016. Los mamíferos terrestres de Veracruz, México y su protección. Pp. 499-534. *In: Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal* (Briones-Salas, M., Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas y J. E. Sosa-Escalante, eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.
- Guzmán, R. C. C., Santillán, F. M. A. y Córdova, L.D. 2016. Prevalence and possible risk factors for caprine paratuberculosis in intensive dairy production units in Guanajuato, México. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 8(11), 156-162.
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., y Gallegos-Sánchez, J. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*, 10(3), 87-93.
- Hernández, P. P., Arroniz, J. V., Molina, H. C., Martínez, B. C., Rivera, P. D., y Ortiz, S. L. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica*, 21(4), 327-334.
- Hutchings, M. R., Stevenson, K., Greig, A., Davidson, R., Marion, G., y Judge, J. 2010. Infection of non-ruminant wildlife by *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis. p. 188-200. *In: Paratuberculosis; Organism, Disease, Control*.
- Martínez-González, J. C., P. Castillo-Rodríguez S., A. Villalobos-Cortés y J. Hernández-Meléndez. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*, (26), 132-152.
- Matos, A. C., L. Figueira L., H. Martins, M., M. Matos., S. Álvares., L. Pinto M., *et al.* 2013. Disseminated *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis infection in two wild Eurasian otters (*Lutra lutra* L.) from Portugal. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 44(1), 193-195.





- Palmer, M. V., C. Kanipe., R. Cox., S. Robbe-Austerman S. y C. Thacker, T. 2019. Characteristics of subclinical *Mycobacterium avium* ssp. paratuberculosis infection in a captive white-tailed deer herd. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(6), 844-851.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. *Ovino. Población ganadera 2010-2018*. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Vergara, R.R.I, D. I. Martínez, H., M. Luna, R., A. Flores, P., V. Mendoza, C., *et al.* 2019. Seroprevalencia de paratuberculosis ovina en unidades de producción del Estado de Veracruz. p. 99-1011. *In: Memoria de la XXXII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria 2019*. Boca del Río, Veracruz.
- Whittington, R., K. Donat, F. Weber, M., D. Kelton, S. Nielsen, S., S. Eisenberg., *et al.* 2019. Control of paratuberculosis: who, why and how. A review of 48 countries. *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1-29.



## PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN EN *Bos indicus* CON INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN EL TROPICO MEXICANO

José Antonio Fernández Figueroa<sup>1\*</sup>, José Orlando Ramírez Valencia<sup>1</sup>, Ronnie de Jesús Arieta Román<sup>1</sup>,  
Nayib Bechara Acar Martínez<sup>1</sup>, Arantza Fernández Vilaboa<sup>1</sup> y Maximino Zito Romero Figueroa<sup>1</sup>

---

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el porcentaje de concepción en vacas y novillonas de la raza Gyr lechera, sometidas a un protocolo de sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El estudio se realizó en el rancho "Santa Fe" del municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Se utilizaron 50 vacas multíparas y 12 novillonas que se ubicaron en dos grupos: grupo uno, vacas con becerro; grupo dos, novillonas. Ambos grupos fueron tratados con un protocolo de dispositivo intravaginal (DIV) con 1.0 g de progesterona, se inyectaron además 2 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol). Al retiro del DIV, se inyectaron 2 mL prostaglandina f2 $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (Novormon 5000); el día siguiente recibieron además 1 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol). La IATF se realizó 48-52 horas después de retirar el DIV. El porcentaje de concepción total fue de 46.8% con una probabilidad de concepción del 0.75 para novillonas, que sería 0.27 más alta que la de vacas con 0.48, con un  $r^2$  de 0.047. El análisis estadístico no tomó en cuenta la variable condición corporal y se podría concluir que, para este caso, no influyó en los resultados de la prueba. Los resultados permiten concluir que los protocolos de IATF utilizando DIV (P4) son herramientas tecnológicas reproductivas que permiten lograr porcentajes de concepción aceptables en novillonas y vacas de la raza Gyr lechero con presencia de becerro.

**Palabras clave:** porcentaje de concepción, IATF

---

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana. Acayucan Ver, México. [antfernandez@uv.mx](mailto:antfernandez@uv.mx)



## Introducción

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en ganado bovino ha permitido el uso de toros genéticamente superiores para maximizar la calidad de los terneros producidos. Sin embargo, la implementación de esta técnica reproductiva dificulta su aplicación en hembras con cría al pie durante varios meses de lactancia. Una solución inmediata a la disminución de la fertilidad en vacas incluye la utilización de hormonas. Existe una serie de tratamientos hormonales capaces de controlar el momento de la primera inseminación artificial (IA) y las inseminaciones posteriores en vacas no preñadas, así como para el tratamiento de vacas en anestro (Cutaia, 2011).

Las razas de *Bos indicus* tienen como característica fisiológica los celos de corta duración, una alta incidencia de celos nocturnos y presencia de anestro posparto (Ruiz *et al.*, 1999), todo lo cual dificulta la labor de detección de celo (Pinheiro *et al.*, 1998) y resulta en el incremento en el intervalo parto-concepción, y se afecta negativamente el comportamiento reproductivo del hato (Baruselli *et al.*, 2004). La condición corporal de un animal se relaciona con la cantidad de tejido de reserva de que el animal dispone. Esto es especialmente cierto en vacas con cría donde la duración del periodo anovulatorio posparto, lo cual está determinado por las influencias inhibitorias del amamantamiento y de la subnutrición sobre el eje hipotálamo-hipofisario (Bó *et al.*, 2003). El análisis de los resultados de programas de IATF indican que es posible obtener un porcentaje de preñez promedio de 50% a primera inseminación en vacas con cría al pie y con baja condición corporal (Cutaia *et al.*, 2003).

Para aumentar los porcentajes de preñez en programas de IATF en ganado *Bos indicus* en anestro, una alternativa es la adición de gonadotropina coriónica equina (eCG) en el momento de la extraer los dispositivos con P4 (Bó *et al.*, 2003). La adición de 400 UI de eCG, a los protocolos que utilizan dispositivos intravaginales DIB con progesterona y benzoato de estradiol (BE) incrementa los porcentajes de preñez en 20%, con lo que se alcanzan valores finales de 50% (Cutaia *et al.*, 2003, Baruselli *et al.*, 2003, Bó *et al.*, 2008). En la última década, la caracterización de la dinámica folicular del bovino mediante ultrasonografía generó bases para la manipulación farmacológica del ciclo estral, poder lograr la sincronización de la ovulación en un tiempo predecible, e inseminar a tiempo predeterminado o tiempo fijo (Fernandes *et al.*, 2001).



Baruselli *et al.* (2004) sugiere que el uso de tratamientos con dispositivos liberadores de progesterona P4 y benzoato de estradiol puede mejorar el desempeño reproductivo en vacas *Bos indicus* con cría; además, la aplicación de gonadotrofina coriónica equina (eCG) al momento del retiro del dispositivo P4, en un programa de inseminación artificial a tiempo fijo, mejora las tasas de preñez (Sa Filho *et al.*, 2010). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el porcentaje de concepción en vacas de la raza Gyr utilizando sincronización de estro e IATF.

## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el rancho “Santa Fé”, el cual se ubica en las coordenadas 18° 3'13" de Latitud Norte y 94°7'31" de Longitud Oeste en el municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Se utilizaron 50 vacas multíparas y 12 novillonas de la raza Gyr de registro, a las cuales se les realizó un diagnóstico reproductivo mediante ultrasonografía transrectal para descartar que estuvieran gestantes. La condición corporal se evaluó en una escala de uno a cinco. El protocolo utilizado para los dos grupos fue el siguiente: El día 0 se insertó el dispositivo intravaginal bovino (DIV) nuevo (sincrogest) y se inyectaron 2 ml de benzoato de estradiol (sincrodiol). El día 8 se retiró el DIV, se inyectaron 2 mL de prostaglandina f 2 $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (novormon), además de 1 mL de cipionato de estradiol (ECP) El día 10 se realizó la inseminación 48-52 horas después de haber retirado el dispositivo DIV (Cuadro1). El día 35 posterior a la inseminación, se realizó el diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía transrectal.

**Cuadro 1. Protocolo de sincronización del estro de vacas en tres pasos.**

Día	Actividad
0	Colocación de DIV (sincrogest)+ 2 mL de BE (sincrodiol)
8	Retiro de DIV + 2mL de prostaglandina f2 $\alpha$ (sincroplex) + 400 UI de eGC (novormon) + 1 mL de cipionato de estradiol
10	IATF 48-52 horas después de retirado el implante
35	Diagnóstico de gestación con ultrasonografía



Los resultados fueron analizados con una prueba Z con un nivel de confianza de 0.05. También se realizó regresión lineal múltiple con variables categóricas en el programa estadístico SPSS 24, para analizar la probabilidad de respuesta de concepción al protocolo de IATF en las dos etapas reproductivas de la hembra bovina.

## Resultados y Discusión

El porcentaje de concepción total obtenido fue de 46.8%. Este resultado es cercano al 48.3% reportado por Bó *et al.* (2006) y al 48.6% registrado por Carosso *et al.* (2016) en vacas lactantes. La prueba Z no identificó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). La regresión lineal logística con variables categóricas buscó identificar la probabilidad de gestación tomando en cuenta la etapa reproductiva de la hembra. La probabilidad de concepción para las novillonas fue de 0.75, la cual es 0.27 más alta que la de vacas (0.48). La  $r^2$  fue muy baja (0.047). El análisis estadístico no tomó en cuenta la variable condición corporal, ya que no se identificó que causará un efecto en el resultado.

$$\Pr(Y = 1 / t) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha - \beta t)}$$

Probabilidad para que una novillona resulte gestante en el sistema de IATF:

$$\Pr(Y = 1 / t) = \frac{1}{1 + \exp(-1.179 + 0.080(1))} = 0.75$$

Probabilidad para que una vaca resulte gestante en el sistema de IATF:

$$\Pr(Y = 1 / t) = \frac{1}{1 + \exp(-1.179 + 0.080(0))} = 0.48$$

## Conclusiones

1. La utilización de protocolos IATF en ganado de la raza Gyr lechero de registro permite obtener porcentajes de concepción aceptables.
2. Las novillonas tuvieron mejor respuesta que las vacas a los protocolos IATF.



3. Se requiere realizar un mayor número de estudios con esta metodología, para contar con mayor información.

## Literatura Citada

- Baruselli, P. S., M. O. Marques, E. L. Reis, y G. A. Bó. 2003. Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. p. 103-116. *In: Resúmenes del V Simposio Internacional de Reproducción Animal*. 27 al 29 de junio de 2003. Huerta Grande, Córdoba, Argentina.
- Baruselli, P. S., E. L. Reis, M. O. Marques, L. F. Nasser, and G. A. Bó. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci*. 82-83:479-486.
- Bó, G. A., P. S. Baruselli, and M. E. Martínez. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*. 78, 307-326,
- Bó, G. A., L. E. Cutaia, A. H. Souza, y P. S. Baruselli, 2008. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. p. 95-110. *In: Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied*. Londrina, Brasil.
- Carosso, M. S. 2016. Porcentaje de preñez en vaquillonas tratadas con el protocolo J-Synch y eCG. Tesina de Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil, Argentina. Recuperado de: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1186/Carosso%2C%20Marcos%20Sebastian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cutaia, L., G. Veneranda, R. Tríbulo, P. S. Baruselli, y G. A. Bó. 2003. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. p. 119-132. *In: Resúmenes del V Simposio Internacional de Reproducción Animal*. 27 al 29 de junio de 2003. Huerta Grande, Córdoba, Argentina.
- Cutaia, L. 2011. Uso sistemático de eCG asociado a protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado de carne y leche. *In: Actas del I Simposio Latinoamericano de Reproducción Animal*. 7-8 de noviembre de 2011. Viña del Mar, Chile.
- Fernandes, P., A. B. Texeira, A. J. Crocci, and C. M. Barros. 2001. Timed artificial insemination in beef cattle using GnRH agonist, PGF2alfa and Estradiol Benzoate. *Theriogenology*. 55:1521-1532.



- Pinheiro, O. L., C. M. Barros, R. A. Figueredo, E. R. Valle, R. O. Encarnação, and C. R. Padovani, 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2a or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*. 49:667-681.
- Ruiz, Z., and M. Olivera. 1999. Ovarian follicular dynamics in suckled zebu (*Bos indicus*) cows monitored by real time ultrasonography. *Anim Reprod Sci*. 54:211-220.
- Sá Filho, O. G., C. C. Dias, G. C. Lam, and J. L. M. Vasconcelos. 2010. Progesterone- based oestrus synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. *Anim Reprod Sci*. 119:9–16.



# TÉCNICAS ETNOVETERINARIAS EN LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN CUATRO COMUNIDADES DEL ESTADO DE CAMPECHE

*José Fernando de la Cruz García<sup>1\*</sup> y Jaime Bautista Ortega<sup>2</sup>*

---

## Resumen

Los habitantes de las comunidades rurales tienden a utilizar a las plantas como un recurso importante para resolver problemas de salud, no solo entre ellos mismos, sino también en sus animales. Es relevante conocer y rescatar todas aquellas prácticas populares para el tratamiento de enfermedades en la avicultura de traspatio. En este contexto, la presente investigación se enfoca en conocer el manejo sanitario y el uso de medicamentos etnoveterinarios en las comunidades de Santo Domingo Keste, Silvituc, Xmaben y Nuevo Campanario en el Estado de Campeche. El estudio se realizó mediante la Investigación Acción Participativa (IAP) y la aplicación de una encuesta a 54 Unidades de Producción Familiar (UPF). Se determinó que, en opinión de los participantes en el estudio, las prácticas etnoveterinarias pueden ser un punto clave para reducir algunos de los problemas de mortalidad causados por las enfermedades más comunes en la avicultura, debido a que los mismos productores han modificado la forma en curar a sus animales, ya sea mediante el uso de plantas locales, o el uso de los elementos que tienen a su alcance. Se caracterizaron las prácticas etnoveterinarias más importantes que realizan los productores, y se encontró una variedad de diferentes alimentos locales que proporcionan a sus aves, con lo cual algunos evitan depender de alimentos comerciales.

**Palabras clave:** tratamientos, conocimiento, alimentación, local

---

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. fernando.jfdlc@gmail.com

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados. jbautista@colpos.mx





## Introducción

El traspatio es una estructura productiva donde la familia participa y se integra en procesos de producción (Vieyra *et al.*, 2004); en estos procesos de producción se dan interacciones entre el ser humano y los elementos que lo componen, incluyendo a los animales (Nava Hernández *et al.*, 2018). Una de las actividades desarrolladas es la avicultura de traspatio, la cual reviste singular importancia en las zonas rurales de México, debido a su corto ciclo y bajo costo de producción (Mayo Tadeo, 2018). Esta actividad se realiza en los patios domésticos con aves como el pollo criollo (*Gallus gallus L.*) y los guajolotes domésticos (*Meleagris gallopavo L.*) y no genera altos gastos económicos, dado que utiliza pocos insumos (Itza-Ortiz *et al.*, 2016). Se conoce muy poco de la avicultura de traspatio, porque su importancia relativa en los indicadores productivos es difícil de cuantificar, y solo se caracteriza como una actividad de apoyo en la economía familiar (Cuca-García *et al.*, 2015). Esta actividad se ve afectada por enfermedades causadas por diversos agentes patógenos que pueden provocar un alto índice de mortalidad. Al no tener acceso a los productos farmacéuticos, las comunidades rurales recurren al conocimiento de las plantas medicinales para el tratamiento de las enfermedades de sus animales domésticos. Los conocimientos y prácticas tradicionales se enmarcan en aquellos saberes que poseen algunos habitantes de las comunidades rurales sobre las relaciones y prácticas con su entorno.

El punto de partida consiste en documentar estos conocimientos y las especies que involucran desde un punto de vista cultural, ecológico y socioeconómico. Para ello es necesario conocer las condiciones en las que viven las aves, los factores que ocasionan las enfermedades y la época en que tienden a dispararse las enfermedades. Con la finalidad de profundizar más en el tratamiento de las enfermedades en la avicultura de traspatio, se plantea esta investigación cuyo objetivo es determinar la situación de los sistemas de avicultura de traspatio, en el ámbito de alimentación local y técnicas etnoveterinarias de algunas comunidades rurales de Campeche.



## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en cuatro municipios del estado de Campeche: Calakmul, Champotón, Hopelchén y Escárcega, los cuales se encuentran a una distancia no menor a 80 km entre cada uno de ellos. En cada municipio se visitó solo una comunidad (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Participantes en estudio sobre técnicas etnoveterinarias en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Localidad	Número de participantes
Santo Domingo Keste	19
Silvituc	14
Xmaben	17
Nuevo campanario	10

Se efectuó una revisión bibliográfica sobre el tema. Se diseñó una encuesta cuyo enfoque fue investigar la situación de la avicultura de traspatio en las comunidades en los ámbitos de prevención y tratamiento de enfermedades, y la alimentación que se realiza en el sistema de producción familiar mediante Investigación Acción Participativa (IAP). La investigación se diseñó de forma que no fuera solo una serie de preguntas que se formularan al productor, sino que el entrevistador también pudiera evaluar la situación de las aves mediante la observación. Se seleccionaron aquellas unidades de producción de traspatio que practicaban la avicultura en las que existiera disponibilidad de los productores para participar en el estudio. En total, se incluyeron 54 representantes de familias de cuatro comunidades. Las respuestas de los participantes se capturaron en una base de datos en Microsoft Excel y con esa paquetería, se realizó un análisis estadístico descriptivo con ayuda de gráficas de barras y de dispersión.

## Resultados y Discusión

La alimentación de las aves de traspatio en la zona de estudio se compone de desechos de cocina (alimentos descompuestos; desperdicio de frutas como mango, sandía, plátano, pepino; verduras; hierbas; maíz y masa). En los países en desarrollo, hasta el 95% de los habitantes



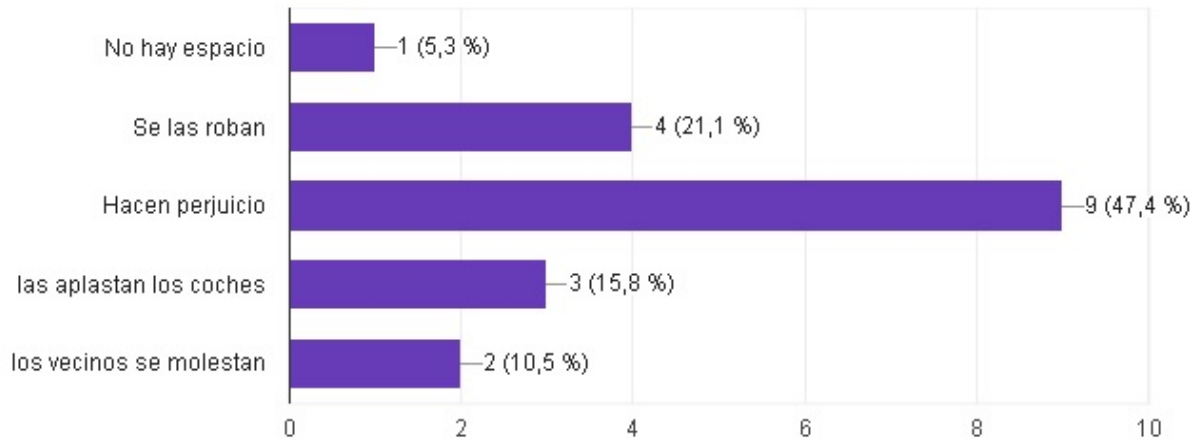
rurales poseen pequeñas parvadas que se alimentan de desechos. Se encontró una dieta basada en 19 diferentes tipos de hierbas, identificadas con sus nombres locales (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Variedad de hierbas con la que los productores alimentan a sus aves en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tipos de hierba	Porcentaje de menciones
Monte	29.2
Zacate	27.3
Huashi	26.5
Hoja de maíz	17.3
Hoja fina	12.7
Piojillo	7.3
Yuca	3.8
Hojas de Ramón	3.8
Chaya	1.9
Hierba negra	1.9

Los polluelos tienen un programa de alimentación especial que en promedio termina a los 3 meses de edad y está compuesto por alimento comercial, salvadillo, arroz y masa. Esto varía dependiendo de cada productor. 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 al análisis realizado en las cuatro comunidades, en Santo Domingo Keste el apacentamiento de las aves es una actividad que está limitada principalmente por los problemas de crecimiento del pueblo, lo que ha hecho que los espacios se reduzcan y que solo algunas familias dejen a sus aves libres; en cambio, en otras zonas como Calakmul las aves se encuentran totalmente libres. La Figura 1 muestra las principales razones por las que no se realiza la práctica de pastoreo.

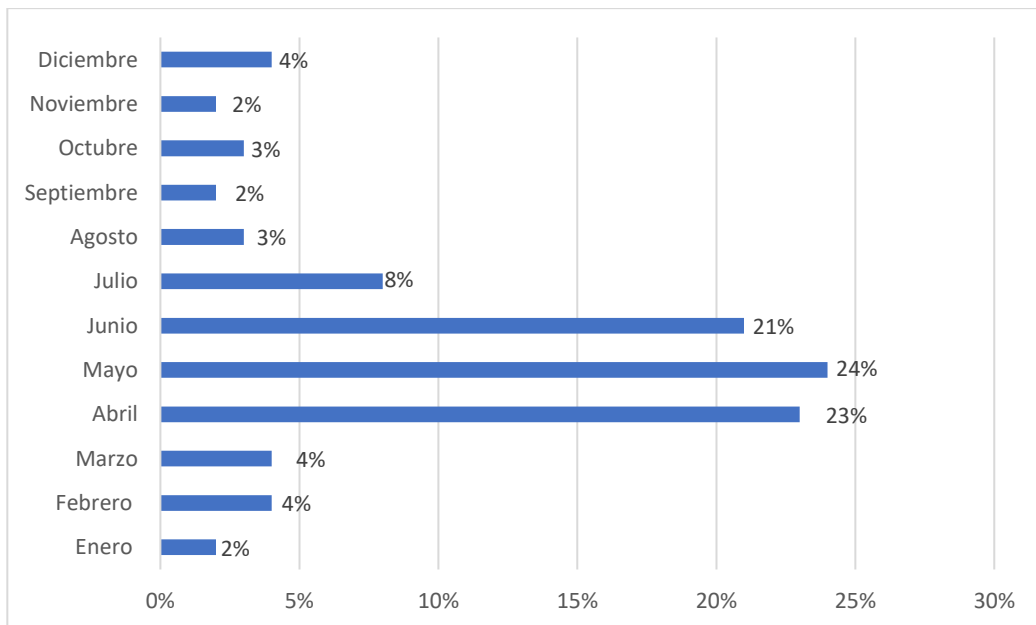
La prevención de enfermedades de las aves está descuidada, dado que 83% de los productores no desparasita a sus aves, y el 90% no realiza ninguna actividad para prevenir enfermedades, más que acaso el uso de limón en el agua de bebida. A esto se agrega que no se realizan prácticas adecuadas de sanidad dentro del sistema de producción.



**Figura 1. Principales problemas que evitan el apacentamiento en avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Existen comunidades donde la situación es más preocupante que en otras, como el no realizar un cambio constante del agua, o que esta se encuentre en condiciones poco salubres, contaminada principalmente por tierra y excremento de las mismas aves o de otros animales. Hay casos donde las aves toman agua del desagüe de la cocina, de charcos, o canales de riego, que suelen estar contaminados con agroquímicos. También se encontraron lugares donde la sanidad es muy importante, y las aves disponen de camas limpias, con bebederos en excelentes condiciones y un manejo más adecuado. La comunidad donde existe un mayor descuido de la avicultura es Nuevo Campanario.

Los meses con mayor presencia de enfermedades son abril, mayo y junio. Esto puede relacionarse con el clima, ya que estos son los meses más calurosos y con menos lluvias. En la Figura 2 se presenta la ocurrencia anual de enfermedades según los productores, de acuerdo con el número de veces en que fueron mencionados. Con base en esto, se podría establecer un programa de planificación para prevenir las enfermedades de las aves de traspatio en esta zona.



**Figura 2. Meses donde se presentan más enfermedades en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Para el tratamiento de enfermedades, se lograron identificar más de 30 prácticas etnoveterinarias distintas para las enfermedades más comunes que ocurren en la comunidad (Cuadros 3, 4, 5, 6, 7, 8). La medición de la efectividad de dichas prácticas es motivo de otra investigación con un enfoque diferente al aquí utilizado.

**Cuadro 3. Tratamientos para la fiebre (calentura) en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tratamiento	Signos clínicos	Frecuencia	Práctica/ Tratamiento	Costo, \$
Local	Se ponen morados y calientes	7	Limón en el agua	
	No comen y están calientes	2	Nada	
	Se ponen calientes	1	Limón y sal	
	Se ponen calientes y se agachan	1	Meterlos en agua fría	
Veterinario	Se ponen morados y calientes	1	Emicina	100
	Doblan sus alas y duermen	1	Mejoralito	10
	Se ven muy tristes	1	Pastillas	50
	Se ve muy triste, hasta morado	1	Antibiótico	150



En el caso de los tratamientos locales en que se usan prácticas etnoveterinarias, no se calculó un costo porque el valor económico de los productos que se utilizan es negligible y la cantidad que se emplea es escasa. Los tratamientos van desde la aplicación de alguna planta, hasta el uso de tizne (polvo negro que se queda en el comal después de la quema de la leña).

**Cuadro 4. Tratamientos para la gripe en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tratamiento	Signos clínicos	Frecuencia	Práctica/ Tratamiento	Costo, \$
Local	Estornudan	11	Limón	
	Le sale liquido de su nariz	2	Ajo con limón	
	Moquean mucho	2	Ajo machacado	
	Se ven tristes y dormilonas	2	Cebolla molida	
	Le sale agua de la nariz	1	Epazote	
	Estornudan	1	Sandía y limón	
	Se ven dormilonas	1	Limón, cebolla molida	
	Les escurre el moco	1	Ajo, cebolla, limón, en té	
Veterinario	El gallo ya no puede cantar	5	P. veterinario	60
	Estornudan	2	Terramicina y Emicina	90
	Tiene un hervor en la garganta	1	Antibiótico	110
	Se ponen triste y no comen	1	Cafiaspirina o sal de uvas	2.50
	Se ponen tristes y no comen	1	Centryl aves 5%	80
	Se ponen triste y no comen	1	Tri-sulfa	190

Se puede afirmar que las prácticas etnoveterinarias tienen un impacto positivo en la avicultura de traspatio, ya que son una opción económica que se basa en el conocimiento tradicional, y a la vez son una alternativa para evitar el consumo de medicamentos veterinarios. Es importante mencionar que cuando se habla de tratamientos veterinarios, no todos son estrictamente medicamentos diseñados para uso en animales, sino que también se llegan a utilizar medicamentos de uso humano, como es el caso de los antigripales.

Se detectó una enfermedad que localmente se conoce como “mal del corazón”. Los pobladores la describen como una enfermedad para la que no existe tratamiento, ya que mata a sus aves en un instante. Por lo regular el único dato es que las aves amanecen muertas, sin presentar signos clínicos o algo más que anuncie la existencia de un problema de salud en las aves.



**Cuadro 5. Tratamientos para la diarrea en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tratamiento	Signos clínicos	Frecuencia	Práctica/Tratamiento	Costo, \$
Local	Diarrea blanca	7	Nada	
	Diarrea con sangre	5	Nada	
	Diarrea blanca	3	Limón con agua	
	Diarrea blanca	2	Limón con naranja agria	
	Diarrea blanca	1	Limón, pimienta y miel	
	Diarrea blanca	1	Hierbas para humanos	
Veterinario	Diarrea blanca	3	P. Veterinario	60
	Blanco y amarillo	2	Terramicina	5
	Diarrea con sangre	1	Antibióticos	150
	Amarillo con verde	1	Terramicina	8

**Cuadro 6. Tratamientos para la tos en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tratamiento	Signos clínicos	Tratamiento	Costo, \$
Local	Por el ruido que hacen	Limón y agua	
	Por el sonido	Miel y limón	
	Hacen un ruido al gritar	Cebolla molida	
Veterinario	Se escucha un gorgoreo al respirar	Mejoralito	10
	Cuando no pueden cantar	P. veterinario	20
	Hacen mucho ruido	Paracetamol	12
	Cada rato se escucha su ruido	Gotas de veterinaria	28

**Cuadro 7. Tratamientos para la viruela en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Tratamiento	Signos clínicos	Frecuencia	Práctica/Tratamiento	Costo, \$
Local	Le salen granos	3	Huashi revuelto con masa	
	Salen granos	2	Se bañan con jugo de naranja	
	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	Aceite de pimienta	



**Continúa Cuadro 7...**

Tratamiento	Signos clínicos	Frecuencia	Práctica/ Tratamiento	Costo, \$
Veterinario	Le salen granos	1	Se muele pimienta y se le aplica	
	Granitos en pavos	1	Azul o cloro	
	Granos y se hinchan	1	Antibiótico	150
	Granos en la cara	2	P. veterinarios	120
	Le salen granitos	1	Se compran gotas	50

El Cuadro 8 presenta algunas enfermedades que los productores no han podido tratar y que complican la producción de aves, ya que, de acuerdo con ellos, pueden ocasionar la muerte al instante de sus aves. Solo en el caso de los parásitos un productor aplica un producto veterinario.

**Cuadro 8. Tratamientos para otro tipo de enfermedades poco comunes en la avicultura de traspatio en cuatro comunidades del estado de Campeche.**

Nombre	Signos clínicos	Tratamiento
Parásitos	Se enflacan	Panacur
Mal de los ojos	Le sale agua en los ojos y se quedan ciegos	
Chuequez	Se van de lado y no caminan	
Mal aire	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 y que incluso llegan a realizar sólo 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 está entre los mismos productores, ya que para el 87.5% su principal fuente de información o con quien se capacitan es su vecino o el líder de la comunidad, es





decir solo confían entre ellos porque se conocen y porque ellos mismos pueden constatar los resultados.

Es importante reestructurar la forma en que se realizan las intervenciones en el sector rural, sobre todo en la parte técnica con las capacitaciones. Los productores muestran una postura de inconformidad y desconfianza ante los técnicos. Por el contrario, tienen gran confianza entre ellos, es por eso que se plantea identificar actores claves dentro de la comunidad, que son aquellas personas confiables para los productores y a quienes consideran como 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 evoca una variante importante de visiones, que pueden ir desde lo comercial y como fuente de alimento hasta una práctica cultural y de estética.

La alimentación es un reto importante ya que el incremento en el precio de los alimentos comerciales pone 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 se basa en más de 19 tipos de plantas identificadas por los productores por su palatabilidad para las aves, así como desechos de cocina, insectos y el maíz que se llega a producir en las mismas comunidades. Sin embargo, no se debe descartar que el constante crecimiento de la población elimine paulatinamente la avicultura, dado que se van reduciendo los espacios y ya no hay lugar para su desarrollo.

## **Conclusiones**

1. Se identificaron más de 30 prácticas etnoveterinarias, lo que apunta a que las comunidades rurales de Campeche poseen amplio conocimiento en el tratamiento de enfermedades en las aves de traspatio.
2. Los beneficios que aportan las prácticas etnoveterinarias se reflejan en diferentes dimensiones (sociales, económicas y culturales).
3. Las prácticas etnoveterinarias impactan positivamente en los sistemas de producción agropecuaria desde un enfoque agroecológico, puesto que además de generar una notable



reducción de costos, presentan una gran diversidad de opciones para prevenir y tratar enfermedades en las aves, aprovechan el conocimiento tradicional y la capacidad de investigación e innovación de los campesinos. La mayoría de los sistemas de traspatio realizan una mínima inversión en las técnicas para el tratamiento de sus aves.

## Literatura Citada

- Cuca-García, J. M., D. A. Gutiérrez-Arenas, y E. López-Pérez. 2015. La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *Agroproductividad*, 8(4). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/669>
- Itza-Ortiz, M. F., J. M. Carrera-Chávez, Y. Castillo-Castillo, O. Ruiz-Barrera, A. Aguilar-Juárez-Caratachea, y M. A. O. Alvarado. 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Vet Méx.* 32(1):27-32.
- Mayo Tadeo, R. I. 2018. Aves de traspatio y extractos vegetales contra patógenos avícolas, una contribución a la seguridad alimentaria. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala, Guerrero, México. Recuperado de: [http://200.4.134.60/bitstream/handle/uagro/443/OK05021547\\_maestria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.4.134.60/bitstream/handle/uagro/443/OK05021547_maestria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nava Hernández, G., E. M. Aldasoro Maya, R. Perezgrovas Garza, y G. Vera Cortés. 2018. Interacciones del ser humano con animales de traspatio: un estudio desde la Etnoveterinaria en Tabasco, México. *Nova Scientia.* 10(21):258-309.
- Vieyra, J., A., Castillo, H. Losada, J. Cortés, G. Alonso Bastida, T. Ruiz, P. Hernández, A. Zamudio, y A. Acevedo. 2004. La participación de la mujer en la producción traspatio y sus beneficios tangibles e intangibles. *Cuad Des Rur.* 53:9-23.



# PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN PRIMARIA DE LA LECHE FLUIDA EN EL TRÓPICO: ESTUDIO DE CASO

*Sonia Sofía Ramos Lara<sup>1</sup>, Juan Prisciliano Zárate Martínez<sup>2</sup>, Jaime Rangel Quintos<sup>2\*</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>2</sup> y  
Francisco Tobías Barradas Piña<sup>2</sup>*

---

## Resumen

El objetivo fue describir la producción de leche en un sistema de doble propósito y los ingresos que genera como resultado de la aplicación de innovaciones tecnológicas en las áreas de manejo y genética. La empresa lechera se apoya en un contrato de compra-venta de leche fluida entre el productor y el comprador, donde se maneja un precio fijo para el litro de leche durante todo el año, con el fin de mejorar la liquidez y disminuir el impacto de las fluctuaciones anuales del precio de leche derivado de la oferta y la demanda. Los resultados establecen que, para que el sistema de producción sea más sostenible, se debe contar con tecnologías que mejoren la productividad y ofrezcan mayor estabilidad en la producción, así como también la necesidad de establecer relaciones más formales entre los actores de la cadena productiva que favorezcan una comercialización más justa.

**Palabras clave:** bovinos doble propósito, agricultura por contrato, innovación tecnológica

## Introducción

La cadena alimentaria de leche de bovino tiene una importancia económica y social en función de los recursos financieros naturales y humanos que intervienen tanto en la producción y consumo del suministro de la leche líquida y de los productos lácteos, así como por el ingreso y la cantidad de empleos generados. Sin embargo, existe una brecha entre la producción

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Boca del Río. Boca del Río, Veracruz.

<sup>2</sup> Campo Experimental La Posta, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Paso del Toro, Veracruz.  
rangel.jaime@inifap.gob.mx



nacional y la oferta de leche para cubrir la demanda interna (Jaramillo-Villanueva y Palacios-Orozco, 2019).

La producción de leche en México se desarrolla en sistemas especializados, semiespecializados, familiares o de doble propósito, cada uno con características distintivas en cuanto al manejo de recursos, insumos requeridos, dimensión, nivel tecnológico y volúmenes de producción (Villamar y Olivera, 2005). El sistema de doble propósito que se ubica en zonas tropicales, tanto del Golfo de México como del Pacífico, se caracteriza por producir leche y carne. Los bovinos provienen del cruzamiento de razas Cebú con europeas, el manejo del ganado es extensivo, la alimentación se basa en pastoreo, con uso mínimo de suplementos alimenticios y por lo general, con ordeña manual (Rangel *et al.*, 2017; Salas-Reyes *et al.*, 2015), además de que la leche se suele vender caliente (sin refrigerar).

En Veracruz, la cadena de producción de leche es fundamental en la obtención de ingresos para los productores, y proviene principalmente de zonas de alta y muy alta marginación. Esta entidad produjo 749.5 millones de litros de leche en 2019, que generaron 4,897 millones de pesos, siendo el sexto estado con mayor producción a nivel nacional y el principal productor de leche en condiciones de trópico, con una participación nacional del 6.1% (SIAP, 2020). Sin embargo, dada la variabilidad de las condiciones agro-climatológicas y tecnológicas de las unidades de producción ganaderas, los problemas de financiamiento y los bajos niveles tecnológicos que resultan en una limitada e inconstante oferta de leche durante el año, asociados con un volumen de producción y una calidad heterogénea. A ello se suma la fluctuación de precios afectados por la estacionalidad de la oferta, y los precios del producto por debajo de los costos de producción. Esta situación hace necesario entender el proceso productivo y comercial de la ganadería de doble propósito en condiciones de trópico (Loera y Banda, 2017).

Al carecer de cadena fría, la producción y comercialización de la leche, su manejo y su venta deben ser inmediatos. No obstante, un factor devastador para la sustentabilidad de la cadena es la falta de liquidez económica, tanto de productores de leche como de compradores. Los pagos se llegan a retrasar hasta por más de dos semanas, pero los compradores de leche también sufren del mismo problema en el siguiente eslabón, al retrasarse los pagos por la venta de quesos (Zárate-Martínez *et al.*, 2010). En este sentido, surge la necesidad de buscar



alternativas en la relación económica entre productores y compradores de leche que permitan obtener precios estables por litro de leche.

Tanto los productores como los compradores de leche ya han experimentado con modelos de compra en el pasado; por ejemplo, la transnacional Nestlé ofrecía comprar a precios competitivos en función de la calidad de la leche. No obstante, para los productores de bajos recursos y con bajos niveles tecnológicos resulta difícil cumplir con las normas de calidad requeridas, por lo que prefieren vender a un precio inferior a otros compradores (Martínez Castro *et al.*, 2012).

En la búsqueda de mayor certidumbre, se propone establecer un contrato de compra-venta, donde tanto los productores, en su papel de proveedores, como los compradores de leche se comprometen a mantener un precio fijo de compra-venta durante todo el año, y establecen un tiempo máximo para el pago, sin olvidar la calidad y la higiene del producto (Robledo-Padilla, 2016). Este trabajo tiene como objetivo estudiar la producción y venta de leche del “Módulo de bovinos doble propósito del Campo Experimental La Posta” y su relación con la venta de leche fluida por contrato durante el periodo 2018 a 2020, donde se acordó con el comprador un precio fijo por litro durante todo el año; adicionalmente, se incluye el ingreso por venta de semovientes como parte del sistema.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización**

El estudio se realizó de enero de 2018 a diciembre de 2020 en el Campo Experimental La Posta, CIRGOC, INIFAP; ubicado en el kilómetro 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba en Paso del Toro, Ver., México. 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, 2004). 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 (Figura 1).



**Figura 1. Panorámica de la sección “B” correspondiente al Módulo de Doble Propósito del C. E. La Posta-INIFAP (78-17-02 ha).**

### **Manejo de vacas y crías**

Se utilizaron vacas con genotipos de 62 a 75% de razas Holstein y Suizo Pardo x Cebú. El número de vacas en producción varió de acuerdo al año de estudio (Cuadro 1). En 2018 hubo más animales en producción, con 34 vacas en ordeño en promedio. Para 2018 y 2019, el mayor número de vacas en producción se presentó en enero, febrero y marzo, mientras que en 2020 la mayor cantidad de vacas ocurrió en noviembre y diciembre. Cabe destacar que en 2020 se tuvieron menos vacas entre marzo y mayo.

Todos los vientres se agruparon, desde las vaquillas en último tercio de gestación, hasta las vacas próximas al desecho, con una vida productiva promedio de cinco partos, más la lactación (ocho meses) del último parto. La superficie total de pastoreo para esta fase fue de 26.3 ha. En todos los casos se utilizó pastoreo rotacional y todos los potreros contaban con acceso a una toma de agua. La base de la alimentación de las vacas en producción fueron praderas de Tanzania (*Purple guinea* TD58), Señal (*Brachiaria decumbens*), Pangola (*Digitaria eriantha*) y Mombaza (*Panicum maximum*). Todas las vacas se suplementaron con 20 kg de ensilado de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum sp.*) o forraje de corte. Durante la ordeña, cada vaca recibió alimento concentrado (18% de PC y 2.75 Mcal de energía metabolizable) a razón de 1 kg de concentrado por cada 3 kg de producción de leche.



**Cuadro 1. Número de vacas en ordeño por mes/año en el Módulo de Doble Propósito del C. E. La Posta-INIFAP.**

Mes	2018	2019	2020	Promedio
Enero	46	38	28	37
Febrero	43	37	27	36
Marzo	44	38	26	36
Abril	39	34	25	33
Mayo	41	30	25	32
Junio	42	29	26	32
Julio	34	27	28	30
Agosto	30	25	29	28
Septiembre	34	21	31	29
Octubre	36	22	29	29
Noviembre	36	21	32	30
Diciembre	35	24	34	31
<b>Promedio general anual</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>32</b>

Se realizaron dos ordeños por día, el matutino a las 6:00 h y el vespertino a las 15:00 h, para lo cual se utilizó una máquina ordeñadora de dos plazas con capacidad de 20 vacas por hora. El ordeño se realizó con becerro al pie, para estimular la eyección de la leche. Durante el apoyo en el ordeño, las vacas con menos de tres meses de lactación recibieron 5 kg de alimento concentrado (18% de proteína cruda y 2.75 Mcal de EM por kilogramo de alimento). Solo se ordeñaron tres cuartos de la ubre de las vacas, el restante y la leche residual fueron para el becerro, el cual permaneció con su madre 45 minutos después del ordeño. Las vacas con más de tres meses en lactación solo recibieron 3 kg del mismo alimento y se ordeñaron de los cuatro cuartos, dejando solo la leche residual para el becerro, que fue destetado a los siete meses de edad. El criterio de secado fue que la producción fuera menor a 4 kg de leche por día, que la vaca hubiera completado 305 días de lactancia o que le faltaran menos de dos meses para el parto.

El manejo reproductivo fue a través de inseminación artificial. El procedimiento consistió en revisión de todo el hato cada cuatro meses a través de palpación rectal de los órganos reproductivos. Las vacas con más de 70 días posparto que presentaron involución uterina adecuada, estuvieron sanas de su tracto reproductor y con una condición corporal de 3 en una escala de 1 a 5 (1 = emaciada y 5 = obesa), se inseminaron artificialmente. La inseminación se



realizó 12 h después de detectar signos francos de estro. La gestación se diagnosticó 45 días después del último servicio por palpación rectal.

En relación con las prácticas sanitarias, se realizó diagnóstico de mastitis clínica diariamente, usando la prueba de fondo negro y el de mastitis subclínica una vez por mes, con la prueba de California. Cada año, se hace el diagnóstico al hato completo para mantener la acreditación de hato libre de brucelosis y tuberculosis. Cada seis meses se aplica la desparasitación interna, mientras que la desparasitación externa se realiza durante todo el año, con la frecuencia que establece el fabricante del desparasitante utilizado.

El proceso de secado de las vacas consistió en retirar la leche a fondo en el último ordeño, lavar manualmente pezones, secar, hacer la antisepsia con torundas impregnadas de alcohol al 70%, insertar una cánula en cada teta y aplicar 250 ml de solución salina con antibiótico Cefalexina en cada cuarto, retirar cánula, masajear, sellar todas las tetas y dejar así hasta el parto. El manejo alimenticio de las vacas secas consistió en retirar el concentrado y suministrar pasto henificado.

### **Contrato de venta de leche**

Se celebró un contrato privado de compra-venta de leche entre el INIFAP y un comprador de leche de la región Centro de Veracruz. El contrato tiene una vigencia anual y se ha ido renovando cada año a partir de 2018, donde el comprador se comprometió a adquirir el total de la leche que se produce al día en el Campo Experimental La Posta. Destaca el establecimiento de un precio fijo por litro de leche, el cual se negocia anualmente entre las partes. Los precios por litro de leche fueron de 5.00, 5.50 y 5.80 pesos por litro en el 2018, 2019 y 2020, respectivamente.

### **Captura de datos de producción y venta de leche y carne**

Los datos de producción y venta de leche se registraron diariamente y de forma semanal, respectivamente, durante los años de 2018 a 2020. Se utilizaron formatos para registro de la producción de leche diaria de ordeño mañana y tarde, y el registro del ingreso por venta de leche se hizo a partir de las facturas generadas por los pagos semanales. La información se capturó y procesó en una hoja de cálculo del programa Excel para su posterior análisis.





### **Análisis de la información**

Los datos se analizaron por medio de estadísticas descriptivas a partir de los registros de producción e ingresos medios, máximos, mínimos, porcentajes y totales por semana, mes y año, por medio de tablas dinámicas en el programa Excel.

### **Resultados y Discusión**

El Cuadro 2 presenta la producción de leche por mes/año, de 2018 a 2020. La producción promedio total fue de 103,834 L de leche al año, observándose la mayor producción en enero y diciembre. En comparación con 2018, la producción total por año de 2019 y de 2020, disminuyó en alrededor de 30 mil litros, debido principalmente al incendio de 42.5 ha en mayo de 2019, que resultó en la disminución del manejo y rotación de los potreros, así como la disminución en el acceso de los animales a más de la mitad de los terrenos de pastoreo disponibles. Si bien se podría esperar que la mayor producción de leche se diera en julio y agosto que es la época de lluvia, esta ocurrió al inicio de la época de estiaje (diciembre y enero), coincidente con el descenso de la temperatura promedio. Esto pudo haberse favorecido por contar con vacas con genotipos de 62 a 75% de raza europea. Por otro lado, esta situación también se pudiera explicar en el Cuadro 1, que presenta el número de vacas en producción por mes y año, destacando enero, febrero y marzo con el mayor número promedio de vacas en producción por mes y año de 2018 a 2020. De acuerdo con los registros históricos del campo experimental, este período de enero a marzo coincide con la época de mayor número de partos, ya que a finales de mayo y principios de junio, inicia la época de abundancia de forraje debido al inicio de la temporada de lluvias, lo que ocasiona que las vacas se encuentren en las mejores condiciones corporales y de ganancia de peso, lo que a su vez trae como resultado un período de presentación de estros fértiles. Al considerar el periodo de gestación de los bovinos, los partos y el inicio de la lactación se darán de enero a marzo.

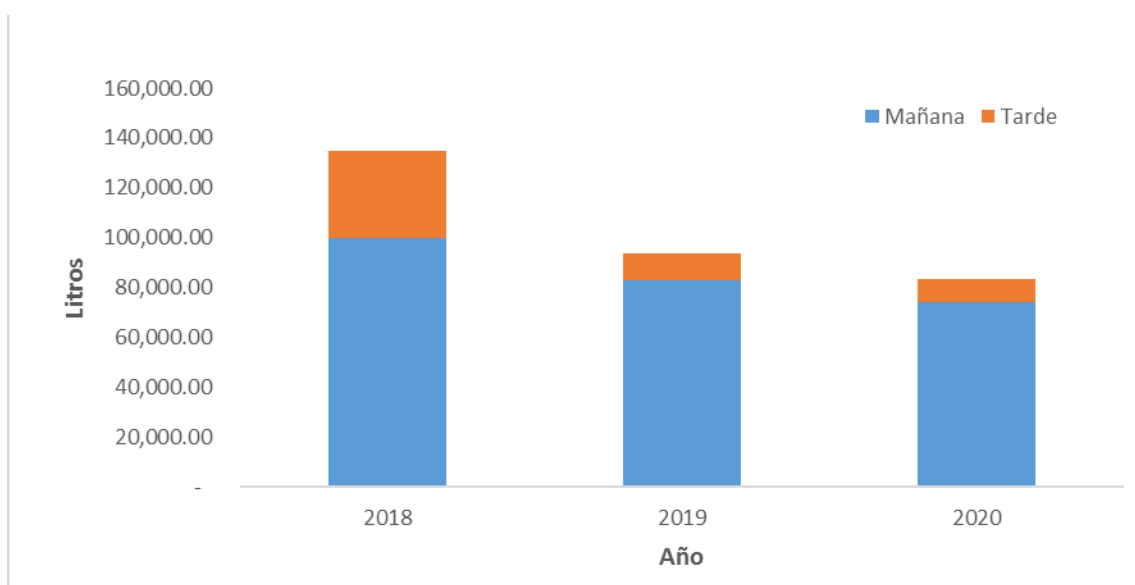
El total de animales en ordeño en 2019 y 2020 disminuyó en 10 animales, esto también se debió principalmente al siniestro ocurrido en el mes de mayo del 2019, que ocasionó el incendio de 42.5 ha, lo cual trajo consigo la disminución de animales en producción.



**Cuadro 2. Producción de leche por mes y año (litros) en el Módulo de Doble Propósito del C. E. La Posta-INIFAP.**

Mes	2018	2019	2020	Promedio
Enero	11,722	12,279	6,695	10,232
Febrero	11,041	11,006	6,401	9,482
Marzo	11,953	10,218	6,176	9,449
Abril	11,527	8,600	5,258	8,461
Mayo	13,236	6,623	5,403	8,420
Junio	11,790	6,994	5,331	8,038
Julio	11,199	8,824	7,034	9,019
Agosto	11,029	7,033	7,295	8,452
Septiembre	9,578	5,823	6,656	7,352
Octubre	10,158	5,608	8,335	8,033
Noviembre	9,970	4,720	8,377	7,689
Diciembre	11,482	5,776	10,352	9,203
<b>Total general</b>	<b>134,685</b>	<b>93,504</b>	<b>83,313</b>	<b>103,834</b>

En cuanto al desempeño de la doble ordeña, en la Figura 2 se muestran los valores comparativos de la producción en la mañana y en la tarde. En el 2018 se tuvo la mayor producción de leche; el 74% de la producción de leche se dio en la primera ordeña de la mañana y 26% en la tarde.

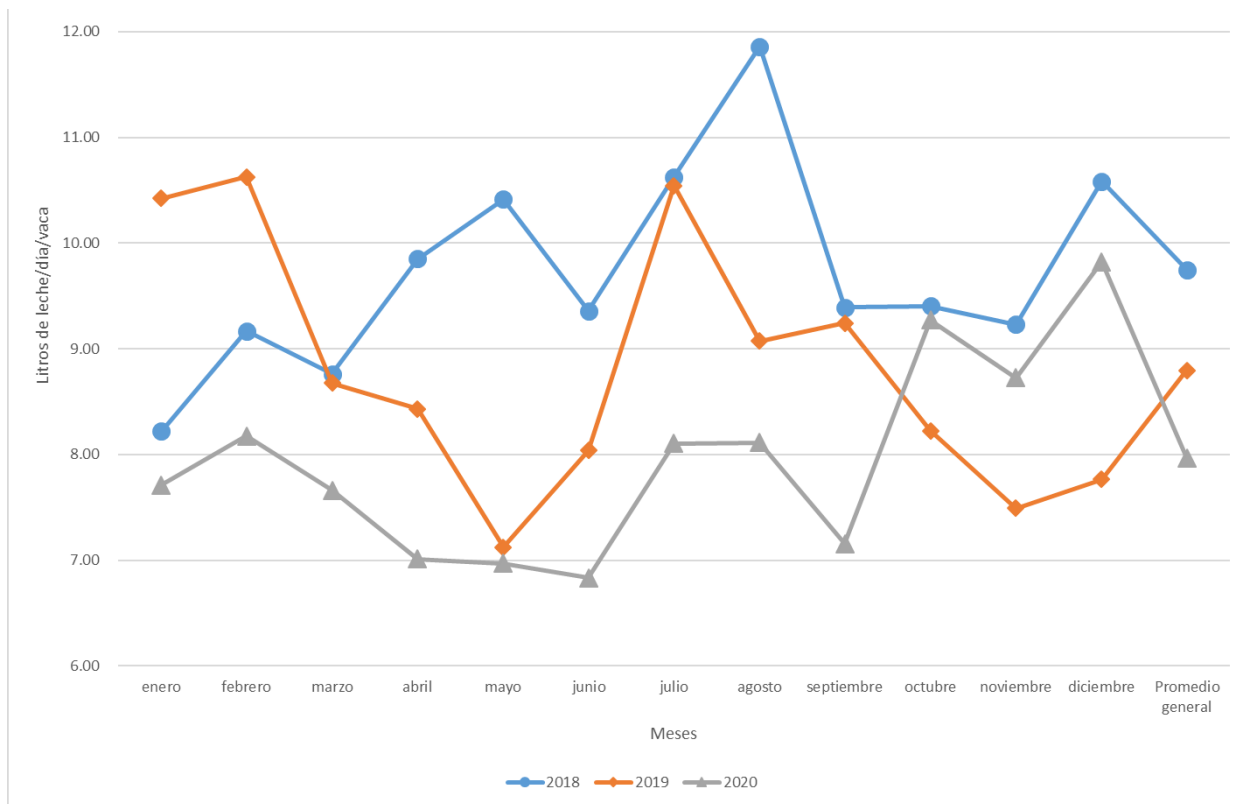


**Figura 2. Producción de leche por año de ordeño (2018-2020).**



No obstante, esta relación decayó en los dos años siguientes, derivado del siniestro ocurrido, por lo que se tomó la decisión de solo realizar una sola ordeña por un periodo de 15 meses. Esta situación afectó directamente la producción del Módulo de Doble Propósito del Campo Experimental La Posta, por lo que en 2019 y 2020 el 91% de la producción total provino de la ordeña matutina y solo el 9% de la vespertina. Sin embargo, al analizar la producción de leche/vaca en ordeño/día, se encontró diferencia promedio entre los años en estudio, 2018 fue el año con mayor producción de leche con un promedio de 9.74 litro por vaca, que en 2019 disminuyó a 8.8 y en 2020 a 8.0 litros por vaca.

De acuerdo con la Figura 3, la mayor producción de leche por vaca en el año ocurrió en los meses de mayor humedad (julio a septiembre).



**Figura 3. Producción promedio de leche al día por vaca en ordeño.**

En el Cuadro 3 se muestra la producción por grupo genético. No hubo gran diferencia en la duración de la lactancia promedio entre los animales Holstein (H) y los Suizo Pardo (SP) por Cebú (C); sin embargo, el promedio de producción de leche en lactancia estuvo a favor de los



animales H x C con más de 300 L de leche, y el promedio de producción por día en lactancia por grupo genético mostró una diferencia numérica a favor (1.655 L) de H x C vs el SP x C en los tres años en estudio. Estos resultados superan por mucho los notificados por Martínez Castro *et al.* (2012) y Magaña *et al.* (2006) para sistemas de doble propósito en Veracruz, quienes reportaron producciones promedio por vaca de 6.2 L de leche al día, calculando así una producción por lactación de 1,500 L con duración promedio de 240 días.

**Cuadro 3. Parámetros productivos por grupo genético del hato de Doble Propósito del C. E. La Posta.**

Grupo genético	Duración promedio de la lactancia (días)	Producción promedio de leche en lactancia (L/lactancia)	Producción promedio por día en lactancia (L/día)
Cruzas HO	293.65 ± 68.04	3160.18 ± 686.9	10.65 ± 0.77
Cruzas SP	296.78 ± 29.3	2786.05 ± 459.54	9.1 ± 0.84

### **Venta de leche y bovino en pie**

El ingreso por venta de leche dependió de dos factores: la producción de leche generada y el precio fijo establecido en el contrato de compra-venta. En el 2018 se estableció un precio fijo de \$5.00 por contrato durante todo el año, mientras que para el 2019 fue de \$5.50 y en 2020 de \$5.80. Cabe destacar que las fluctuaciones en la producción de leche durante el año afectaron la estabilidad del ingreso, así como también la aparición del siniestro que provocó escasez de alimento, por lo que se tomó la decisión de solo realizar un solo ordeño por 15 meses entre junio de 2019 y agosto de 2020. Los ingresos por venta de leche anual y venta de animales en pie durante los tres años de estudio se muestran en el Cuadro 4. En el caso de la venta de animales, está por lo general estuvo condicionada al sexo del animal y al precio por kilogramo de peso corporal. Otro factor que influyó fue la genética, pues los animales con fenotipos semejantes al Holstein tenían un menor precio por kilogramo que ganado con otro fenotipo, principalmente Suizo Pardo.



**Cuadro 4. Ingresos por venta de leche y bovino en pie en el C. E. La Posta-INIFAP.**

	Número de animales/litros de leche	Precio promedio (pesos por kg)	Valor venta final (pesos)
<b>Año 2018</b>			
Hembra en pie	26	32.42	257,413.20
Macho en pie	22	36.23	186,579.00
<b>Ingreso total bovino en pie 2018</b>	<b>48</b>	<b>34.17</b>	<b>443,992.20</b>
<b>Ingresos venta de leche</b>	<b>134,685</b>	<b>5.00</b>	<b>673,425.00</b>
<b>Ingresos totales 2018</b>			<b>1,117,417.20</b>
<b>Año 2019</b>			
Hembra en pie	11	34.73	62,627.50
Macho en pie	24	41.17	200,215.00
<b>Ingreso total bovino en pie 2019</b>	<b>35</b>	<b>39.14</b>	<b>262,842.50</b>
<b>Ingresos venta de leche</b>	<b>93,504</b>	<b>5.50</b>	<b>506,527.50</b>
<b>Ingresos totales 2019</b>			<b>769,370.00</b>
<b>Año 2020</b>			
Hembra en pie	18	26.44	168,861.00
Macho en pie	29	36.07	270,121.50
<b>Ingreso total bovino en pie 2019</b>	<b>47</b>	<b>32.38</b>	<b>438,982.50</b>
<b>Ingresos venta de leche</b>	<b>83,313</b>	<b>5.80</b>	<b>483,215.40</b>
<b>Ingresos totales 2019</b>			<b>922,197.90</b>

Para el C.E. la Posta, la venta de animales es un ingreso complementario, tal como ocurre con los productores de ganado bovino de doble propósito, lo cual representa un apoyo para solventar la liquidez monetaria del sistema de producción.

## Discusión

Las innovaciones tecnológicas aplicadas en el C.E. La Posta, tales como: el uso de cruzas especializadas, el aumento en los periodos de producción de leche por vaca y el proceso de doble ordeño, generan efectos positivos en los volúmenes de producción diaria de leche y en la producción diaria de leche por vaca que resultan superiores a los de unidades de producción semejantes en la zona centro del estado de Veracruz (Oros *et al.*, 2011; Díaz-Rivera *et al.*,



2011; Vilaboa Arroniz y Díaz Rivera, 2009}, quienes reportan una producción diaria promedio de cinco a seis litros por vaca con 150 días en producción.

Uno de los principales problemas que tienen los compradores de leche es la inconsistencia en la oferta del producto durante el año, lo cual trae consigo que el precio de la leche dependa de estas fluctuaciones. Por lo general, ante la escasez de leche producida en los meses con mayor sequía, el precio sube, mientras que cuando ocurre un aumento de la producción en el periodo de lluvia, el precio baja (Martínez Castro *et al.*, 2012). Otro problema grave es la falta de liquidez que tiene un efecto de vulnerabilidad en los productores, debido a que se restringe su posibilidad de adquirir insumos para el sostenimiento de su unidad de producción.

En el contrato de compra-venta de leche firmado por el INIFAP con el comprador, se estableció en una de las cláusulas el compromiso del comprador para realizar el pago de la venta total de leche por siete días, los viernes de cada semana, con lo que también se abona a la solución del problema de liquidez. Si bien el comprador tiene una demanda mayor por leche que el volumen que el C.E. La Posta puede ofrecer, el uso del contrato puede ser una opción para sus otros proveedores, de tal forma que pueda generar mayor certidumbre en el abasto. No obstante, también el comprador de leche puede tener problemas de liquidez, al ser productor de queso y lácteos y enfrentar él mismo dificultad para la venta de sus productos, por lo cual se puede observar que el problema de oferta y liquidez abarca toda la cadena productiva.

Un aspecto que se destacó negativamente en este periodo fue el siniestro ocurrido en las praderas de pastoreo, mismo que afectó directamente la productividad del Campo Experimental La Posta. Ningún ganadero se encuentra exento de este tipo de eventos, pero una de las características positivas del doble propósito es su capacidad de resiliencia (Rangel *et al.*, 2017), lo que permite que el sistema pueda soportar este tipo de eventos y recuperarse en forma paulatina. En este sentido, en caso de que algún productor tenga la intención de convenir un contrato para la compra-venta de leche será conveniente considerar los posibles siniestros, y si se está en posibilidades de adquirir una póliza de seguro, de tal forma que se pueda disminuir el impacto económico-productivo.



## Conclusiones

1. El Módulo de Doble Propósito del Campo Experimental La Posta cuenta con la tecnología y manejo para producir mayor cantidad de leche que la que se reporta en sistemas de producción tradicionales de doble propósito en el trópico, tales como el uso de cruzamientos con mayor especialización a producción de leche y la doble ordeña.
2. El contrato de compra-venta ofrece una herramienta que puede dar mayor estabilidad y liquidez económica al productor y al comprador. No obstante, debe considerarse que los compromisos signados puedan cumplirse y generen ventajas para ambas partes.
3. Deben tenerse en cuenta los cambios en el clima, ya que los incendios de pastizales pueden ir en aumento y ocasionar pérdidas, por lo que sin aseguramiento agropecuario difícilmente se podrá recuperar la inversión.

## Literatura Citada

- Díaz-Rivera, P., V. Oros-Noyola, J. Vilaboa-Arroniz, J. P. Martínez-Dávila y G. Torres-Hernández. 2011. Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Trop Subtrop Agroecos*. 14(1):191-199.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. México, D.F.: Instituto de Geografía-UNAM.
- Jaramillo-Villanueva, J. L., y A. Palacios-Orozco. 2019. Transmisión de precios vertical y espacial en el mercado mexicano e internacional de leche. *Rev Mex Cienc Pec*. 10(3): 623-642.
- Loera, J. y J. Banda. 2017. Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Rev Invest Altoand*. 19(4):419-426.
- Magaña, J., G. Ríos y J. Martínez. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch Latinoam Prod Anim*. 14(3):105-114.
- Martínez Castro, C. J., J. Cotera Rivera y J.A. Zavaleta. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Rev Mex Agroneg*. 16(30):816-824.



- Oros, V. N., P. Díaz Rivera, J. Vilaboa Arroniz, J. P. Martínez Dávila y G. Torres Hernández. 2011. Caracterización por grupos tecnológicos de los hatos ganaderos doble propósito en el municipio de las Choapas, Veracruz, México. *Rev Cient*, 21(1):57-63.
- Rangel, J., J. A. Espinosa, C. De Pablos-Heredero, J. Rivas, J. Perea, E. Angón, and A. García-Martínez. 2017. Is the increase of scale in the tropics a pathway to smallholders? Dimension and ecological zone effect on the mixed crop-livestock farms. *Spanish J Agric Res*, 15(2): e0109. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017152-9561>
- Robledo Padilla, R. 2016. El sector lácteo de doble propósito en el trópico mexicano dentro del contexto nacional. *In: Memoria del 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*. 15 a 18 de noviembre de 2016. AMECIDER – ITM. Mérida, Yucatán.
- Salas-Reyes, I. G., C. M. Arriaga-Jordán, S. Rebollar-Rebollar, A. García-Martínez and B. Albarrán-Portillo. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop Anim Health Prod*. 47(6): 1187-1194.
- SIAP. 2020. Estadística pecuaria. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México.
- Vilaboa Arroniz, J. y P. Díaz Rivera. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zoot Trop*. 27(4):427-436.
- Villamar, L y E. Olivera. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. México. 37 pp.
- 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. *Agronomía Mesoamericana*. 21(2):255-265.





# GESTACIÓN POSVACUNACIÓN CONTRA DIARREA VIRAL BOVINA, RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA Y LEPTOSPIROSIS EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>1</sup>, Guadalupe Asunción Socci Escatell<sup>1</sup> y Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup>

## Resumen

Se determinó la frecuencia de anticuerpos contra diarrea viral bovina (BVD), rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) y *Leptospira Interrogans* (LI), en vacas lecheras en pastoreo subtropical, así como el efecto de una vacuna polivalente comercial sobre las tasas de gestación y parto. Se obtuvieron muestras de suero sanguíneo y se determinaron anticuerpos (AC) contra BVD e IBR mediante ELISA y contra LI con MAT. Se formaron dos grupos experimentales: vacas vacunadas y no vacunadas. Las frecuencias de AC contra BVD, IBR y LI, así como las tasas de gestación y parto, se consideraron como variables binarias; por lo tanto, cuando una muestra de suero resultó positiva y una vaca resultó gestante o parida, el evento se registró como 1, en caso contrario como 0. El modelo estadístico incluyó el efecto de la vacunación y el estatus de la vaca (lactante y seca). Los análisis se hicieron por característica con GENMOD de SAS y función liga logit en una distribución binomial. No hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre vacas vacunadas y no vacunadas y entre lactantes y secas en la frecuencia de AC contra BVD, IBR y LI. La tasa de gestación no fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre vacas vacunadas (72.9%) y no vacunadas (51.6%) y tampoco la de parto entre vacunadas (67.7%) y no vacunadas (90.9%). Se concluye que el hato está infectado con las tres enfermedades, pero la vacuna no mejoró la tasa de gestación y partos.

**Palabras clave:** vacas, virus, *Leptospira*

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). [rosete.jorge@inifap.gob.mx](mailto:rosete.jorge@inifap.gob.mx)



## Introducción

La diarrea viral bovina y la rinotraqueitis infecciosa bovina son enfermedades virales que afectan la reproducción en las vacas, provocando baja fertilidad, repetición de estros, reabsorción embrionaria, abortos y, en consecuencia, una tasa de gestación muy baja, que repercute en la tasa de parto y la cosecha de becerros al destete (Waldner, 2005; Gu y Kirkland, 2008). La leptospirosis es una enfermedad que afecta también la reproducción en bovinos (García *et al.*, 2008), con signos semejantes a los de la diarrea viral bovina y rinotraqueitis infecciosa bovina, y una reducción, además, en la producción de leche por lactancia (Arias *et al.*, 2011). Actualmente, se reconocen como serovariedades más frecuentes de leptospiras en bovinos a wolffi, tarassovi, hardjo, inifap (serovariedad hardjo aislada en el INIFAP), palo alto (serovariedad *icterohaemorrhagiae* aislada en el INIFAP; Zárate *et al.*, 2015), y en otros estudios bratislava (Atxaerandio *et al.*, 2005), hardjo y tarassovii (Méndez *et al.*, 2013); así como *santarosai* y *kirschneri* (Carmona *et al.*, 2011). Para controlar los problemas reproductivos que causan la diarrea viral bovina, la rinotraqueítis infecciosa bovina y la leptospirosis, la vacunación de los hatos ganaderos (Vargas *et al.*, 2009) evita el impacto negativo que esto causa en la producción ganadera (Lanyon *et al.*, 2012). En ganaderías del trópico y subtropical húmedos de México, se ha estudiado la prevalencia e incidencia y su efecto en la tasa de gestación a la diarrea viral bovina y rinotraqueitis infecciosa bovina (Zárate *et al.*, 2013; Rosete *et al.*, 2015; Rosete *et al.*, 2018), y en cuanto a leptospirosis, también se han estudiado las serovariedades presentes en ganado de doble propósito (Zárate *et al.*, 2015). Por otro lado, también se ha identificado la prevalencia para conocer el estado sanitario en hatos lecheros y aplicar medidas de control (Atxaerandio *et al.*, 2005); sin embargo, es importante conocer si en hatos afectados por estas tres enfermedades en clima subtropical húmedo, la vacunación puede mejorar la tasa de gestación; por lo tanto, el objetivo de este estudio fue detectar la presencia de la diarrea viral bovina, la rinotraqueítis infecciosa bovina y la leptospirosis, y si la vacunación para estas tres enfermedades incluidas en una vacuna polivalente comercial mejora la tasa de gestación en un hato lechero en pastoreo en clima subtropical húmedo.



## **Materiales y Métodos**

### **Lugar de realización del estudio**

El trabajo se realizó en clima subtropical húmedo, en la región oriente del estado de Puebla.

### **Animales, manejo y alimentación**

Se incluyeron 76 vacas lecheras de los genotipos Suizo Americano, Holstein y sus cruizas reciprocas, sin antecedentes de vacunación. Las vacas se mantuvieron en praderas de zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en parcelas que permitieron un pastoreo rotacional con descanso de 28 y 40 días, en primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente. Las vacas en lactancia se ordeñaron dos veces al día en forma mecánica y recibieron al día 3.5 kg de alimento concentrado con 18% de proteína cruda. Las vacas en periodo seco se complementaron con 2 kg de este mismo alimento concentrado. En la época invernal, el pastoreo se suplementó con forraje de corte que fue caña japonesa (*Saccharum sinense*), la que se ofreció verde y picada, aproximadamente 20 kg por animal al día.

### **Diagnóstico de gestación**

El diagnóstico de gestación de las vacas que ingresaron vacías al estudio se realizó con ultrasonografía vía rectal, desde los 30 días posteriores al último servicio de inseminación artificial o monta natural. Después, junto con las vacas que ingresaron gestantes se confirmó el estado de gestación por palpación vía rectal cada mes, hasta dos meses antes del parto.

### **Protocolo zoonosanitario**

El protocolo zoonosanitario establecido en el hato consiste en la vacunación contra clostridiasis, pasterelosis, manhemiasis, rabia parálitica bovina, desparasitación interna y externa. Además, el hato estuvo libre de tuberculosis y brucelosis bovina, pues permanece en la campaña nacional. En este estudio, solo el 50% de las vacas fueron vacunadas contra diarrea viral bovina, rinotraqueitis infecciosa bovina y leptospirosis, quedando el resto como grupo no vacunado. La vacunación fue con una vacuna polivalente comercial compuesta con virus inactivado para diarrea viral bovina, virus activo modificado para rinotraqueitis infecciosa bovina y con las serovariedades de leptospiras hardjo, wolffi, tarassovi e icterohaemorrhagiae inactivadas. El procedimiento de vacunación consistió en una primera aplicación con un refuerzo a los 30 días posteriores.



### **Toma de muestras de sangre y obtención de suero**

Para el diagnóstico de anticuerpos en suero sanguíneo contra los virus de la diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina; así como de las leptospiras, se tomó una muestra de sangre de la vena coccígea con agujas y tubos vacutainer sin anticoagulante. Estas muestras se transportaron en frío en una caja de poliuretano con abundante hielo. En el laboratorio, las muestras de sangre se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 minutos y el suero obtenido se conservó en viales de 5 ml en congelación hasta su análisis.

### **Diagnóstico de laboratorio**

Los anticuerpos contra la diarrea viral bovina se diagnosticaron con la prueba de ELISA de bloqueo (procedimiento inmunoenzimático de adsorción) que detecta anticuerpos específicos contra la proteína p80 del virus (CIVTEST BOVIS BVD/BD P80, HIPRA). Los anticuerpos contra la rinotraqueítis infecciosa bovina se identificaron con la prueba de ELISA de bloqueo que detecta anticuerpos específicos contra la glicoproteína E del herpes virus bovino tipo 1 (BHV-1; CIVTEST BOVIS IBRgE, HIPRA). Los anticuerpos contra la *Leptospira sp.* se reconocieron con la prueba de aglutinación en placa (MAT). Estos diagnósticos se realizaron en el laboratorio del Centro Nacional de Salud Animal e Inocuidad de INIFAP.

### **Análisis estadístico**

La frecuencia de anticuerpos, la tasa de gestación y parto por vaca, se consideraron como variables binarias, por lo que se registraron en la base de datos como 1, cuando la muestra de suero fue positiva y una vaca resultó gestante o parió, y como 0 cuando sucedió lo contrario. Para cada característica, los análisis se realizaron con regresión logística con el procedimiento GENMOD del paquete SAS, utilizando la función liga logit en una distribución binomial, incluyendo en el modelo el efecto del tratamiento (vacunado y no vacunado) y el estatus de la vaca (lactante y seca).

### **Resultados y Discusión**

La frecuencia de anticuerpos antes de la vacunación contra los virus de la diarrea viral bovina, la rinotraqueítis infecciosa bovina y la *Leptospira sp.*, no fue diferente ( $P > 0.05$ ) entre las vacas



vacunadas y las no vacunadas. El Cuadro 1 muestra las medias de cuadrados mínimos y errores estándar.

**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para frecuencia de anticuerpos antes de la vacunación contra el virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR, %), diarrea viral bovina (BVD, %) y *Leptospira* sp. (LEP, %), en vacas vacunadas y no vacunadas.**

Tratamiento	IBR	BVD	LEP
Vacunadas	14.6 ± 7.0 <sup>a</sup>	10.4 ± 6.0 <sup>a</sup>	57.5 ± 10.0 <sup>a</sup>
No vacunadas	14.0 ± 7.0 <sup>a</sup>	5.2 ± 4.0 <sup>a</sup>	78.3 ± 8.0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Misma literal dentro de columna no son diferentes (P>0.05).

La frecuencia de anticuerpos antes de la vacunación contra los virus de la diarrea viral bovina, rinotraqueitis infecciosa bovina y la *Leptospira* sp., no fue diferente (P>0.05) entre las vacas lactantes y secas. El Cuadro 2 muestra las medias de cuadrados mínimos y errores estándar.

**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para frecuencia de anticuerpos séricos antes de la vacunación contra el virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR, %), diarrea viral bovina (BVD, %) y *Leptospira* sp. (LEP, %), en vacas lactantes y secas.**

Estatus	IBR	BVD	LEP
Lactantes	17.0 ± 5.0 <sup>a</sup>	7.4 ± 3.0 <sup>a</sup>	75.8 ± 6.0 <sup>a</sup>
secas	12.0 ± 9.0 <sup>a</sup>	7.4 ± 8.0 <sup>a</sup>	60.9 ± 15.0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Misma literal por columna no son diferentes (P>0.05).

Las tasas de gestación y parto no fueron diferentes (P>0.5) entre las vacas vacunadas y no vacunadas. En el Cuadro 3 se muestran las medias de cuadrados mínimos y errores estándar por efecto del tratamiento.

**Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para las tasas de gestación y parto por efecto de la vacunación en vacas en pastoreo.**

Tratamiento	Gestación, %	Parto, %
Vacunadas	72.9 ± 11.0 <sup>a</sup>	67.0 ± 23.0 <sup>a</sup>
No vacunadas	51.6 ± 15.0 <sup>a</sup>	90.9 ± 9.0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Misma literal por columna no son diferentes (P>0.05).



De igual manera, entre vacas lactantes y secas, las tasas de gestación y parto no fueron diferentes ( $P < 0.5$ ). En el Cuadro 4 se muestran las medias de cuadrados mínimos y errores estándar por estatus de las vacas.

**Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para las tasas de gestación y parto por efecto del estatus en vacas en pastoreo.**

Estatus	Gestación, %	Parto, %
Lactantes	$69.9 \pm 9.0^a$	$93.3 \pm 5.0^a$
Secas	$53.3 \pm 19.0^a$	$59.8 \pm 35.0^a$

<sup>a</sup> Misma literal por columna no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

En este estudio, la frecuencia de anticuerpos antes de la vacunación no difirió entre vacas vacunadas y no vacunadas, por lo que ambos grupos estuvieron en igualdad de circunstancias y esto no influyó en la respuesta a los tratamientos; además, esta frecuencia indicó que el hato estaba infectado con estas tres enfermedades y que la vacunación no fue capaz de mejorar la tasa de gestación en las vacas que ingresaron vacías, ni de modificar la tasa de parto en las que ingresaron gestantes. Para el caso de la diarrea viral bovina, la frecuencia de anticuerpos en las vacas vacunadas (10.4%) y no vacunadas (5.2%) resultó menor al 69.0% (Romero *et al.* 2009) y el 60.3% (Milián-Suazo *et al.*, 2016) en vacas en pastoreo en el estado de Veracruz, al 32.8% de vacas lecheras de Hidalgo (Meléndez *et al.*, 2010) y 48.6% de vacas de Aguascalientes (Sánchez-Castilleja *et al.*, 2012). En general, resultaron menores a lo reportado en una revisión de literatura de estudios mexicanos donde la frecuencia fue del 59.3% (Rosete *et al.*, 2018). Con respecto a la rinotraqueítis infecciosa bovina, la frecuencia de anticuerpos en vacas vacunadas (14.6%) y no vacunadas (14.0%), también fue menor al 45 y 96% al compararlas con vacas de ranchos de Veracruz (Zárate *et al.*, 2013) y al 56.4% de una revisión de literatura de estudios mexicanos (Ríos-Utrera *et al.*, 2018). En cuanto a los anticuerpos contra *Leptospira* sp., la frecuencia de las vacas vacunadas (57.5%) y no vacunadas (78.3%) en este estudio, fue semejante al promedio nacional en México de 49.7% (Luna *et al.*, 2005). Sin embargo, la vacunación no mejoró la tasa de gestación. A este respecto, en estudios previos se analizó si el estatus sanitario de las vacas difería entre vacas gestantes y vacías en hatos no vacunados, no siendo diferente ( $P > 0.05$ ) para diarrea viral bovina con frecuencias de 81.8 y 80.7%, para gestantes y vacías, respetivamente, y para la rinotraqueítis infecciosa



bovina de 77.7 y 75.0%, para gestantes y vacías, respectivamente (Abad-Zavaleta *et al.*, 2016). Para el caso de la leptospirosis, también se documentó que en vacas no vacunadas, la tasa de gestación fue la misma para seropositivas (54.0%) como para seronegativas (47.0%) (Zárate *et al.*, 2015). Sin embargo, en un trabajo con ganado de lidia, las hembras que fueron vacunadas contra diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina, tuvieron mayor tasa de gestación (71.1%) que las no vacunadas (28.6%), demostrando el efecto favorable de la vacunación (Pacheco-Lima *et al.*, 2019) y también en otro estudio (Montiel-Olguín *et al.*, 2019), al analizar los factores de riesgo a nivel de establo lechero asociado con el desempeño reproductivo de las vacas, se documentó que las frecuencias séricas altas a neosporosis, diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina, son factores que afectan el desempeño reproductivo. El trabajo de Montiel-Olguín *et al.* (2019) podría ayudar a explicar porque en este estudio no se encontraron, al menos estadísticamente, diferencias en la tasa de gestación entre vacas vacunadas y no vacunadas, considerando que las frecuencias a diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina fueron relativamente bajas, aunque este no fue el caso de la leptospirosis. De cualquier manera, aunque este trabajo no mostró el efecto mejorador de la vacunación en la tasa de gestación, la recomendación de vacunar está bien sustentada por las fallas reproductivas documentadas en trabajos anteriores (Waldner, 2005; Gu y Kirkland, 2008; García *et al.*, 2008; Vargas *et al.*, 2009; Arias *et al.*, 2011; Lanyon *et al.*, 2012).

## Conclusiones

1. Las frecuencias de anticuerpos en suero para la diarrea viral bovina, rinotraqueítis infecciosa bovina y *Leptospira* sp., muestran que la vacunación no manifestó mejoría en la tasa de gestación.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este estudio en el Sitio Experimental Las Margaritas de



su Centro de Investigación Regional Golfo Centro y su Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

## Literatura Citada

- Abad-Zavaleta, J., A. Ríos-Utrera, J. V. Rosete-Fernández, A. García-Camacho y J. P. Zárate-Martínez. 2016. Prevalencia de rinotraqueítis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas del año en la Zona Centro de Veracruz. *Nova Scientia*. 8(1): 213-227.
- Arias, Ch., F., F. Suárez A., W. Huanca L., H. Rivera G., J. Camacho S. y T. Huanca M. 2011. Prevalencia de leptospirosis bovina en dos localidades de Puno en época de seca y determinación de factores de riesgo. *Rev. Invest. Vet. Perú*. 22(2):167-170.
- Atxaerandio, R., G. Aduriz, I. Ziluaga, J. I. Esteban, L. Maranda, and R. C. Mainar-Jaime. 2005. Serological evidence of *Leptospira interrogans* serovar *bratislava* infection and its association with abortions in cattle in northern Spain. *Vet. Rec.* 156:376-380.
- Carmona, G., C. A., L. León L., L. O. Castillo S., J. M. Ramírez O., A. Ko., C. Luna P. *et al.* 2011. Detección de *Leptospira santarosai* y *L. kirschneri* en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. *Vet. Méx.* 42(4): 277-288.
- García, U. D., V. A. Lara S., J. A. Monroy J. y J. N. Zavaleta H. 2008. Evaluación reproductiva y productiva de un hato lechero con un brote de *L. interrogans* serovariedad *hardjo* tipo *hardjo bovis* [resumen]. p.164. *In: Memoria del XXXII Congreso Nacional de Buiatría. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos A. C.* 14 al 16 de agosto 2008. Boca del Río, Veracruz, México.
- Gu, X., and P.D. Kirkland. 2008. Infectious bovine rhinotracheitis. Australian and New Zealand Standard Diagnostic Procedure.1-18. [https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/animal/ah/AN\\_ZSDP-Infectious-bovine-rhinotracheitis-IBR.pdf](https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/animal/ah/AN_ZSDP-Infectious-bovine-rhinotracheitis-IBR.pdf)
- Lanyon, S., J. Rogers, A. Kessel, and M. P. Reichel. 2012. Economic analysis of an acute outbreak of bovine viral diarrhoea virus (BVDv) in a South Australia herd-a case study. *Austr. Cattle Vet.* 63:13-17.
- Luna, A., M. A., L.P. Moles C., D. Gavaldón R., C. Nava V. y F. Salazar G. 2005. Estudio retrospectivo de la seroprevalencia de leptospirosis bovina en México considerando las regiones ecológicas. *Rev Cub Med Trop.* 57 (1):28-31.





- Meléndez, S., R. M., A. G. Valdivia F., E. J. Rangel M., E. Díaz A., J. C. Segura-Correa y A. L. Guerrero B. 2010. Factores de riesgo asociados a la presencia de aborto y desempeño reproductivo en ganado lechero de Aguascalientes, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(4):391-401.
- Méndez, C., L. Benavides, A. Esquivel, A. Aldama, J. Torres, D. Gavaldón *et al.* 2013. Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Rev Salud Anim.* 35(1):25-32.
- Milián-Suazo, F., R. Hernández-Ortíz, L. Hernández-Andrade, A. Alvarado-Islas, E. Díaz-Aparicio, F. Mejía-Estrada *et al.* 2016. Seroprevalence and risk factors for reproductive diseases in dairy cattle in Mexico. *J. Vet Med Anim Health.* 8(8): 89-98.
- Montiel-Olguín, L. J., E. Estrada-Cortés, M. A. Espinosa-Martínez, M. Mellado, J. O. Hernández-Vélez, G. Martínez-Trejo *et al.* 2019. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 10(3):676-691.
- Pacheco-Lima, J., H. Silva, J. P. Campillo-Beneitez, D. Fernandes da Silva and F. Moreira da Silva. 2019. Effect of vaccination against IBR/BVD on the reproductive performances of Brava Dos Açores-A bovine lidia breed. *Am J Biomed Sci & Res.* 6(4):266-272. DOI:[10.34297/AJBSR.2019.06.001041](https://doi.org/10.34297/AJBSR.2019.06.001041)
- Ríos-Utrera, Á., J. V. Rosete-Fernández, J. P. Zárate-Martínez, A. Fragoso-Islas, S. Olazarán-Jenkins, L. Granados-Zurita *et al.* 2018. Rinotraqueítis infecciosa bovina: determinación de la prevalencia de anticuerpos en vacas mexicanas no vacunadas de los estados de Tabasco, Puebla y Veracruz. *Rev. Científ. FCV-LUZ.* 28(5):349-359.
- Romero, S., D., T. Montiel P., M. Aguilar D., D. I. Martínez H. y Z. S. García V. 2009. Prevalencia de diarrea viral bovina en el estado de Veracruz, México. p. 660-667. *In: Memoria de la XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria.* Veracruz, México.
- Rosete, F., J. V., L. Granados Z., J. P. Zárate M., A. Ríos U., V. M. Banda R., G. A. Socci E. *et al.* 2015. Prevalencia e incidencia a diarrea viral bovina en vacas de doble propósito en pastoreo en trópico húmedo. p. 246-251. *In: Memoria de la VII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco y IV Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical.* Villahermosa, Tabasco, México.
- Rosete, F., J. V., Á. Ríos U., J. P. Zárate M., S. Olazarán J., L. Granados Z., A. Fragoso I. *et al.* 2018. Prevalencia de anticuerpos contra diarrea viral bovina en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 9(3):555-566.
- Sánchez-Castilleja, Y. M., J. G. Rodríguez D., M. Pedroso, S. Cuello. 2012. Simultaneidad serológica de *Neospora caninum* con *Brucella abortus* y los virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en bovinos pertenecientes al estado de Hidalgo, México. *Rev Sal Anim.* 34(2): 95-100.



- 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. *Anim. Reprod. Sci.* 90(3-4):219-242.
- Zárate, M. J. P., J. V. Rosete F., A. Ríos U., F. T. Barradas P., R. López E., S. Olazarán J. *et al.* 2013. Estado reproductivo y prevalencia de IBR y DVB en hembras bovinas en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. p. 759-766. *In: Memoria del XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos A. C. Acapulco, Guerrero, México.*
- Zarate, M., J. P., J. V. Rosete F., Á. Ríos U., F. T. Barradas P. y S. Olazarán J. 2015. Prevalencia de leptospirosis y su relación con la tasa de gestación en bovinos de la zona centro de Veracruz. *Nova Scientia.* (7)14: 202-217.



## NEOSPOROSIS Y SU RELACIÓN CON LA GESTACIÓN EN VACAS EN CLIMA TROPICAL HÚMEDO

Jorge Víctor Rosete Fernández<sup>1</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup>, Guadalupe Asunción Socci Escatell<sup>1</sup>, Abraham Fragoso Islas<sup>1</sup>, Juan Prisciliano Zárate Martínez<sup>1</sup> y Lorenzo Granados Zurita<sup>1</sup>

---

### Resumen

El objetivo fue determinar la frecuencia de anticuerpos contra *Neospora caninum* (Nc) en vacas en pastoreo en clima tropical en tres estados de la República Mexicana, así como evaluar su asociación con el estatus reproductivo de la vaca (gestante, no gestante). Se colectaron muestras de sangre de 422 vacas para la detección de anticuerpos contra Nc en suero con la prueba de ELISA. Los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz tuvieron frecuencia de anticuerpos similar contra NC ( $P > 0.05$ ). La frecuencia promedio de anticuerpos contra NC de los tres estados fue 24.0%. La frecuencia de anticuerpos contra Nc entre municipios varió de 7.8 a 43.3%. En Puebla, la frecuencia de anticuerpos contra Nc en bovinos del municipio de San José Acateno fue dos veces mayor que en los municipios de Hueytamalco y Nauzontla ( $P < 0.05$ ). En Tabasco, los municipios de Cunduacán, Huimanguillo y Ranchería El Puente mostraron frecuencia de anticuerpos similar contra Nc ( $P > 0.05$ ). En Veracruz, las vacas de los municipios de Cotaxtla y Medellín presentaron mayor ( $P < 0.05$ ) frecuencia de anticuerpos contra NC que las del municipio de San Rafael. El estatus reproductivo de las vacas seropositivas (55.5%) fue similar ( $P > 0.05$ ) al de las seronegativas (58.2%). Todos los hatos tuvieron anticuerpos contra Nc, sugiriendo que este parásito está ampliamente distribuido en los ranchos estudiados en los tres estados. Además, existió gran variación entre hatos y entre municipios; finalmente, la presencia de anticuerpos contra Nc no estuvo asociada al estatus reproductivo de las vacas.

**Palabras clave:** anticuerpos, *Neospora caninum*, bovinos, reproducción

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). [rosete.jorge@inifap.gob.mx](mailto:rosete.jorge@inifap.gob.mx)



## Introducción

En el territorio mexicano, los informes sobre *Neospora caninum* (*N. caninum*) son relativamente reciente. Este importante agente patógeno está presente en hatos bovinos lecheros, de carne y de doble propósito (García-Vázquez *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2001; Romero-Salas *et al.*, 2010), de manera que la literatura científica indica que *N. caninum* está ampliamente distribuido en el estado de México (Morales *et al.*, 2001; Ojeda-Carrasco *et al.*, 2016), Hidalgo (Milián-Suazo *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2001; Sánchez-Castilleja *et al.*, 2012), Guanajuato (Milián-Suazo *et al.*, 2016) y Querétaro (Milián-Suazo *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2001). Los bovinos en estos estados muestran frecuencias de anticuerpos séricos considerables contra este parásito intracelular con valores promedio entre 53 y 60%. Además, en muchos hatos mexicanos se ha encontrado que *N. caninum* se asocia con abortos (Morales *et al.*, 2001). Sin embargo, la mayoría de los estudios mexicanos sobre la frecuencia de anticuerpos séricos contra *N. caninum* y su asociación con la falla reproductiva se han realizado con vacas Holstein del altiplano mexicano (Gutiérrez *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2001, Ojeda-Carrasco *et al.*, 2016; Sánchez-Castilleja *et al.*, 2012). En contraste, son escasos los estudios relacionados con la frecuencia de anticuerpos séricos contra *N. caninum* en bovinos de carne y doble propósito criados en condiciones tropicales de México. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia de anticuerpos séricos contra *N. caninum* en vacas en pastoreo en clima tropical húmedo de los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, así como evaluar su asociación con el estatus reproductivo de las vacas.

## Materiales y Métodos

### Lugar de realización del estudio

El estudio se hizo en 24 ranchos de los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, unos dedicados a la producción de becerros para la engorda en el sistema vaca-cría y otros a producción de leche y becerros para la engorda en el sistema de doble propósito. En Puebla, se incluyeron los municipios Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco, Nauzontla, San José



Acateno y Xochitlán de Vicente Suárez; en Tabasco, los municipios Cunduacán, Huimanguillo y Ranchería El Puente; y en Veracruz, los municipios Cotaxtla, Medellín y San Rafael.

### **Animales, manejo y alimentación**

Se incluyeron vacas Brahman (n=20) y cruzadas *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus* (n=402). Las vacas se mantuvieron en pastoreo en praderas de distintos zacates según el existente en cada rancho: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y gramas nativas (*Axonopus* sp. y *Paspalum* sp.). Las vacas en el sistema vaca-cría se mantuvieron en pastoreo con su cría en amamantamiento libre desde el nacimiento hasta el destete, lo que ocurrió entre los siete y nueve meses de edad de la cría. La alimentación de la vaca y cría consistió en el consumo del forraje durante el pastoreo más minerales que se ofrecieron a libertad. Las vacas en el sistema de doble propósito estuvieron en lactancia con ordeña una o dos veces al día, en forma mecánica o manual, según el manejo del rancho. Las vacas amamantan a su cría después de cada ordeño por un tiempo que varía desde una hora (dos ordeños al día) hasta tres horas (un ordeño al día) hasta el destete de la cría, lo que ocurrió entre los siete y nueve meses de edad. Las vacas recibieron alimento concentrado (18% de proteína cruda) durante el ordeño entre 2.5 y 3.5 kg/animal/día, también se les proporcionaron minerales a libertad. Después del ordeño, la vaca y su cría fueron separadas en potreros diferentes para evitar el amamantamiento entre los ordeños. Las crías también recibieron alimento concentrado, 1 kg/día y minerales a libertad.

### **Diagnóstico de gestación**

El diagnóstico de gestación de las vacas se hizo mensualmente por palpación rectal, desde el inicio del estudio hasta dos meses antes del parto.

### **Protocolo zoonosanitario**

El protocolo zoonosanitario establecido en los hatos consiste en la vacunación contra clostridiasis, pasterelosis, rabia paralítica bovina, desparasitación interna y externa. Además, los hatos estuvieron en la campaña contra tuberculosis y brucelosis bovina, siendo hatos negativos en proceso de constatarse como hatos libres.

### **Toma de muestras de sangre para obtención de suero**

Se tomaron muestras de sangre de la vena coccígea con agujas y tubos vacutainer sin anticoagulante para el diagnóstico de anticuerpos séricos contra *N. caninum*. Las muestras se transportaron al laboratorio en frío en una caja de poliuretano con abundante hielo. Las



muestras de sangre se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 minutos y el suero obtenido se conservó en viales de 5 ml en congelación (-20°C) hasta su análisis.

### Diagnóstico de laboratorio

Las muestras de suero para el diagnóstico de anticuerpos, se analizaron con el procedimiento ELISA indirecto (inmunoenzimático de adsorción) mediante la detección específica de anticuerpos contra taquizoítos de *N. caninum* (CIVTEST BOVIS NEOSPORA; HIPRA).

### Análisis estadístico

La frecuencia de anticuerpos y la tasa de gestación se consideraron como variables binarias, por lo que se registraron en la base de datos como 1, cuando la muestra de suero fue positiva y una vaca resultó gestante a la palpación y como 0, cuando sucedió lo contrario. Para cada característica, los análisis se realizaron con regresión logística con el procedimiento GENMOD del paquete SAS, utilizando la función liga logit para una distribución binomial. Para la frecuencia de anticuerpos séricos contra *N. caninum*, el modelo de regresión logística incluyó los efectos de estado y municipio anidado en estado. Para la tasa de gestación, el modelo estadístico incluyó el estatus sanitario de la vaca (seropositiva o seronegativa).

## Resultados y Discusión

Los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz tuvieron similares frecuencias de anticuerpos ( $P>0.05$ ). La frecuencia promedio para los tres estados fue de 24.0% (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos e intervalos de confianza al 95% para frecuencia (%) de anticuerpos séricos bovinos contra *N. caninum*, por estado.**

Estado	Media	Límite inferior	Límite superior
Puebla	26.0 ± 4.9 <sup>a</sup>	17.5	36.8
Tabasco	23.8 ± 6.9 <sup>a</sup>	12.8	39.8
Veracruz	22.3 ± 4.0 <sup>a</sup>	15.4	31.1
Promedio	24.0		

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no son diferentes ( $p>0.05$ ).



El Cuadro 2 presenta las frecuencias de anticuerpos contra *N. caninum* por municipio dentro de cada estado.

**Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para frecuencia (%) de anticuerpos séricos bovinos contra *N. caninum*, por municipio dentro de cada estado.**

Municipio	Media	Límite inferior	Límite superior
<b>Estado de Puebla</b>			
Ayotoxco de Guerrero	20.0±8.9 <sup>abc</sup>	7.7	42.8
Hueytamalco	17.1±4.3 <sup>bc</sup>	10.2	27.2
Nauzontla	15.4±10.0 <sup>bc</sup>	3.9	45.1
San José Acateno	43.3 ± 6.4 <sup>a</sup>	3.1	56.0
Xochitlán	42.9 ± 18.7 <sup>ab</sup>	14.4	77.0
<b>Estado de Tabasco</b>			
Cunduacán	16.7 ± 10.8 <sup>bc</sup>	4.2	47.7
Huimanguillo	40.6 ± 8.0 <sup>ab</sup>	26.3	56.7
Ranchería El Puente	18.2 ± 11.6 <sup>abc</sup>	4.6	50.7
<b>Estado de Veracruz</b>			
Cotaxtla	32.2 ± 7.9 <sup>ab</sup>	18.9	49.1
Medellín	36.8 ± 7.9 <sup>ab</sup>	23.1	53.1
San Rafael	7.8 ± 3.5 <sup>c</sup>	3.2	18.2

<sup>a,b,c</sup>Medias con diferente literal son diferentes ( $p < 0.05$ ).

La tasa de gestación de las vacas seropositivas fue similar ( $P > 0.05$ ) al de las seronegativas a *N. caninum* (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos e intervalos de confianza al 95% para la tasa de gestación (%), por estatus sanitario de la vaca.**

Estatus sanitario de la vaca	Media	Límite inferior	Límite superior
Seronegativa	55.6 ± 4.7 <sup>a</sup>	46.4	64.5
Seropositiva	58.2 ± 6.2 <sup>a</sup>	45.8	69.7

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no son diferentes ( $p > 0.05$ ).

La frecuencia de anticuerpos contra *N. caninum* para el estado de Puebla obtenida en la presente investigación (26%) es menor que la frecuencia (39%) previamente reportada para el



mismo estado (Morales *et al.*, 2001). La diferencia (13%) pudo ser causada por el tipo de bovino; ya que las hembras incluidas en el presente estudio provinieron de hatos de carne y doble propósito; sin embargo, las hembras del estudio previo (Morales *et al.*, 2001) eran de hatos lecheros. La frecuencia de anticuerpos contra *N. caninum* para el estado de Veracruz reportada en este estudio es similar a la frecuencia reportada en dos estudios previos realizados en el norte del estado (Montiel-Peña *et al.*, 2011) y en el municipio de Medellín (Romero-Salas *et al.*, 2010), con valores de 20.8 y 22.6%, respectivamente. En el estado de Puebla, la frecuencia de anticuerpos en bovinos del municipio de San José Acateno fue dos veces mayor que en bovinos de los municipios de Hueytamalco y Nauzontla ( $P < 0.05$ ). Los bovinos de los municipios de Hueytamalco, Ayotoxco de Guerrero, Xochitlán de Vicente Suárez y Nauzontla tuvieron frecuencias similares de anticuerpos ( $P > 0.05$ ). En el estado de Tabasco, los bovinos de los municipios de Huimanguillo, Cunduacán y Ranchería El Puente tuvieron similares ( $P > 0.05$ ) frecuencias de anticuerpos. En el estado de Veracruz, los bovinos de los municipios de Medellín y Cotaxtla presentaron mayor frecuencia de anticuerpos ( $P < 0.05$ ) que los bovinos del municipio de San Rafael. Entre municipios, la frecuencia de anticuerpos varió de 7.8 (municipio de San Rafael) a 43.3% (municipio de San José Acateno). En el estudio, no hubo asociación de anticuerpos séricos contra la *Neospora caninum* y la tasa de gestación de las vacas; sin embargo, existen evidencias de que la neosporosis es causante de hasta 30% de abortos en hatos infectados con prevalencia del 12% (Ansari-Lari *et al.*, 2017), por lo que se puede pensar que en estos hatos no se detectaron abortos por la posibilidad de haber inmunidad natural por exposición, ya que la frecuencia a *N. caninum* en las vacas gestantes fue de 58.2 %. Las frecuencias de anticuerpos sugieren que *N. caninum* estuvo presente en los 24 hatos de los tres estados.

## Conclusiones

1. Los estados de Veracruz, Tabasco y Puebla mostraron frecuencia similar de anticuerpos séricos bovinos contra *N. caninum*. Todos los hatos tuvieron anticuerpos séricos contra *N. caninum*, sugiriendo que este parásito intracelular obligado está abundantemente distribuido en los tres estados, pues existió una gran variación entre hatos y entre municipios.





2. No se encontró asociación entre anticuerpos séricos bovinos contra *N. caninum* y la tasa de gestación de las vacas.

### Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este estudio en ranchos cooperantes del área de influencia de su Centro de Investigación Regional Golfo Centro y su Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

### Literatura Citada

- Ansari-Lari, M., A. Rowshan-Ghasrodashti, H. Jesmani, M. Masoudian, and M. Badkoobeh. 2017. Association of *Neospora caninum* with reproductive performance in dairy cows: A prospective study from Iran. *Vet Res Forum*. 8(2):109-114.
- García-Vázquez, Z., R. Rosario-Cruz, F. Mejía-Estrada, I. Rodríguez-Vivas, D. Romero-Salas, M. Fernández-Ruvalcaba *et al.* 2009. Seroprevalence of *Neospora caninum* antibodies in beef cattle in three southern states of Mexico. *Trop Anim Health Prod*. 41:749-753.
- Gutiérrez, G., J. J., C. Cruz-Vázquez, L. Medina E., A. Valdivia F., E. Islas O., and Z. García-Vázquez. 2007. Factores de manejo asociados con la seroprevalencia a la infección por *Neospora caninum*, en ganado lechero de Aguascalientes, México. *Vet Méx*. 38(3):261-270.
- Milián-Suazo, F., R. Hernández-Ortíz, L. Hernández-Andrade, A. Alvarado-Islas, E. Díaz-Aparicio, F. Mejía-Estrada *et al.* 2016. Seroprevalence and risk factors for reproductive diseases in dairy cattle in Mexico. *J Vet Med Anim Hlth*. 8(8):89-98.
- Montiel-Peña, T., D. Romero-Salas, Z. García-Vázquez, K. Medina-Esparza, and C. Cruz-Vázquez. 2011. Neosporosis bovina en ranchos ganaderos de la zona norte del estado de Veracruz, México. *Trop. Subtrop. Agroecosist*. 13:469-479.
- Morales, S. E., F. J. Trigo T., F. Ibarra V., E. Puente C., and M. Santacruz. 2001. Seroprevalence study of bovine neosporosis in México. *J. Vet. Diag. Invest*. 13:413-415.



- Ojeda-Carrasco, J. J., E. Espinosa-Ayala, A. Hernández-García P., C. Rojas-Martínez, y J.A. Álvarez-Martínez. 2016. Seroprevalencia de enfermedades que afectan la reproducción de bovinos para leche con énfasis en neosporosis. *Eco. Rec. Agrop.* 3(8):243-249.
- Romero-Salas, D., Z. García-Vázquez, F. Montiel-Palacios, T. Montiel-Peña, M. Aguilar-Domínguez, L. Medina-Esparza *et al.* 2010. Seroprevalence of *Neospora caninum* antibodies in cattle in Veracruz, Mexico. *J Anim Vet Adv.* 9(10):1445-1451.
- Sánchez-Castilleja, Y. M., J. G. Rodríguez-Diego, 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. *Rev Salud Anim.* 34(2):95-100.



# CURVA DE CRECIMIENTO DE POLLITAS (*Gallus gallus domesticus*) CRIOLLAS MEXICANAS Y RHODE ISLAND MEDIANTE EL MODELO LOGÍSTICO

Abiael Alexis Illescas Cobos<sup>1</sup>, Fernando González Cerón<sup>2\*</sup>, Diego Zárate Contreras<sup>3</sup>, Arturo Pro Martínez<sup>3</sup>,  
Juan Manuel Cuca García<sup>3</sup> y Eliseo Sosa Montes<sup>2</sup>

## Resumen

Las gallinas criollas de México son de alta importancia en los sistemas de producción de traspatio practicados por gran parte de la población rural del país dada su adaptación ecológica, la seguridad alimentaria, e incentivo de economías locales, pero su estudio como recurso zoogenético en comparación con una raza exótica ha tenido poco interés. Se comparó el crecimiento de pollitas Criollas Mexicanas (CM) y Rhode Island Red (RIR) aplicando el modelo logístico, mediante el registro en el aumento de peso vivo (PV) a lo largo de las primeras 12 semanas de vida. Los parámetros estimados del modelo de crecimiento fueron: peso asintótico ( $W_A$ ), tasa de crecimiento exponencial ( $K$ ) y edad al punto de inflexión ( $t_i$ ). Se calcularon los valores de criterios de bondad de ajuste: suma de cuadrados del error (SCE); coeficiente de determinación ( $R^2$ ); coeficiente de determinación ajustado ( $AjustR^2$ ); criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información bayesiana (BIC) para ambas razas, obteniendo valores para CM de  $W_A = 1146.78$  g,  $K = 0.051414$  g/d,  $t_i = 48.1502$  d, SCE = 5037634,  $R^2 = 0.93645$ ,  $AjustR^2 = 0.93630$ , AIC = 9699.01 y BIC = 9717.95. Para RIR los valores obtenidos son  $W_A = 1286.28$  g,  $K = 0.051088$ ,  $t_i = 58.8495$  d, SCE = 5564050,  $R^2 = 0.93644$ ,  $AjustR^2 = 0.93629$ , AIC = 9782.50 y BIC = 9801.44. La descripción de las curvas de crecimiento muestra un punto de inflexión y peso asintótico menor en CM contra el genotipo de RIR. La alta tasa de crecimiento y peso superior obtenida por RIR se asocia con requerimientos mayores de aminoácidos y energía, lo que implicaría una menor demanda de

<sup>1</sup> Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

<sup>3</sup> Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. [fgceron@colpos.mx](mailto:fgceron@colpos.mx)



nutrientes por parte de las CM, cuyo propósito es la alimentación, sustento y producción en traspatio con recursos limitados e ingredientes locales para formular su dieta.

**Palabras clave:** aves criollas, crecimiento, recursos zoogenéticos

## Introducción

El crecimiento como fase de vida de los organismos representa el resultado neto de una serie de procesos conductuales y fisiológicos que se inician cuando el alimento se consume y culmina en la deposición y aumento de masa corporal a través del tiempo (Salgado *et al.*, 2005). Su estudio individual es esencial en animales de interés zootécnico, dado que permite su análisis mediante modelos analíticos observando la expresión del genotipo del individuo con respecto a los factores ambientales en el que se desarrolla. Los principales modelos matemáticos aplicados para su estudio son: Logístico, von Bertalanffy y Gompertz (Narinc *et al.*, 2017). En los últimos años se han publicado diversos estudios sobre el crecimiento de gallinas genéticamente seleccionadas en producción de huevo para plato o producción de carne, que se utilizan principalmente en sistemas de producción intensivos. Mientras tanto otro tipo de gallinas como las Criollas de México han recibido menos atención, aunque son importantes en los sistemas de producción familiar practicados por gran parte de la población rural. Actualmente esta forma de producir huevo y carne, se muestra vulnerable por la introducción de razas exóticas de gallinas, ajenas al sistema ecológico, mediante programas privados o gubernamentales, lo que eventualmente podría inducir erosión genética. El objetivo de este estudio fue caracterizar el crecimiento de pollitas Criollas Mexicanas (CM) y de la raza Rhode Island Red (RIR), mediante el modelo logístico.

## Materiales y Métodos

La investigación se realizó dentro de las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el municipio de Texcoco, Estado de México, con una población



experimental de gallinas Criollas Mexicanas bajo apareamiento aleatorio de donde se obtuvieron 70 pollitas a partir del cruce de 20 gallos y 80 gallinas. Las aves fundadoras de la población experimental provinieron de distintas regiones del estado de Campeche con caracteres fenotípicos de plumaje diversos en color (negro, café, blanco, barrados, entre otros) y forma (plumas lisas y rizadas). A la par, se adquirieron 70 pollitas RIR de una planta incubadora comercial. Cada animal fue identificado para llevar el registro de su peso vivo hasta los 84 d de edad. Las aves fueron alojadas hasta los 42 d de edad en criadoras eléctricas de batería con una temperatura de recepción de 32°C que fue disminuyendo 2°C por semana hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente, las aves continuaron su crianza en piso cubierto con cinco centímetros de cama de viruta de madera, a razón de cinco aves /m<sup>2</sup>, en una caseta de ambiente natural con cortinas laterales móviles. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*. Se utilizaron dos tipos de alimento: iniciación (2955 kcal de energía metabolizable (EM) / kg de alimento, 19.1% proteína cruda (PC)), del nacimiento a 42 d de edad y crecimiento-desarrollo (2851 kcal de EM / kg de alimento, 16.3% PC), de 43 a 84 d de edad. Cada semana, las aves se pesaron de manera individual en una báscula Ohaus ranger count 3000® con capacidad de 15 kg y resolución de 5 g. Al final del periodo de observación se obtuvieron 1680 datos de peso vivo, 840 para cada genotipo. Asimismo, para cada uno de ellos, se estimaron los parámetros de la curva de crecimiento de acuerdo con el modelo logístico para estimar el peso vivo (PV) esperado a una edad específica:  $W_t = W_A / [1 + \exp - K (t-t_i)]$  donde  $W_t$  es el PV a determinado tiempo  $t$ ,  $W_A$  es el peso asintótico o peso a la madurez,  $K$  es la tasa de crecimiento exponencial,  $t_i$  es la edad al punto de inflexión (Robertson, 1923; Aggrey, 2002). Los datos se analizaron usando el procedimiento PROC NLIN de SAS 9.3® (SAS Institute, 2004), el algoritmo de Marquardt se utilizó para encontrar los valores de los parámetros del modelo que minimiza las sumas de las desviaciones al cuadrado entre los valores observados y ajustados. Adicionalmente, se obtuvieron los valores de los siguientes criterios de bondad de ajuste: suma de cuadrados del error (SCE), coeficiente de determinación ( $R^2$ )n coeficiente de determinación ajustado (Ajust $R^2$ ), criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información bayesiana (BIC).



## Resultados y Discusión

Se registraron los datos de peso vivo para CM y RIR durante los primeros 84 días de crecimiento con un nivel de mortalidad de 0% para ambos genotipos (Cuadro 1). Los parámetros estimados por el modelo logístico para cada genotipo de pollita, muestran un mejor peso asintótico alcanzado por RIR, con menor tasa de crecimiento exponencial en comparación con las CM.

**Cuadro 1. Medias y desviaciones estándar de peso vivo (g) de pollitas Criollas mexicanas (N = 70) y Rhode Island Red (N = 70) hasta los 84 días de edad.**

Edad (d)	Criollas mexicanas	Rhode Island Red
7	58.28±8.78	66.86±12.12
14	183.29±18.71	103.42±18.12
21	242.40±24.74	155.26±27.07
28	318.84±32.38	229.80±40.10
35	392.61±52.04	300.73±59.62
42	494.77±60.57	408.41±80.55
49	586.97±54.98	484.90±86.00
56	672.77±55.63	585.50±92.00
63	762.44±64.43	696.90±97.60
70	856.11±81.03	823.10±112.50
77	962.70±121.20	921.00±106.90
84	985.80±162.00	1013.60±128.40

El punto de inflexión y cambio de concavidad en la curva se presenta a un  $t_i$  menor para CM y mayor para RIR (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Parámetros estimados para el modelo logístico de crecimiento (Robertson, 1923), en pollitas Criollas Mexicanas (N = 70) y Rhode Island Red (N = 70) hasta los 84 días de edad.**

Parámetros	Criollas mexicanas	Rhode Island Red
Peso asintótico, $W_A$ (g)	1146.78	1286.28
Tasa de crecimiento exponencial, K (g/d)	0.0514	0.0510
Edad al punto de inflexión $t_i$ (d)	48.15	58.84



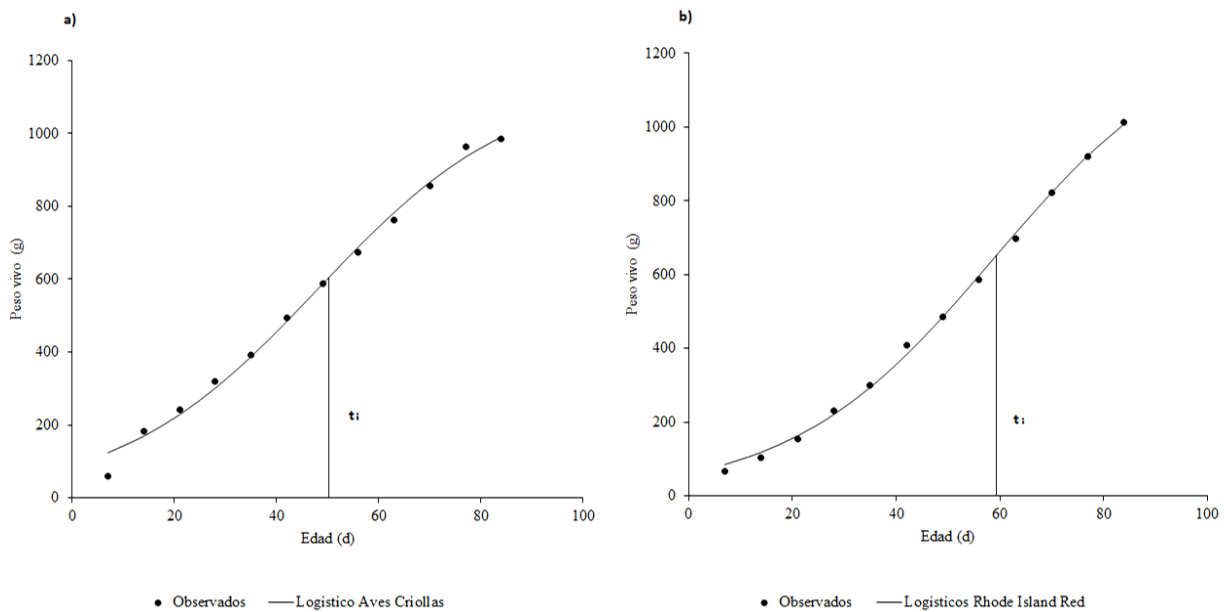
Los criterios de bondad de ajuste del modelo muestran un mejor ajuste para CM (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores de los criterios de bondad de ajuste del modelo logístico en la curva de crecimiento de pollitas Criollas mexicanas (N = 70) y Rhode Island Red (N = 70).**

Genotipo	SCE	R <sup>2</sup>	AjustR <sup>2</sup>	AIC	BIC
Criollas Mexicanas	5037634	0.93645	0.93630	9699.01	9717.95
Rhode Island Red	5564050	0.93644	0.93629	9782.50	9801.44

SCE= Suma de cuadrados del error; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación; AjustR<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación ajustado; AIC= Criterio de información Akaike y BIC= Criterio de información bayesiana. Criterios en SCE, AIC y BIC son mejores los valores inferiores. Criterios R<sup>2</sup>, AjustR<sup>2</sup> son mejores los valores superiores.

Se graficaron las curvas de crecimiento con los valores obtenidos por observación directa y los parámetros estimados por el modelo logístico observando un punto de inflexión y peso asintótico menor en CM en correspondencia al genotipo de RIR (Figura 1). Este estudio es el primer análisis de crecimiento para gallinas CM y RIR realizado de forma simultánea. En la literatura reciente, Mata-Estrada *et al.* (2020) reportaron pesos mayores para gallinas CM a través del modelo logístico, diferencias que pueden explicarse por el mayor periodo de observación (diferencia por arriba en 93 días).



**Figura 1. Curvas de crecimiento de pollitas Criollas mexicanas (a) y pollitas Rhode Island Red (b) bajo el modelo logístico, donde los puntos representan el peso vivo observado y la línea continua el estimado por el modelo.  $t_i$  = edad al punto de inflexión.**



La curva de crecimiento proyecta un menor peso asintótico en las gallinas CM con respecto a las RIR. Una alta tasa de crecimiento y la obtención de un peso superior se asocian con mayores requerimientos de aminoácidos y energía (Gous, 2010), lo que implica una menor demanda de nutrientes en las gallinas CM con respecto a las RIR. Es vital considerar esta información al momento de diseñar alimento balanceado con base en ingredientes locales disponibles en comunidades rurales de nuestro país.

## **Conclusiones**

1. Con base en los parámetros estimados con el modelo logístico para pollitas CM y RIR, estas últimas se caracterizan por tener mayor peso asintótico y edad al punto de inflexión, mientras que los valores de la tasa de crecimiento exponencial para ambos genotipos son cercanos.

## **Agradecimientos y fuente financiera**

Los resultados son parte del proyecto de investigación “Producción, macroestructura y calidad sensorial del huevo de gallina Criolla Mexicana y Rhode Island Red”, financiado por la Universidad Autónoma Chapingo a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado, del que participa el primer autor.

## **Literatura Citada**

- Aggrey, S. E. 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Sci.* 81:1782-1788. DOI: 10.1093/ps/81.12.1782
- Gous, R. M. 2010. Nutritional limitations on growth and development in poultry. *Livest Sci.* 130:25-32. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.02.007.





- Mata-Estrada, A., F. González-Cerón, A. Pro-Martínez, G. Torres-Hernández, J. Bautista-Ortega, C. M. Becerril-Pérez, A. J. Vargas-Galicia, and E. Sosa-Montes. 2020. Comparison of four nonlinear growth models. Creole chickens of Mexico. *Poultry Sci.* 99:1995-2000. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.031.
- Narinc, D., N. O, Naric, and A. Aygun. 2017. Growth curve analyses in poultry science. *World's Poultry Science.* 73:1-13. DOI: 10.1017/S0043933916001082
- Robertson, T. B. 1923. *The chemical basis of growth and senescence.* Philadelphia: J.B. Lippincott Cie.
- Salgado, I., J. L. Gómez y B. Peña. 2005. Métodos actualizados para el análisis de datos biológicos. PAPIME EN221403. FES Zaragoza-UNAM. 81-101.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT® 9.3 User's Guide.* Cary, NC: SAS Institute Inc.



## DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA GENÉTICA PARA RESISTENCIA A MASTITIS CLÍNICA EN BOVINOS SUIZO EUROPEO

*Mitzilin Zuleica Trujano Chavez<sup>1\*</sup>, Reyna Sánchez Ramos<sup>2</sup>, Agustín Ruíz Flores<sup>1</sup> y Paulino Pérez Rodríguez<sup>3</sup>*

### Resumen

El objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad y estructura genética de una población Suizo Europeo mexicana para resistencia a mastitis clínica. Se usó información de cuatro genes candidatos (CXCL1, CXCL8, SEL1L y STAT4) y seis polimorfismos de nucleótido simple para estimar parámetros genéticos poblacionales. La diversidad genética se estudió mediante análisis multivariado. La heterocigosidad observada promedio fue  $0.436 \pm 0.130$ . Se encontró un coeficiente de consanguinidad de  $-0.034 \pm 0.076$ , valor que reduce la expresión de la depresión endogámica. Sólo 6% de los animales estuvieron por encima de 0.5 (pocos animales con alta endogamia). Mediante el algoritmo K-means se encontraron 13 grupos que oscilaron entre 4 y 22 miembros por grupo; se identificó un animal representativo (más cercano al centroide) y con esta información se construyeron perfiles genotípicos. Los grupos II y VII presentaron mayor heterocigosidad en sus perfiles y son aptos para selección. El análisis de componentes principales reveló una buena distribución de los individuos en el biplot, cuyas dimensiones 1 y 2 explicaron 58.9% de la variabilidad; en total, las cuatro dimensiones usadas en el procedimiento alcanzaron 94.44%. En el biplot para marcadores se observó que existen correlaciones negativas para los genotipos de los genes SEL1L vs STAT4. Los resultados sugieren que los individuos de la población estudiada, introducida hace más de un siglo al trópico mexicano, presentan una diversidad y estructura genética cercana a la de bovinos adaptados al trópico. Además, existen grupos de animales en la población estudiada con potencial para redirigir la selección para mastitis clínica mediante heterocigosidad, pese a las correlaciones negativas de los marcadores.

<sup>1</sup> Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo. [zulealizee@gmail.com](mailto:zulealizee@gmail.com)

<sup>2</sup> Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

<sup>3</sup> Estadística e Informática, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.



**Palabras clave:** genes candidatos, polimorfismo de nucleótido simple, sistemas doble propósito

## Introducción

De acuerdo con Kovačević *et al.* (2021), los problemas relacionados con la glándula mamaria de las vacas bovinos están entre las principales razones de baja rentabilidad de las unidades de producción bovinas. La producción en doble propósito no es la excepción, dado que una baja en la producción de leche ocasionada por mastitis impacta negativamente el desarrollo de los terneros y el total de kilogramos al destete, debido a las altas prevalencias de mastitis, que alcanzan hasta 60% en los hatos tropicales (Suleiman *et al.*, 2018).

En general, la mastitis es una enfermedad multifactorial; sin embargo, recientemente la mastitis clínica se ha relacionado con factores genéticos asociados con la inmunidad y con el potencial productivo, cuyos genes candidatos se reportan en estudios de asociación de genoma completo (Meier *et al.*, 2020). Además del control de los factores ambientales para prevenir la enfermedad en la unidad de producción, se ha optado por métodos genómicos en busca del mejoramiento de la característica mediante selección para así lograr animales resistentes a mastitis clínica, o por lo menos con mejor inmunidad ante los principales agentes patógenos causantes (Suleiman *et al.*, 2018).

En Suizo Europeo y algunos derivados, se ha estudiado la diversidad genética en un intento de desentrañar las bases genéticas de su adaptación a los ambientes y su desempeño productivo. Los resultados son alentadores, por ejemplo, Bathi *et al.* (2020) encontraron que la raza posee una diversidad mayor que el promedio de las razas Cebú y europeas, caracterizadas como de doble propósito, lo que le brinda una versatilidad sobresaliente para adaptarse a diferentes entornos mediante selección. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la diversidad y estructura genética de una población bovina Suizo Europeo para genes candidatos asociados con mastitis clínica, para encontrar los perfiles genotípicos con mayor variabilidad.



## **Materiales y Métodos**

### **Origen de la información**

La información genómica se obtuvo de muestras de pelo de 150 bovinos Suizo Europeo nacidos entre 2001 y 2016, pertenecientes a cinco ranchos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro en los estados de Veracruz, Jalisco y Colima. Las muestras se genotiparon en el laboratorio GeneSeek (Lincoln, NE, USA, <http://genomics.neogene.com>) con el chip Genomic Profile Bovine LD para 50,000 marcadores de nucleótido simple (SNP).

### **Control de calidad de los genotipos**

Para realizar los análisis multivariados, se realizó una imputación simple para los genotipos perdidos, que consistió en asignar un alelo, según la probabilidad de un posible tipo de polimorfismo para un determinado marcador en toda la población. Además, se usó un umbral de 0.05 de frecuencia del alelo menor para eliminar marcadores de la base de datos, con el fin de reducir errores en los resultados.

### **Análisis estadístico**

#### **Identificación de loci**

Se realizó una revisión de literatura para identificar genes candidatos asociados con mastitis clínica. Para los genes candidatos reportados por Meier *et al.* (2020) se buscó la información posicional dentro del genoma bovino en la biblioteca genética de Gene (2021), y posteriormente en la base de datos disponible, se asignaron los loci candidatos e intragénicos para cada gen candidato encontrado. El criterio de asignación loci-gen fue que el marcador SNP se encontrara dentro del rango de posición del gen  $\pm 25$  kb en el mismo cromosoma. En el Cuadro 1 se reportan los genes candidatos y sus loci asignados, junto con un número consecutivo con el que se construyeron las gráficas para una mejor visualización de los resultados.

#### **Estructura genética**

La estructura genética de los individuos se midió mediante tres parámetros clave: heterocigosidad esperada ( $H_e$ ), heterocigosidad observada ( $H_o$ ), y coeficiente de consanguinidad ( $F_{IT}$ ). Estos parámetros fueron obtenidos con el software R (R Core Team, 2021) usando el paquete *adegenet* de Jombart y Ahmed (2011).



Con el paquete *stats* de R Core Team (2021) se realizó una prueba de T para verificar que  $H_e$  no fuera significativamente mayor que  $H_o$ . Se utilizó un nivel corregido de significancia por el método de Bonferroni, que establece que el nivel elegido de  $p$  debe dividirse entre el número de observaciones o loci  $n$ , es decir  $0.01/n$ . La diferencia entre estos dos valores es un indicativo de la estructura genética de la población, si existe una menor diversidad genética ( $H_o$ ) a la esperada ( $H_e$ ), la población podría estar en riesgo de presentar mayores niveles de consanguinidad, con su consecuente depresión endogámica.

Para medir directamente los niveles de consanguinidad por locus e individuo se usó el  $F_{IT}$ , que es un coeficiente de consanguinidad que mide la cantidad de alelos iguales por descendencia en un individuo con respecto a toda la población (Jombart y Ahmed, 2011). Para observar de mejor manera los resultados se realizó un diagrama de barras que muestra el nivel de consanguinidad por locus, el promedio para la característica y su desviación estándar, así como un histograma con línea de densidad para observar la distribución de los individuos de acuerdo con su nivel de  $F_{IT}$ ; los animales con consanguinidad mayor a 0.5 se indican en la gráfica.

Finalmente, dentro del paquete *adegenet* (Jombart y Ahmed, 2011) se usó el paquete *pegas* (Paradis, 2010) para determinar si los loci en estudio se encontraban en equilibrio de Hardy-Weinberg. Se asignaron 100,000 réplicas para que la función del paquete ejecutara el procedimiento de la prueba usando el método Monte Carlo; se probó la hipótesis nula que establece la existencia de equilibrio Hardy-Weinberg cuando el valor  $p$  es mayor que  $0.01/n$  con la corrección de Bonferroni.

### **K-means**

Para encontrar grupos con perfiles genotípicos diferentes, útiles para observar la diversidad genética de la población, se utilizó el algoritmo no jerárquico con método de reasignación: K-means, con el paquete *factoextra* de Kassambara y Mundt (2020), que utiliza la matriz de distancias euclidianas como indicativo de similaridad. Para encontrar el número óptimo de grupos a formar con este algoritmo, se utilizó el ancho de la silueta (*Silhouette*) y el método del codo (*Elbow*). El objetivo fue optimizar el valor de la silueta (el cual debe acercarse a uno), con la menor cantidad posible de la suma de cuadrados del error reportado en el método del codo. Los resultados de K-means se complementaron con el análisis de componentes principales (ACP) para visualizar la distribución de los grupos en las dos primeras dimensiones. Además,



K-means permitió encontrar animales representativos por clúster para observar los perfiles genotípicos y ver gráficamente su diversidad genética.

### **Análisis de Componentes Principales**

El paquete *adegenet* (Jombart y Ahmed, 2011) se utilizó para realizar un ACP para observar la distribución de los grupos formados por K-means mediante un biplot de individuos (primera y segunda dimensión) y la reducción en el número de los marcadores de acuerdo con sus eigenvalues. Mediante *factoextra* (Kassambara y Mundt, 2020), se realizó un biplot para observar la correlación y contribución de los marcadores a la primera y segunda dimensión formada por PCA, así como el 10% de los animales con mayor contribución al análisis.

**Cuadro 1. Polimorfismos de nucleótido simple (SNP) de genes candidatos asociados con resistencia a mastitis clínica para una población de bovinos Suizo Europeo.**

Gen	Cromosoma	Posición, pb ( $\pm$ 25 k)	Nombre del marcador SNP	ID
CXCL1	6	89047989-89100128	BovineHD0600024410	1
CXCL8	6	88785817-88839572	ARS-BFGL-NGS-17376	2
			BovineHD0600024315	3
			BovineHD0600024328	4
SEL1L	10	92733415-92848117	BovineHD1000026808	5
STAT4	2	79543834-79730325	BovineHD0200022927	6

Posición, pb ( $\pm$  25 k) = Posición del gen candidato de acuerdo con Gene (2021) para *Bos taurus*  $\pm$  25,000 pares de bases. ID = Identificación del locus para interpretar gráficas. Genes candidatos reportados por Meier *et al.* (2020).

## **Resultados y Discusión**

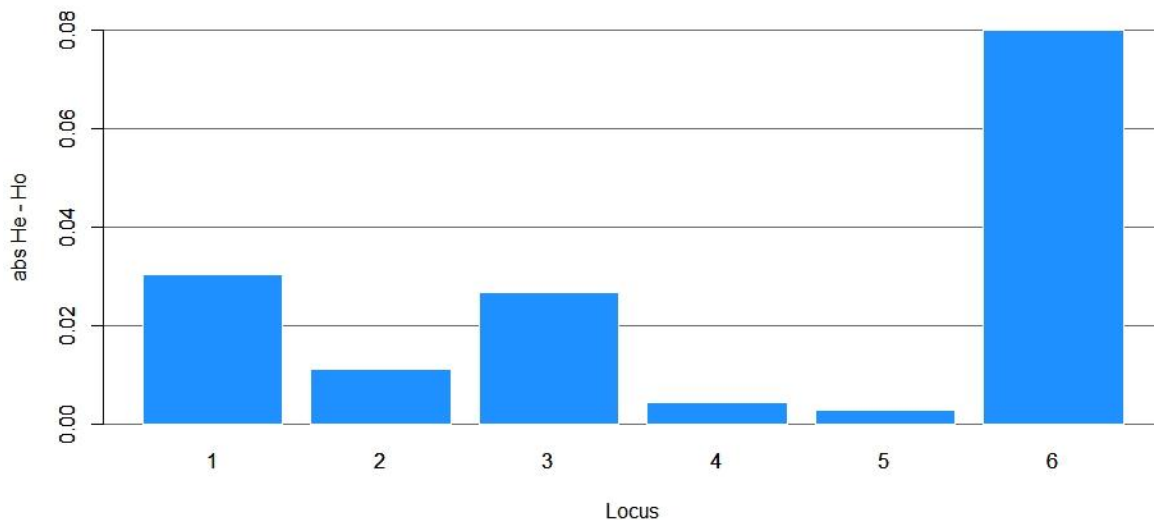
### **Identificación de loci**

Se obtuvieron un total de cuatro genes candidatos: CXL1, CXL8, SEL1L y STAT4 con seis loci asociados (Cuadro 1). Todos los loci estuvieron en equilibrio Hardy-Weinberg a un nivel  $p$  de 0.002 con la corrección de Bonferroni. El cromosoma 6 tuvo la mayor presencia en la expresión de resistencia a mastitis clínica para los marcadores en estudio, con 67% del total.



## Estructura genética

Los estimadores de los parámetros estudiados fueron:  $H_e$ ,  $0.406 \pm 0.105$ ;  $H_o$ ,  $0.426 \pm 0.130$ ; y  $F_{IT}$ ,  $-0.034 \pm 0.076$ . La prueba de T probó la superioridad de  $H_e$  sobre  $H_o$  con un valor  $p$  de 0.002. En la Figura 1 puede observarse que el locus BovineHD0200022927 presenta el mayor valor para la diferencia entre  $H_e$  y  $H_o$ ; sin embargo, es un valor muy pequeño cuya diferencia no es importante, como lo indicó la prueba para todos los locus.



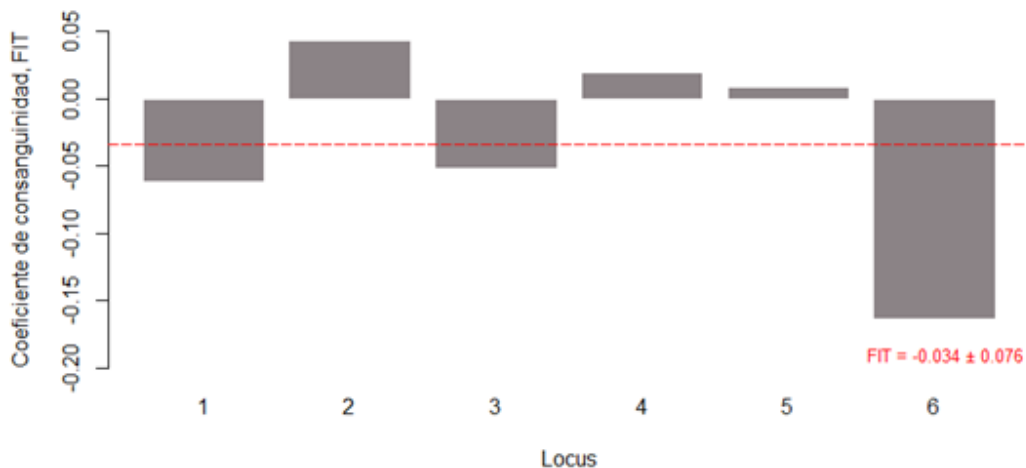
**Figura 1. Diferencias absolutas por locus entre la Heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) y observada ( $H_o$ ) para resistencia a mastitis clínica en una población bovina Suizo Europeo.  $\text{abs } H_e - H_o$  = valor absoluto de la diferencia entre  $H_e$  y  $H_o$ .**

**Nota: ver los nombres de los loci en el Cuadro 1.**

Las  $H_e$  y  $H_o$  para resistencia a mastitis clínica mostraron escasa similitud con las encontradas en razas rusas como la Yaroslavl y la Kholmogor (Abdelmanova *et al.*, 2020), donde los valores fueron 75% superiores; lo anterior puede deberse a que los animales estudiados por estos autores se desarrollaron en un ambiente completamente diferente al de la población del presente estudio. Ouédraogo *et al.* (2020) determinaron la diversidad genética en bovinos en el trópico, en los que  $H_e$  y  $H_o$  fueron más parecidas a las del presente estudio con valores alrededor de 0.3. Al respecto, Papachristou *et al.* (2020) en un estudio con 115 razas europeas, encontraron que  $H_o$  es mayor (0.76) en aquellas razas que se desarrollan en países más fríos, como Polonia, Ucrania y Rusia, en contraste con la  $H_o$  de razas adaptadas a zonas más cálidas (0.54), como las de España, Marruecos y Argelia.



Los resultados del coeficiente de consanguinidad señalan una buena estructura de la población para esta característica e indican la amplia diversidad de la raza medida con los seis loci. Al igual que con la diferencia entre  $H_e$  y  $H_o$ , se midió la  $F_{IT}$  por locus para observar el comportamiento en un diagrama de barras. En la Figura 2 se observan los valores de  $F_{IT}$ ; con igual proporción de locus con valor negativo y positivo, que dan como resultado un valor  $F_{IT}$  promedio negativo con una desviación estándar importante, lo cual señala la inestabilidad de los datos por locus, dado que existe un valor extremo negativo, otra vez para el locus BovineHD0200022927. Lo encontrado en el presente estudio para  $F_{IT}$  difiere de lo reportado por Papachristou *et al.* (2020), quienes encontraron valores de consanguinidad mayores que 0.5 por locus; en el presente estudio el valor es menor (cercano a cero).



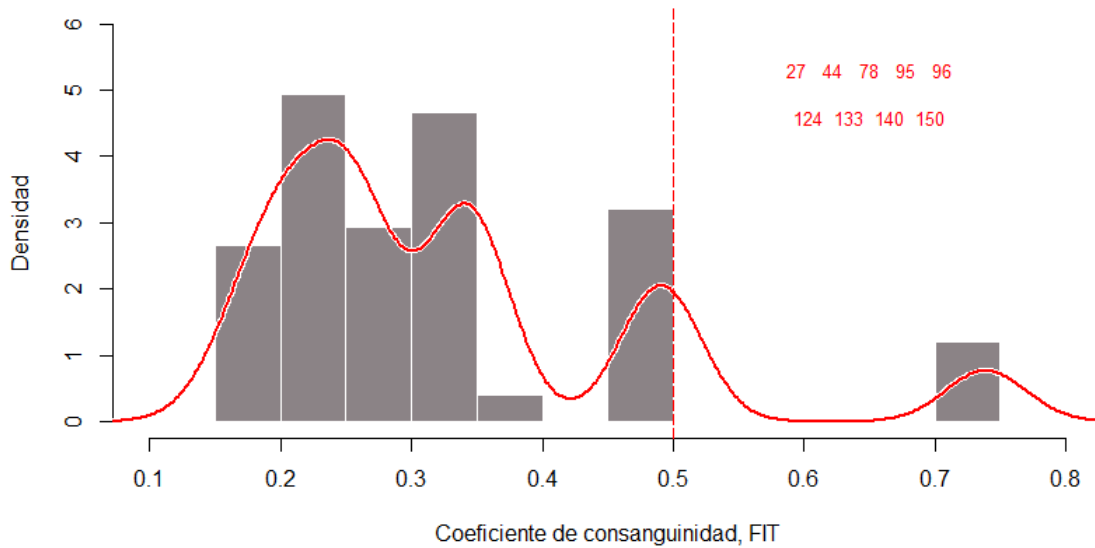
**Figura 2. Coeficientes de consanguinidad ( $F_{IT}$ ) por locus para resistencia a mastitis clínica en una población de bovinos Suizo Europeo. La media para todos los locus de  $F_{IT}$  y su desviación estándar se muestran en rojo. La línea punteada indica esta media de  $F_{IT}$ . Nota: ver los nombres de los loci en el Cuadro 1.**

En la Figura 3 el histograma y curva de densidad muestran una distribución lógica de los datos y se observa que solo 6% de los animales presentan valores por encima de 0.5. estos hallazgos coinciden con Ouédraogo *et al.* (2020), quienes encontraron niveles muy bajos de  $F_{IT}$  para los animales adaptados a trópico; aunque no llegan a ser negativos, son cercanos a uno. En una población con buen manejo de apareamientos, típicamente hay una mayor cantidad de animales con  $F_{IT}$  bajos, mientras que una proporción baja de animales presenta altos niveles





de consanguinidad. Para resistencia a mastitis, nueve animales presentan un  $F_{IT}$  mayor que 0.5, mientras que la mayoría de los animales tuvieron  $F_{IT}$  de 0.15 a 0.35 (Figura 3).



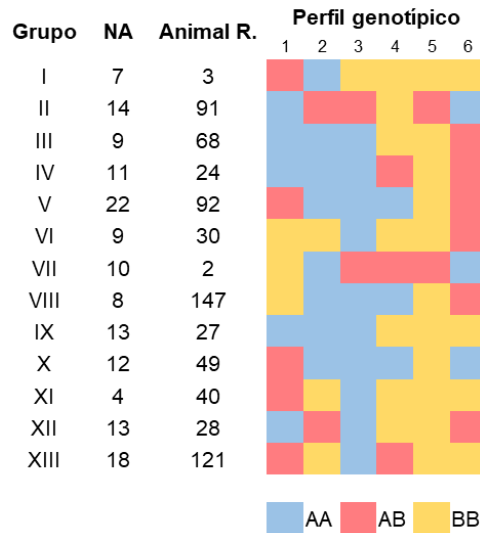
**Figura 3. Histograma y curva de densidad del coeficiente de consanguinidad ( $F_{IT}$ ) para resistencia a mastitis clínica en una población de bovinos Suizo Europeo. Los animales con  $F_{IT}$  mayor que 0.5 se señalan en la gráfica.**

### K-means y Análisis de Componentes Principales

En la Figura 4 se observan los resultados del agrupamiento mediante K-means, así como el perfil genotípico de un animal representativo por grupo – el más cercano al centroide -. Este perfil genotípico permite determinar las principales diferencias genéticas entre grupos. Existe un patrón evidente en la clasificación de los animales mediante K-means. De acuerdo con la Figura 4, los loci BovineHD0600024410, ARS-BFGL-NGS-17376 y BovineHD0600024315 presentan mayor frecuencia de genotipos homocigóticos AA, mientras que los loci BovineHD0600024328, BovineHD1000026808 y BovineHD0200022927 tienen mayor cantidad de genotipos BB. En el estudio de Meier *et al.* (2020) no se reportan los valores fenotípicos asociados con los genotipos, por lo que seleccionar un grupo de acuerdo con su patrón genotípico, con el enfoque de alelo favorable, no es lo adecuado. En contraste, seleccionar animales de acuerdo con su diversidad genética para la característica objetivo puede ser la mejor opción, para así asegurar que cualquiera que sea el alelo favorable estará en los individuos de la población. En este caso, los grupos cuyo patrón genotípico presentan mayor



cantidad de genotipos heterocigóticos (de mayor diversidad) son el II y el VII, por lo que son animales que abrirían esta oportunidad a la selección, o bien al cruzamiento, para generar más heterocigotos.

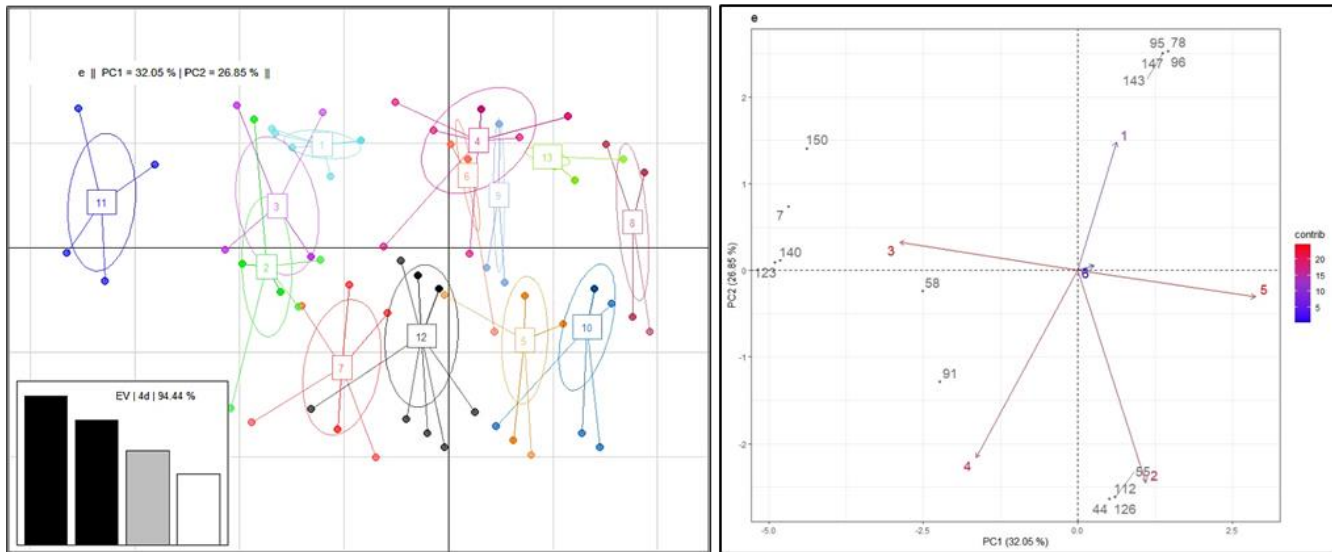


**Figura 4. Resultados del agrupamiento con el algoritmo K-means para resistencia a mastitis clínica en una población de bovinos Suizo Europeo. Por grupo se muestra un animal representativo (el más cercano al centroide) y su perfil genotípico. Grupo = grupo formado por K-means, Número de Animales = número de animales que conforman el grupo, Animal R. = animal representativo del grupo.**

La Figura 5 muestra los resultados del ACP para los individuos (izquierda), donde se observa que los grupos formados con K-means poseen una buena distribución y baja sobreposición entre ellos. Una de las razones es el alto nivel de variabilidad explicada por las dimensiones uno y dos (58.9%). En la esquina inferior izquierda del biplot para individuos, se observa la representación gráfica de los eigenvalores (EV) de cada dimensión; el número de barras representadas es el total de dimensiones seleccionadas para llevar a cabo el ACP (4d) y el porcentaje (94.44) indica la variabilidad explicada por estas cuatro dimensiones. Además, se confirma la cercanía genotípica por heterocigosidad de los grupos II y VII formados por el K-means, dado que en la gráfica están representados muy juntos. En la Figura 5 se observa también el biplot para marcadores con 10% de los animales más contribuyentes a la variabilidad en el análisis. Existen asociaciones importantes entre los marcadores que pueden afectar los objetivos de selección. Si bien los marcadores se analizan como un todo, cada uno



de ellos impacta de forma diferente a la resistencia de mastitis clínica, por lo que seleccionar algunos marcadores con genotipos favorables puede impactar negativamente la expresión de los otros genotipos.



**Figura 5. Representación gráfica del análisis de componentes principales que agrupa a los individuos de acuerdo con K-means (izquierda) y muestra el comportamiento de los marcadores y su contribución al análisis (derecha), para resistencia a mastitis clínica en una población de bovinos Suizo Europeo. Se muestran los eigenvalores (EV) las dimensiones seleccionadas (4d) y la variabilidad explicada por estas, el porcentaje de variabilidad explicada por la dimensión uno (PC1) y la dos (PC2).**

Para ejemplificar lo anterior, se tiene el caso de los marcadores con mayor contribución a la variabilidad, el marcador 4, BovineHD0600024328, y el marcador 5, BovineHD1000026808, La dirección de las flechas que indica la correlación entre ambos marcadores se orienta hacia diferentes puntos, lo que indica que, mientras uno pueda poseer el fenotipo AA, el otro marcador probablemente será BB. Esta situación podría ser ventajosa en caso de que el alelo deseable para 4 sea A y para 5 sea B. Dado que estos marcadores se encuentran en cromosomas diferentes, es difícil suponer que podría ocurrir. Si el alelo favorable para ambos marcadores es A, entonces se presentaría una correlación genética negativa a nivel locus.



## Conclusiones

1. Los resultados sugieren que los bovinos Suizo Europeo estudiados presentan una diversidad y estructura genética cercana a la de los bovinos originados y adaptados al trópico, lo cual no ocurre con la mayoría de las razas europeas propias de zonas frías.
2. La diversidad genética medida como heterocigosidad para resistencia a mastitis presenta menores valores en comparación con otras razas; sin embargo, existen grupos de animales en la población estudiada con potencial para redirigir la selección mediante heterocigosidad.

## Literatura Citada

- Abdelmanova, A. S., V. R. Kharzinova, V. V. Volkova, A. I. Mishina, A. V. Dotsev, A. A. Sermyagin *et al.* 2020. Genetic diversity of historical and modern populations of Russian cattle breeds revealed by microsatellite analysis. *Genes*. 11(8):940. <https://doi.org/10.3390/genes11080940>
- Bhati, M., N. K. Kadri, D. Crysanto, and H. Pausch. 2020. Assessing genomic diversity and signatures of selection in Original Braunvieh cattle using whole-genome sequencing data. *BMC Genom.* 21: 27. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-6446-y>
- Gene. 2021. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/> Accessed on March 26, 2021.
- Jombart, T., and I. Ahmed. 2011. Adegnet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics* 27(21):3070-3071. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr521>
- Kassambara, A., and F. Mundt. 2020. Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kovačević, Z., M. Radinović, I. Čabarkapa, N. Kladar, and B. Božin. 2021. Natural agents against bovine mastitis pathogens. *Antibiotics* 10(2):205. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10020205>
- Meier, S., D. Arends, P. Korcuć, G. B. Neumann, and G. A. Brockmann. 2020. A genome-wide association study for clinical mastitis in the dual-purpose German Black Pied cattle breed. *J Dairy Sci.* 103(11):10289-10298. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18209>



- Ouédraogo, D., S. Ouédraogo-Koné, B. Yougbaré, A. Soudré, B. Zoma-Traoré, G. Mészáros *et al.* 2021. Population structure, inbreeding and admixture in local cattle populations managed by community-based breeding programs in Burkina Faso. *J Anim Breed Genet.* 138(3):379-388. <https://doi.org/10.1111/jbg.12529>
- Papachristou, D., P. Koutsouli, G. P. Laliotis, E. Kunz, M. Upadhyay, D. Seichter *et al.* 2020. Genomic diversity and population structure of the indigenous Greek and Cypriot cattle populations. *Genet Sel Evol.* 52:43. <https://doi.org/10.1186/s12711-020-00560-8>
- Paradis, E. 2010. Pegas: an R package for population genetics with an integrated-modular approach. *Bioinformatics* 26(3):419-420. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp696>
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Suleiman, T. S., E. D. Karimuribo, and R. H. Mdegela. 2018. Prevalence of bovine subclinical mastitis and antibiotic susceptibility patterns of major mastitis pathogens isolated in Unguja island of Zanzibar, Tanzania. *Trop Anim Health Prod.* 50:259–266. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1424-3>



## PUBERTAD EN BECERRAS BRAHMAN NACIDAS EN VERANO: RELACIÓN ENTRE MEDIDAS HORMONALES, OVÁRICAS Y CORPORALES

Apolinar Nicolás Sandoval Cerón<sup>1\*</sup>, René Carlos Calderón Robles<sup>2</sup>, Rubén Santos Echeverría<sup>2</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>2</sup>, Gabriel Mendoza Medel<sup>1</sup>, Jadháí Hernández Morales<sup>1</sup>, María Benedicta Bottini Luzardo<sup>1</sup>, Félix de Jesús Mayrén Mendoza<sup>1</sup> y Gerardo Perera Marín<sup>3</sup>

---

### Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la relación que existe entre las concentraciones hormonales, medidas zoométricas y ováricas con la edad a la pubertad en becerras *Bos indicus* nacidas en verano en el trópico. El estudio se realizó en el sitio experimental Las Margaritas, dependiente del INIFAP. Se utilizaron 10 becerras Brahman (*Bos indicus*) prepúberes nacidas de julio a septiembre de 2018 (verano). Las becerras se alojaron en corraletas individuales a los 480 d de edad con 300 kg de peso vivo en promedio. Consumieron 15 kg por día de ensilado de maíz, 4 kg de un concentrado comercial (18% de PC), minerales y agua a libertad. Tuvieron acceso a un potrero donde se detectaban estros dos veces al día. Las variables de estudio se analizaron mediante estadísticas descriptivas, media y desviación estándar, así como un análisis de correlación de Pearson de las diferentes medidas corporales, ováricas y de perfil sérico de LH con la edad a la pubertad. Se confirmó que las becerras Brahman, al igual que otros genotipos de razas *Bos indicus* en el trópico, requieren como mínimo 20 meses y 400 kg para iniciar la pubertad. La pubertad se presenta cuando los folículos dominantes superan los 11 mm de diámetro con una onda de desarrollo folicular de 7.2 d. Además, requieren condiciones corporales, ováricas y hormonales óptimas y, al parecer, la estación del año adecuada. En este estudio no se detectó una correlación significativa entre las medidas corporales, medidas ováricas y perfil de LH con la edad a la pubertad, lo cual aparentemente no es consistente con lo esperado, pero es evidente que la pubertad se presenta una vez que se alcanza un umbral corporal, ovárico y de secreción de LH, de ahí que

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero. [polysandoval1@hotmail.com](mailto:polysandoval1@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

<sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.



no se detecten correlaciones significativas, por lo que la asociación que pueda presentarse es de tipo lineal. No obstante, el estudio pone en evidencia la estrecha asociación que existe entre el grado de desarrollo corporal, el desarrollo folicular y los factores ambientales, con la proporción de hembras que manifiestan la pubertad.

**Palabras Clave:** *Bos indicus*, becerras, primera ovulación, trópico

## Introducción

En términos de producción, el ganado *Bos indicus* es menos productivo que el *Bos taurus*, ya que el primero es menos precoz que el último en cuanto a la edad a la pubertad (19.8 vs 13.8 meses), lo cual se refleja en un prolongado periodo del nacimiento al primer parto (Calderón *et al.*, 1996). En vaquillas prepúberes, la presentación temprana o precoz de la pubertad influye positivamente en la fertilidad y productividad (Segura-Correa *et al.*, 2013). Consecuentemente, es importante conocer los mecanismos fisiológicos reguladores de la pubertad y los factores que los determinan, lo cual potencialmente conducirá al desarrollo de nuevas estrategias de manejo para reducir la edad a la pubertad de las vaquillas, mejorar la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de las unidades de producción ganadera (Alamilla *et al.*, 2017).

Se ha establecido que la pubertad es precedida por un incremento progresivo en la secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), y en turno de la hormona luteinizante (LH), siendo este cambio el componente clave de control para iniciar la pubertad en las diferentes especies mamíferas (Terasawa y Fernández, 2001); por lo tanto, el cambio en el patrón de secreción pulsátil de la LH es el componente clave para iniciar la pubertad (Ebling, 2005). Las evidencias generadas en roedores, primates y rumiantes (ovinos, caprinos y bovinos) indican que el desarrollo corporal y el ovárico son predecesores de las señales esteroideogénicas y metabólicas en la secreción de GnRH/LH y, en consecuencia, del inicio de la pubertad. En vaquillas Brahman se desconoce la relación de las medidas hormonales, ováricas y corporales con edad a la pubertad, en especial en las nacidas en verano. Las evidencias indican que los bovinos tienen un comportamiento dependiente de la estación del año (Villagómez *et al.*, 2000). En razón de lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar la



relación que existe entre las medidas zoométricas, ováricas y concentraciones hormonales con la edad de inicio de la pubertad en becerras *Bos indicus* en el trópico, nacidas en verano.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el sitio experimental Las Margaritas, dependiente del INIFAP, ubicado en Hueytamalco, Pue. El sitio se encuentra a 19° 51' 03" LN y 97° 12' 48" LO, a 500 msnm. El clima es subtropical húmedo semicálido Af(c), con temperatura promedio anual de 20.8°C, precipitación pluvial media anual de 3,000 mm y humedad relativa de 90% (INEGI, 2009). Se utilizaron 10 becerras Brahman (*Bos indicus*) prepúberes nacidas de julio a septiembre del 2018 (verano). Para el estudio, en diciembre del 2019, las becerras fueron alojadas de manera individual en una instalación experimental formada por corrales de 4 x 6 m, con piso de cemento, área techada (4 x 3 m), comederos y bebederos. Para su adaptación al manejo y a la rutina de muestreo, las becerras se sometieron a sujeción con reata (2 h/d), cepillado de pelo y acostumbramiento a la presencia de personas. Para asegurar el estado prepúber de las hembras, se confirmó la ausencia de estros y de cuerpo lúteo mediante revisión ultrasonográfica, desechándose al inicio del estudio aquellas becerras que no cumplieron con este requisito.

La alimentación consistió en 15 kg de ensilado de maíz más 4 kg de un concentrado comercial (18% de PC) por día; además, recibieron suplementación mineral y agua fresca a libertad. Los corrales tienen acceso a un potrero, donde se detectaron estros dos veces al día.

Desde su llegada a la estación experimental, y hasta finalizar el experimento (presentación de la primera ovulación determinada mediante ultrasonografía.), cada 14 d se registró el peso (previo ayuno de 24 h), la composición corporal (grosor de la grasa dorsal) y la altura a la cadera (distancia vertical entre el piso y la porción anterior del sacro). Para medir el espesor de la grasa dorsal se utilizó un ultrasonido ALOKA SSD 500 con transductor de 3.5 Mhz colocado a nivel de la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costillas.

Para evaluar el perfil sanguíneo de la LH, a los 15 d de llegadas a la estación experimental se tomaron de cada becerro muestras sanguíneas cada 15 min durante 6 h. Este muestreo sanguíneo se realizó a través de una cánula de polietileno (2.08 mm de diámetro y 15 cm de





longitud) instalada en una de las venas yugulares. Durante el muestreo se obtuvieron 8.5 mL de sangre, que se depositaron en tubos vacutainer. Luego de permitir la coagulación, las muestras fueron centrifugadas (1,500 xg por 15 min) para obtener el suero, el cual se colocó en viales para su congelación a -20°C hasta su análisis en el laboratorio. Las concentraciones séricas de LH se determinaron mediante radioinmunoanálisis (RIA) en el Laboratorio de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. El RIA para LH fue en fase líquida de 120 h de incubación a 4°C, siguiendo el procedimiento descrito por Arrieta *et al.* (2006). La hormona USDA<sub>b</sub>LH (AFP11743B) se utilizó como trazador, incorporando Na<sup>125</sup>I mediante el método del iodo-gen y como curva patrón a dosis desde 0.01 hasta 10 ng por tubo. El primer anticuerpo generado en conejo correspondió a la hormona NIDDK-oLH-26 (anti-oLH-26), validado en bovinos por Perera-Marín *et al.* (2005) a una dilución final de 1:400,000. La separación de la fracción unida de la fracción libre se realizó con un segundo anticuerpo contra IgG de conejo generado en burro (dilución 1:80). En el ensayo, la cantidad mínima detectable fue 0.01 ng/mL y el coeficiente de variación inter-ensayo fue de 6.73 %.

En cada becerro se obtuvieron imágenes ultrasonográficas (transductor intra-rectal de 7.5 MHz para equipo ALOKA SSD 500) de los ovarios desde su llegada a la unidad experimental, esto cada tercer día hasta cinco días posteriores a la primera ovulación, misma que estuvo determinada por la desaparición del folículo dominante y la subsecuente presencia de tejido lúteo. A partir de estos registros, se identificó la presencia de cuerpo lúteo (CL) y se obtuvo el diámetro de los dos folículos de mayor tamaño, así como el número de folículos mayores a 5 mm. Además, se llevó a cabo una supervisión para identificar a las becerras que presentaban conducta de estro en este mismo periodo; diariamente se observó a las becerras para la detección del estro dos veces al día: 07:00 a 08:00 y 18:00 a 19:00 h.

Las variables de estudio se analizaron mediante estadísticas descriptivas, media y desviación estándar, así como con un análisis de correlación de Pearson de las diferentes medidas corporales, ováricas y de perfil sérico de LH con la edad a la pubertad. La pubertad fue determinada como la primera ovulación, misma que se consideró cuando por primera vez se detectó por ultrasonido tejido lúteo precedido por la desaparición del folículo dominante. Para las variables peso, altura a la cadera y grasa dorsal se usó el valor más cercano al día de la ovulación. Para el desarrollo folicular ovárico, se determinó el número de ondas y la duración



promedio de las ondas registradas durante los 42 d previos a la ovulación; una onda de desarrollo folicular fue el periodo transcurrido entre el diámetro máximo de dos folículos dominantes sucesivos. Se evaluó, además, el diámetro máximo del folículo dominante que ovuló y la duración de la onda folicular de donde emergió el folículo ovulatorio. Las variables relacionadas con la LH fueron: concentración basal (concentración más baja detectada; cuando esta fue "0" se usó como basal la mínima detectada por el RIA usado), concentración media (promedio de concentraciones obtenidas en el periodo de muestreo), número de pulsos o incrementos de LH, concentración máxima del pulso (concentración mayor detectada en pulso) y amplitud del pulso (diferencia entre la concentración máxima y la concentración basal).

## Resultados y Discusión

La edad a la pubertad en becerras Brahman nacidas en verano fue de  $637.1 \pm 16.96$  en promedio, con un peso que ronda los 450 kg. En el Cuadro 1 se presenta el promedio de las medidas corporales a la pubertad (peso, altura a la cadera y grasa dorsal), así como el coeficiente de correlación de estas con la edad a la pubertad. No se detectó significancia estadística en el coeficiente de correlación entre las medidas corporales estudiadas y la edad a la pubertad ( $P > 0.05$ ), lo cual aparentemente no es consistente con lo esperado, pero es evidente que la pubertad se presenta una vez que se alcanza un umbral corporal, siendo en este caso un mínimo de 400 kg de peso y 1.3 m de altura a la cadera. Se detectó una correlación significativa ( $P < 0.05$ ) de 0.769 entre grasa dorsal y peso a la pubertad (datos no presentados en el cuadro), por lo que algún indicador de edad-altura asociado a composición grasa, podría determinar la edad a la pubertad.

En el presente estudio se analizó el desarrollo folicular ovárico en un periodo de 42 d previos a la pubertad; en este periodo se determinó que las becerras Brahman presentan 5.6 ondas de desarrollo folicular, mismas que tuvieron una duración promedio de 7.4 d; en el caso de la onda de la cual se presentó la primera ovulación, ésta tuvo una duración de 7.2 d con un folículo dominante de 11.8 mm en promedio (Cuadro 2).



**Cuadro 1. Media  $\pm$  desviación estándar (DE) de la edad a la pubertad y medidas corporales de becerras Brahman nacidas en verano.**

Variable	Media $\pm$ DE	Correlación de Pearson con edad a la pubertad	Valor de P de la correlación
Edad a la pubertad, d	637.1 $\pm$ 16.96	---	---
Peso a la pubertad, kg	449.75 $\pm$ 38.71	0.149	0.6800
Altura a la cadera, cm	140.7 $\pm$ 2.79	0.276	0.4389
Grasa dorsal, mm	16.3 $\pm$ 5.50	0.040	0.9105

Al igual que en las medidas corporales, no se detectó significancia estadística en el coeficiente de correlación entre las medidas ováricas estudiadas y la edad a la pubertad ( $P > 0.05$ ), lo cual aparentemente no es consistente con lo esperado, pero es evidente que la pubertad se presenta una vez que se alcanza un umbral de desarrollo ovárico, siendo en este caso un mínimo de 10 cm de diámetro del folículo dominante y una duración de onda folicular de 7 d.

**Cuadro 2. Media  $\pm$  desviación estándar (DE) del desarrollo folicular ovárico de becerras Brahman nacidas en verano.**

Variable	Media $\pm$ DE	Correlación de Pearson con edad a la pubertad (r)	Valor de P de la correlación
Número de ondas foliculares <sup>1</sup>	5.60 $\pm$ 0.51	0.130	0.7238
Duración promedio de las ondas foliculares <sup>1</sup> , d	7.40 $\pm$ 0.70	0.28	0.4272
Diámetro del folículo dominante ovulatorio, mm	11.8 $\pm$ 1.39	-0.073	0.8417
Duración de la onda folicular ovulatoria, d	7.20 $\pm$ 1.22	0.300	0.4064

<sup>1</sup>Periodo de 42 d previos a la pubertad (primera ovulación).

La LH fue analizada en una ventana de 6 h, en promedio 5.7 meses previo a la presentación de la pubertad de las becerras (Cuadro 1). En este muestreo intensivo se determinó que la concentración basal de las becerras fue de 0.1 ng/mL; las concentraciones media y máxima se presentan en el Cuadro 3. Durante este muestreo se detectó un promedio de 2.7 pulsos cada 6 h, lo cual está muy alejado de lo que se requiere para iniciar la pubertad, que es de un pulso de LH cada hora (Giovanni y Grajales, 2009; Schillo y Hileman, 1992). Las becerras estuvieron a poco menos de seis meses para que presentaran la pubertad (Cuadro 3). No se



detectó significancia estadística en el coeficiente de correlación entre el perfil de hormona luteinizante a los 5.7 meses previos a la pubertad y la edad a la pubertad ( $P > 0.05$ ), lo cual aparentemente no es consistente con lo esperado, pero es evidente que la pubertad se presenta una vez que se alcanza un umbral hormonal, antes descrito. Es evidente que la concentración media y pulso de LH influyen positivamente en la presentación de la pubertad, por lo que la concentración media de la LH en estado prepuberal se relaciona positivamente con dicho indicador reproductivo ( $r = 0.490$ ;  $P < 0.15$ ).

**Cuadro 3. Media  $\pm$  desviación estándar (DE) del perfil de hormona luteinizante de becerras Brahman nacidas en verano<sup>1</sup>.**

Variable	Media $\pm$ DE	Correlación de Pearson con edad a la pubertad (r)	Valor de P de la correlación
Concentración basal, ng/mL	0.01	---	---
Concentración media, ng/mL	0.23 $\pm$ 0.18	0.494	0.1459
Número de pulsos, número/6 h	2.70 $\pm$ 1.74	0.160	0.6571
Concentración máxima del pulso, ng/mL	0.85 $\pm$ 0.67	0.398	0.2538
Amplitud del pulso, ng/mL	0.86 $\pm$ 0.67	0.398	0.2538

<sup>1</sup>Valores determinados en una ventana de muestreo realizado 5.7 meses previo a la pubertad, en promedio.

## Conclusiones

Se confirma que las becerras Brahman, como otros genotipos de razas *Bos indicus* en el trópico, requieren de 20 meses y 400 kg mínimamente para iniciar la pubertad; la pubertad se presenta cuando los folículos dominantes superan los 11 mm de diámetro con una onda de desarrollo folicular de 7.2 d. La pubertad se presenta cuando las becerras adquieren condiciones corporales, ováricas y hormonales óptimas, y al parecer en la estación del año adecuada. En nuestro estudio no se detectó una correlación significativa entre las medidas corporales, medidas ováricas y perfil de LH con la edad a la pubertad, lo cual aparentemente no es consistente con lo esperado, pero es evidente que la pubertad se presenta una vez que se alcanza un umbral corporal, ovárico y de secreción de LH, de ahí que no se detecten correlaciones significativas, por lo que la asociación que pueda presentarse lo es de tipo lineal.



No obstante, este estudio pone en evidencia la estrecha asociación que existe entre el grado de desarrollo corporal, desarrollo folicular y los factores ambientales con la proporción de hembras que manifiestan la pubertad.

## Agradecimientos

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Efecto de la kisspeptina sobre la aparición de la pubertad en vaquillas Cebú y asociación entre marcadores moleculares e indicadores hormonales y corporales del inicio de la pubertad (SIGI 9532734882)” y forman parte de la tesis de maestría del primer autor.

## Literatura Citada

- Arrieta, E., A. Porras, E. González-Padilla, C. Murcia, S. Rojas, and G. Perera-Marín. 2006. Ovine serum and pituitary isoforms of luteinising hormone during the luteal phase. *Reprod Fert Dev.* 18:485-495.
- Alamilla, R. M., R. C. Calderón R., J. V. Rosete F., K. Rodríguez H., H. R. Vera A., J. A. Arreguín A., *et al.* 2017. Kisspeptina en becerras prepúberes: I. Influencia de la edad en la respuesta de LH, FSH y GH a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-I, leptina y estradiol. *Rev Mex Cienc Pecu.* 8(4):375-385.
- Calderón, R., R. C., A. Villa-Godoy y J. Lagunes L. 1996. Determinación ultrasonográfica de la primera ovulación: Asociación con la presentación de ciclos estrales regulares en vaquillas Cebú y Suizo Pardo mantenidas en el trópico. *Tec Pecu Méx.* 34:79-88.
- Ebling, J. P. 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction.* 129(6):675-683.
- Giovanni Báez, S. and H. Grajales. 2009. Postpartum anestrus in cattle in the tropic. *Rev MVZ Cordoba.* 14(3)1867-1875.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Hueytamalco, Puebla. Clave geoestadística 21076.



- Perera-Marín, G., C. Murcia, S. Rojas, J. Hernández-Cerón, and E. González-Padilla. 2005. Pattern of circulating luteinizing hormone isoforms during the estrous and luteal phases in Holstein heifers. *Anim Reprod Sci.* 86:53-69.
- Schillo, K., and S. Hileman. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:3994-4005.
- Segura-Correa, J. C., J. G. Magaña-Monforte, F. Centurión-Castro y V. M. Segura-Correa. 2013. Efecto de grupo racial y edad a primer parto sobre el número de partos durante la vida útil de vacas Cebú. *Arch Med Vet.* 45: 41-44.
- Terasawa, E.I., and L. Fernández D. 2001. Neurobiological mechanisms of the onset of puberty in primates. *Endocrine Rev.* 22:111-151.
- Villagómez, A. M., E., H. Castillo R., A. Villa-Godoy, H. Román P. y C. Vázquez P. 2000. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras Cebú mantenidas en clima tropical. *Téc Pecu Méx.* 38(2):89-103.



# SISTEMA HACCP EN UN HATO DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO

*Elizabeth León García<sup>1</sup>, Martha Eugenia Valdovinos Terán<sup>1</sup>, Benjamín Alfredo Piña Cárdenas<sup>1</sup>,  
Mónica Yazmín Herrera Sotero<sup>1</sup> y Julio César Vinay Vadillo<sup>1\*</sup>*

---

## Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar los resultados del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en la ordeña del módulo de producción de leche de bovinos de doble propósito, implementado durante 2105 y primer semestre de 2016, con la finalidad de controlar la mastitis subclínica y reducir el Conteo de Células Somáticas (CCS/mL). Los puntos HACCP que se incluyeron en la rutina de ordeño fueron: presellado de pezones, uso de antibióticos al secado y tratamiento de mastitis clínica. Las buenas prácticas de higiene de ordeño se aplicaron al punto cuatro del sistema HACCP y se dividieron en previas, durante y posteriores al ordeño. Después de implementar el sistema HACCP, se midió de manera mensual durante seis meses: mastitis subclínica, producción y calidad de leche (% de grasa, proteína y sólidos no grasos), y durante 18 meses, el CCS/mL. La implementación del sistema HACCP, así como las buenas prácticas de higiene de ordeño antes, durante y después, lograron reducir el CCS/mL de 600,000 a 275,438 CCS/mL en cuatro meses; a partir del octavo mes se mantuvieron por debajo de 200,000 CCS/mL y a los 10 meses de seguimiento se redujeron y mantuvieron por debajo de 50,000 CCS/mL hasta el final del monitoreo. El grado de afectación por mastitis subclínica más frecuente fue “trazas” (19.5%). El contenido de grasa promedio por hato durante los 6 meses que duró el análisis fue  $3.07 \pm 1.10$ , el contenido de proteína  $3.48 \pm 0.27$  y el contenido de SNG  $9.12 \pm 0.30\%$ . El nivel de mastitis subclínica, así como el CCS/mL no afectó la producción, el contenido de grasa, de proteína y de sólidos no grasos de la leche de un sistema doble propósito del trópico subhúmedo.

---

<sup>1</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. [vinay.julio@inifap.gob.mx](mailto:vinay.julio@inifap.gob.mx)



**Palabras clave:** buenas prácticas de ordeño, mastitis subclínica, conteo de células somáticas

## Introducción

El sistema doble propósito es el principal sistema de producción de bovinos en el trópico de México y su objetivo es la producción simultánea de leche y carne. Se caracteriza por el uso de cruza de razas europeas con cebuinas, la alimentación en forma extensiva con pastos, así como el uso de complementos alimenticios. La mayoría de los productores ordeñan en forma manual y carecen de equipo de enfriamiento, así como de recursos sanitarios y tecnológicos, por lo que las medidas de higiene son escasas y por tanto, hay riesgo de contaminación antes, durante y después de la ordeña, la cual utiliza al becerro al pie de la ordeña para estimular la glándula mamaria de la vaca (Pech *et al.*, 2007).

Como resultado de la interacción de los factores antes mencionados existen enfermedades de la ubre como la mastitis, la cual ocasiona pérdidas mundiales anuales que se estiman en 35 billones de dólares americanos y representan el 70% de los gastos totales para algunos ganaderos lecheros (Bedolla *et al.*, 2008). En México, la mastitis subclínica alcanza el 50% de prevalencia en los hatos lecheros y por vaca se invierten hasta \$ 2,000 M.N anuales (Bedolla *et al.*, 2008). La mastitis subclínica causa una disminución en la producción de leche (70%), aumenta los costos de producción debido a los medicamentos y los gastos del profesional (8%), induce pérdida de cuartos, desecho de los animales con baja producción (14%) y de leche por contaminación con antibióticos o alta concentración de células somáticas (7%) (Bonifaz y Conlago, 2016; Bedolla *et al.*, 2008; Relova *et al.*, 2008; Pech *et al.*, 2007). Estos y otros problemas sanitarios son comunes en las ordeñas del trópico, lo cual determina en conjunto una leche de baja calidad.

La certificación de las unidades de producción es una de las posibles soluciones, y para ello existe un sistema basado en la determinación de puntos críticos y manual de buenas prácticas que se avocan a ciertas medidas que permiten alcanzar el estándar de calidad de la leche y el bienestar de vacas en el trópico. Los programas de control de mastitis, como el seguimiento de las buenas prácticas de ordeño, así como la implementación de un sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) son las técnicas más usadas para mantener el





conteo de células somáticas por debajo de 400,000 CCS/mL, el cual es el principal indicador de la salud de la ubre de la vaca. De esta manera, se evita la aparición de mastitis en los cuartos mamarios y se reduce la prevalencia de la enfermedad en el hato lechero. Dentro de los indicadores que se utilizan más comúnmente para evaluar los resultados de la implementación de HACCP y de buenas prácticas de ordeño están: la determinación de mastitis, el CCS/mL y variables de calidad de leche como contenido porcentual de proteína, grasa y sólidos no grasos (SNG).

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se realizó en el Campo Experimental La Posta, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el cual se ubica en el kilómetro 22.5 de la carretera Federal Veracruz-Córdoba en Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México. El Campo se ubica a los 19°00'49" de Latitud Norte y a los 96°10' de Longitud Oeste. a una altura de 12 msnm en un clima subhúmedo Aw<sub>1</sub>, con una temperatura máxima de 35.3°C, media de 25°C y mínima de 15°C. La precipitación anual promedio es de 1641 mm y la humedad relativa de 74.4% (Vidal, 2005). El Campo La Posta cuenta con una unidad de producción y transferencia de tecnología con animales cruzados 3/4 y 5/8 Holstein y Suizo Pardo x Cebú.

De octubre de 2015 a junio de 2016 se implementó el sistema HACCP siguiendo los siete pasos establecidos (Catalan y Valera, 2015), así como las buenas prácticas de higiene del ordeño, con base en el manual de buenas prácticas de ordeño que recomienda SENASICA (2014) para la etapa de producción de leche. El número de vacas durante el estudio fue de 38. La implementación de HACCP en la ordeña consistió de los siguientes puntos: 1. Análisis de peligros; 2. Identificación de los puntos críticos; 3. Determinación de límites críticos; 4. Implementación de un sistema de vigilancia de puntos críticos; 5. Definición de medidas correctivas de los puntos críticos no controlados; 6. Implementación del procedimiento de evaluación y verificación para comprobar que el HACCP es eficaz; 7. Sistema de documentación y registros. Los puntos HACCP que se implementaron en la rutina de ordeño incluyeron: presellado de pezones, uso de antibióticos al secado y tratamiento de mastitis



clínica. Las buenas prácticas de higiene de ordeño se aplicaron al punto cuatro del sistema HACCP y se dividieron en antes, durante y después. Las prácticas antes del ordeño incluyen: arreo, lotificación y contención de vacas; limpieza de las instalaciones; horario de ordeño; aseo de manos y brazos del ordeñador; preparación y lavado del equipo; lavado de pezones; presellado; secado de pezones; control de mastitis. Las prácticas durante el ordeño: manejo del becerro; consideración del ordeño manual/mecánico; prueba de California. Las prácticas después del ordeño: sellado de pezones; limpieza y desinfección de utensilios de ordeño; lavado y desinfección de la sala de ordeño; traslado de leche y almacenamiento. Los puntos críticos detectados previo a la implementación de buenas prácticas de higiene mostraron que solo se cumplía un 37% de todas las actividades que menciona el manual buenas prácticas de higiene del ordeño.

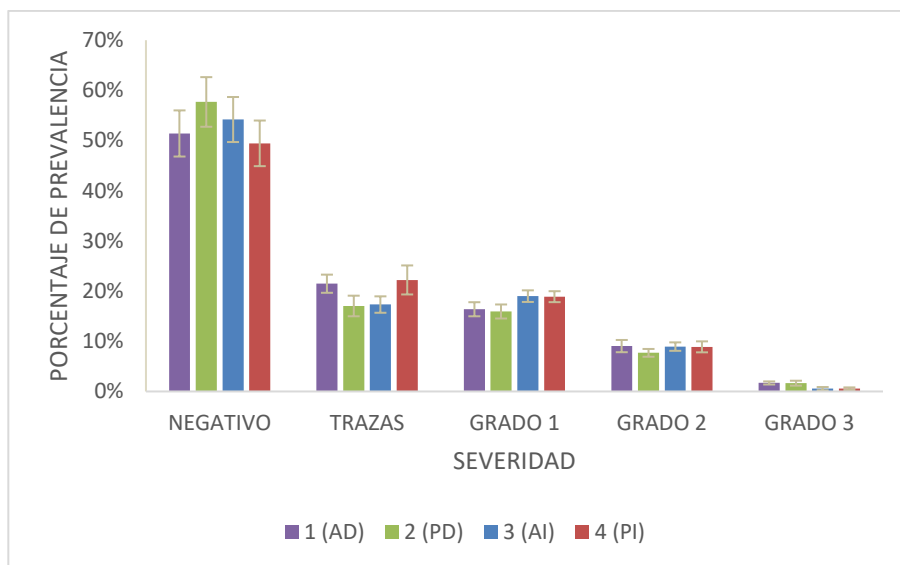
Después de la implementación del punto seis del sistema HACCP se midieron: conteo de células somáticas (CCS/mL); mastitis (prevalencia), producción de leche, contenido de grasa, proteína y sólidos no solubles (%) en leche. Estas mediciones se realizaron cada mes para cada vaca durante 6 meses de 2016. Cada muestra se trabajó por duplicado. Para el CCS/mL el muestreo se extendió hasta diciembre de 2017. Se usó la prueba de California para determinar la mastitissubclínica. Los resultados se leyeron como: negativos, traza, 1+, 2+, y 3+ (Bonifaz y Conlago, 2016). La prevalencia de mastitis se definió como el número de casos afectados por la enfermedad entre el número de vacas de la población. Para el conteo de células somáticas (CCS/mL) se utilizó un lector digital para tiras de prueba portátil. El contenido de grasa, proteína y sólidos no grasos (SNG) se midió en un milkoscan minor marca Foss®. Los resultados se trataron como un análisis descriptivo, utilizando el programa Microsoft® Excel. A las variables analizadas se les determinó el promedio  $\pm$  desviación estandar.

## **Resultados y Discusión**

Se realizó el seguimiento de la producción de leche, mastitis y parámetros de calidad de la leche (grasa, proteína y ST) a 38 vacas durante seis meses. El CCS/mL se midió durante un total de 18 meses. Este seguimiento se realizó una vez implementado el sistema HACCP en la ordeña. La prueba de California es un método económico y rápido para determinar mastitis



y posee una buena correlación con el contenido de células somáticas. Por lo tanto, es recomendable su uso para evaluar el status de inocuidad de la ubre de vacas lecheras. La mastitis se encontró negativa en un rango entre 49-58%, analizada en los cuatro cuartos por vaca del hato en estudio (Figura 1). El resultado de trazas fue el mas comun (17-22%); el grado uno tuvo una mayor prevalencia (17-19%) que el grado dos (8-9%) y que el grado tres (1-2%). Estos resultados son similares a los reportados por Bonifaz y Conlango (2016) en una población estudio de un hato de la provincia de Pichincha, Ecuador. Ellos reportan entre un 45-56% del hato no tuvo presencia de mastitis y que de 1 a 2% tuvieron grado de reacción tres, aunque difieren del presente estudio en la distribución de los grados uno y grado dos. En el presente estudio, las trazas fue el grado de afectación de mastitis mas frecuente, seguido de grado uno y grado dos. En el grado tres, los cuartos anterior y posterior derecho tuvieron mayor prevalencia de mastitis (2%) que los cuartos anterior y posterior izquierdo (1%) (Figura 1).



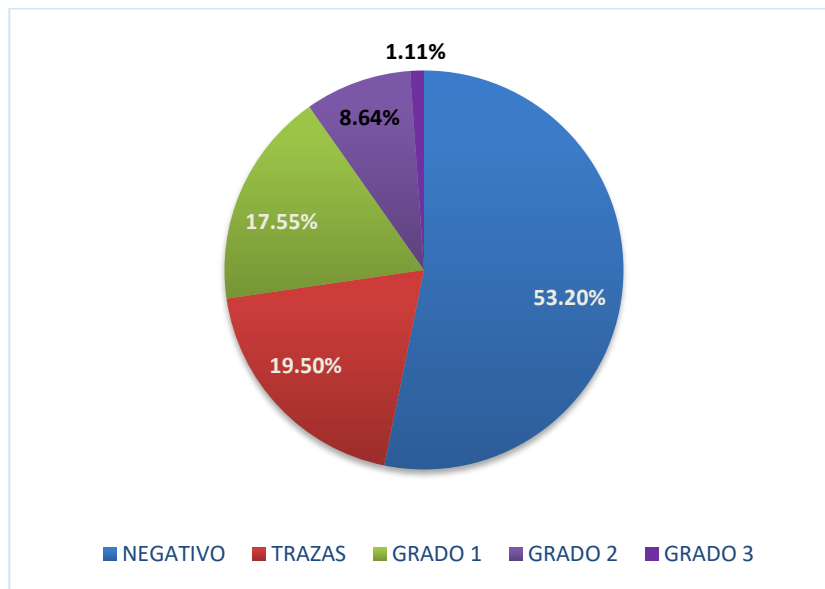
**Figura 1. Distribución de la prevalencia de mastitis por cuartos en vacas del Campo Experimental La Posta-INIFAP.**

**AD=cuarto anterior derecho; PD= cuarto posterior derecho; AI=cuarto anterior izquierdo; PI= cuarto posterior izquierdo.**

En la Figura 2 se observa que el 53.2% de los cuartos del hato se encontró libre de mastitis. El 46.8% tenían mastitis subclínica en algún grado, siendo el contenido en trazas el más alto



(19.5%) y el grado tres el más bajo (1.11%). Calderón y Rodríguez (2008) encontraron un 31.3% de mastitis subclínica y un 2.2% de mastitis clínica en lechería especializada. Ávila y Gutiérrez (2001) reportan que en el trópico húmedo de México se registran prevalencias de mastitis subclínica en ganado bovino de doble propósito de 40 a 52% y Pech *et al.* (2007) notifican una prevalencia del 53% en un hato F1 Suizo x Cebú en un sistema de doble propósito del municipio de Catmis, Yucatán. En el estado de Veracruz, la prevalencia de mastitis subclínica va de 33% a 100% en la época de mayor precipitación pluvial y de 4 a 68% el resto del año en el área de Playa Vicente (Bedolla *et al.*, 2008). En el área de Martínez de la Torre, la frecuencia promedio es de 39.7%, con una variación entre 6 y 68%. Con los resultados de la implementación HACCP el porcentaje de mastitis subclínica (46.8%) concuerda con lo citado en anteriores reportes, considerando desde el nivel trazas, grado uno, dos y tres.



**Figura 2. Distribución de la frecuencia de mastitis por grado de afectación (%) en vacas del Campo Experimental La Posta-INIFAP.**

El PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012 establece los valores de CCS/mL según la clasificación especificada de mastitis subclínica de la clase uno a la cuatro (COFOCALEC. 2013). En el Cuadro 1 se muestra que el 47.2% de vacas presentaron un CCS/mL menor a 400,000 lo que corresponde a negativa a mastitis (53.20%). El porcentaje más bajo de CCS fue para la clase dos (6.21%), y para la clasificación cuatro, casi 17% de las vacas presentaron

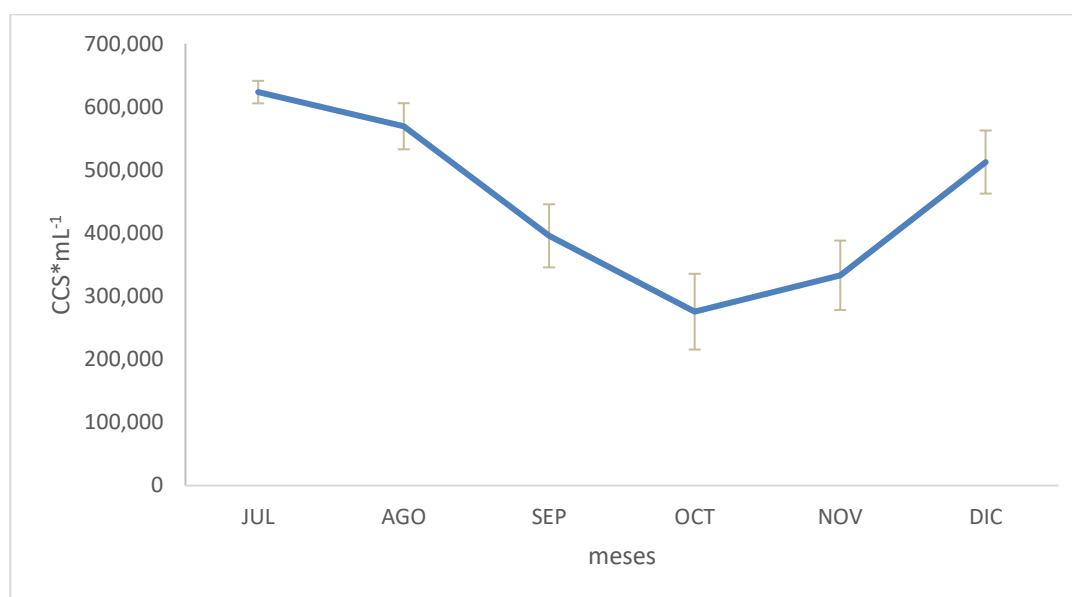


el más alto contenido de células somáticas. Estas últimas podrían asociarse con el grado 2 y 3 de mastitis en la prueba de California. El conteo de células somáticas medido en los meses subsiguientes a la implementación del sistema HACCP logró bajar de 600,000 a 275,438 CCS/mL en cuatro meses (Figura 3). Durante los meses de noviembre y diciembre de 2016 las CCS se elevaron nuevamente, sobrepasando en 86% al mes de anterior, ya que un grupo de vacas dentro de este periodo de estudio que estaban terminando su lactancia incrementaron su CCS.

**Cuadro 1. Clasificación de células somáticas en vacas del Campo Experimental La Posta-INIFAP, después de la implementación de HACCP.**

Clase	*Conteo de células somáticas	Porcentaje de vacas
1	≤ 400,000	47.20
2	401,000-500,000	6.21
3	501,000-749,000	29.81
4	750,000-1,000,000	16.77

\*Clasificación establecida en PROY- NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

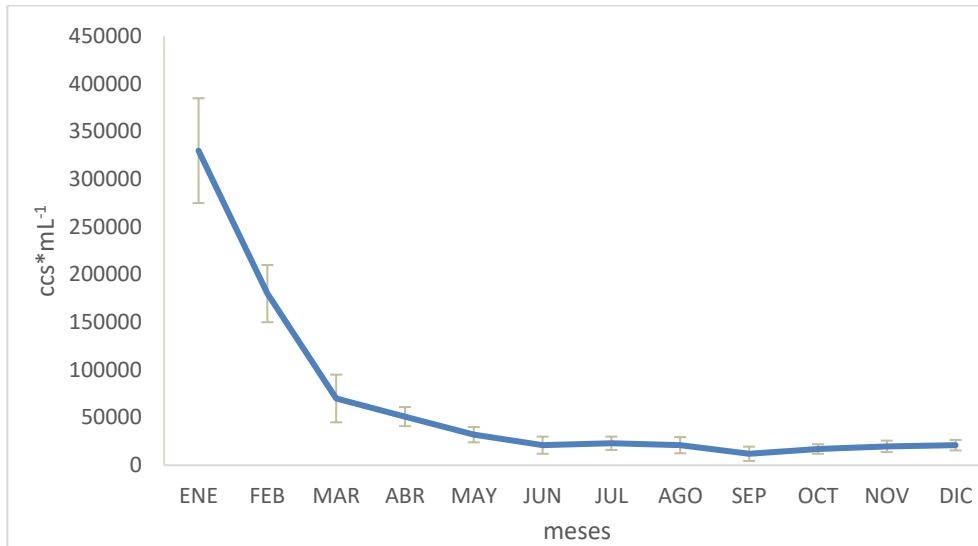


**Figura 3. Contenido de células somáticas por hato por mes en 2016 en vacas del Campo Experimental La Posta-INIFAP.**

La condición corporal de los animales es un factor clave para el aumento de CCS. En animales con una condición corporal inferior a 1.5 o mayor a 3.5 el número de CCS puede elevarse por

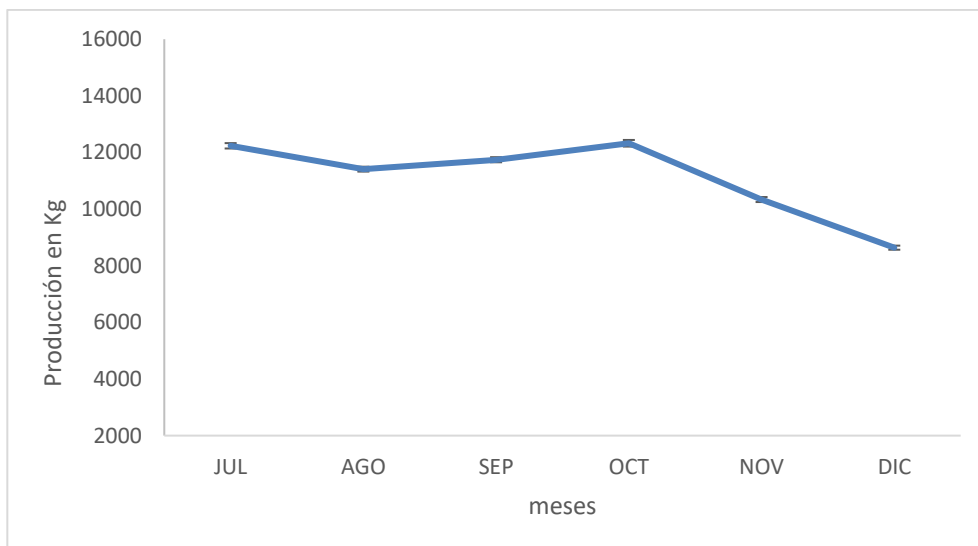


encima de 199,000 (Breen *et al.*, 2009). Sin embargo, de enero a marzo de 2017 se observó una disminución significativa del contenido de células somáticas (Figura 4), de 350,000 a 50,000, y estos valores se mantuvieron el resto del año. Al implementar el sistema HACCP con las buenas prácticas de higiene del ordeño se logró un valor de 50,000 CCS/mL en el hato.



**Figura 4. Contenido promedio mensual de células somáticas en el hato lechero del Campo Experimental La Posta-INIFAP en 2017.**

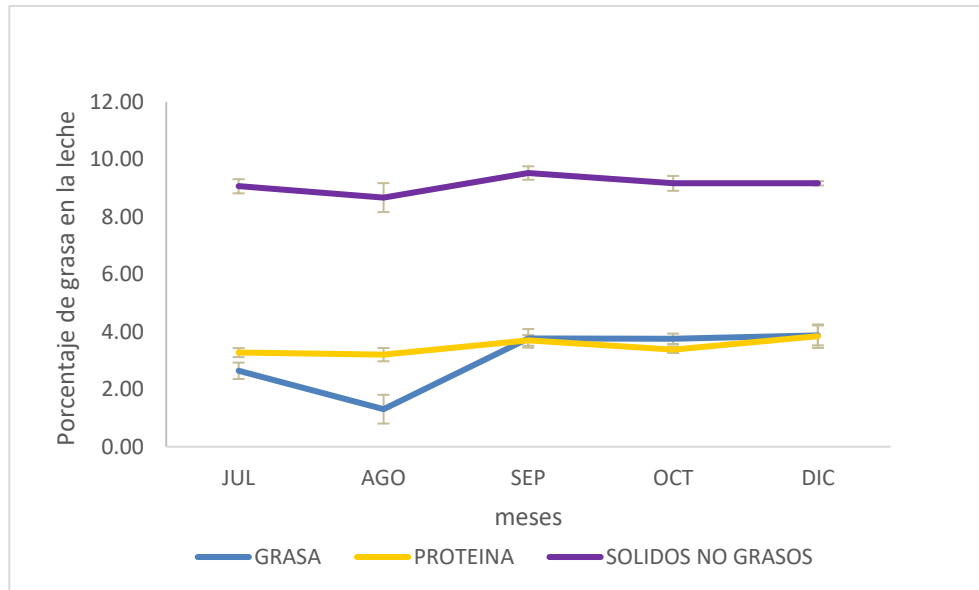
En la Figura 5 se presenta la producción de leche de julio a diciembre de 2016. La producción más alta se dio en octubre (12,325 kg) y la más baja en diciembre (8,637 kg).



**Figura 5. Producción de leche de 6 meses en el hato lechero del Campo Experimental La Posta-INIFAP.**



Las variables de calidad de leche se mantuvieron sin cambios aparentes a través de los meses de estudio (Figura 6). Se ha informado que la mastitis afecta negativamente tanto la producción como la composición físico química de la leche (Cunha *et al.*, 2008).



**Figura 6. Porcentaje de grasa, proteína y sólidos no grasos en la leche para el hato lechero del Campo Experimental La Posta-INIFAP.**

Un contenido elevado de células somáticas se asocia con una reducción en algunos componentes indicadores de la calidad de la leche como caseína, grasa y lactosa, y con una baja producción de leche (Ballou *et al.*, 1995; Koivula *et al.*, 2005). Malek dos Reis *et al.* (2013) reportó en vacas Gyr en un sistema de pastoreo tropical, una composición promedio de  $3.67 \pm 0.02$  de proteína,  $3.01 \pm 0.04$  de grasa y  $9.13 \pm 0.02$  de sólidos no grasos. Ellos determinaron mediante un modelo de regresión lineal combinado que cada incremento de 100,000 CCS/mL reduce en 0.02% el contenido de lactosa y de sólidos no grasos. A su vez, el contenido de proteína, grasa y SNS son más altos en época de secas que en época de lluvias. En la Figura 6 se presenta el contenido promedio por mes de grasa, proteína y sólidos no grasos registrados por vaca. En el presente estudio, el contenido de grasa promedio por hato durante los 6 meses que duró el análisis fue de  $3.07 \pm 1.10$ , la proteína fue  $3.48 \pm 0.27$  y el SNG  $9.12 \pm 0.30\%$ . El contenido de grasa de la leche del hato en estudio presentó una variación por efecto de la lactación de las vacas. Malek dos Reis *et al.* (2013) notificaron que, en época



de lluvias, el contenido de grasa es menor que en época de secas, lo cual pudo influir en los valores mensuales de la grasa, ya que los primeros meses del estudio correspondieron a época de lluvias y los últimos dos, a meses de secas.

## Conclusiones

1. La implementación del sistema HACCP, así como las buenas prácticas (BP) de higiene de ordeño antes, durante y después, lograron reducir el CCS/mL de 600,000 a 275,438 CCS/mL en cuatro meses. A partir del octavo mes los conteos se mantuvieron por debajo de 200,000 CCS/mL y a los 10 meses de seguimiento lograron reducirse y mantenerse por debajo de 50,000 CCS/mL hasta el final del monitoreo, que duró 18 meses en total.
2. El grado de afectación por la mastitis subclínica mas frecuente fueron las trazas (19.5%). El nivel de mastitis subclínica así como el CCS/mL no afectaron la calidad de la leche, con base en la producción, el contenido de grasa, la proteína y los sólidos no solubles.

## Literatura Citada

- Ávila, T. S. y C. J. Gutiérrez. 2001. Epidemiología de las mastitis en hatos pequeños. p. 61 – 67. *In: Memoria del III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la leche.* 2001. León, Guanajuato, México.
- Ballou, L. U., M. Pasquini, R. D. Bremel, T. Everson and R. D. Dean. 1995. Factors affecting herd milk composition and milk plasmin at four levels of somatic cell counts. *J. Dairy Sci.* 78:2186-2195.
- Bedolla, C. C. y M. E. Ponce de León R. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *Rev Electrón Vet.* 9(4):1-26.
- Bonifaz, N. y F. Conlago. 2016. Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba de California mastitis test con identificación del agente etiológico, en Paquiestancia, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida.* 24(2):43-52.





- Breen, J. E., A. J. Bradley, and M. J. Green. 2009. Quarter and cow risk factors associated with a somatic cell count greater than 199,000 cells per millimeter in United Kingdom dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 3106-3115.
- Calderón, A. y V. C. Rodríguez. 2008. Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia). *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 21(4): 582-589.
- Catalán, B. N y L. C. M. Valera. 2015. Diagnóstico productivo de una industria agropecuaria de leche cruda en el Campo Experimental "La Posta". Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Boca del Río. Boca del Río, Veracruz. 80 p.
- COFOCALEC. 2013. PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Proyecto de Norma Mexicana. Sistema Producto Leche –Alimento–Lácteo–Leche Cruda de Vaca–Especificaciones Físicoquímicas, Sanitarias y Métodos de Prueba. Sistema Producto Leche. Organismo Nacional de Normalización del COFOCALEC, México.
- Cunha, R. P. L., L. R. Molina., A. U. Carvalho., E. J. Facury F., P. M. Ferreira and M. B. Gentilini. 2008. Subclinical mastitis and relationship between somatic cell count with number of lactations, production and chemical composition of milk. *Arq Bras Med Vet Zoot.* 60:19-24.
- Koivula, M., E. A. Mäntysaari, E. Negussie and T. Serenius. 2005. Genetic and phenotypic relationships among milk yield and somatic cell count before and after clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 88: 827-833.
- Malek dos Reis, C. B., Barreiro, J. R., Mestieri, L., de Felicio, P. M. A., dos Santos, M. V. 2013. Effect of somatic cell count and mastitis pathogens on milk composition in Gyr cows. *BMC Vet. Res.* 9:67.
- SENASICA. 2014. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias. Sistema de explotación extensivo y semi-extensivo de ganado bovino de doble propósito. SAGARPA. México. 144p.
- Pech, M., V.C., M. Carvajal H. y R. Martínez. P. 2007. Impacto económico de la mastitis subclínica en hatos de bovinos doble propósito de la zona centro del estado de Yucatán. *Trop Subtrop Agroecos.* 7:127-131.
- Relova, V. D., A. M. Armenteros y J. Z. V. Capdevila. 2008. Caracterización de la situación clínico-epizootiológica de la mastitis bovina en vacas primerizas Holstein de una lechería especializada. *Rev. Electrón. Vet.* 9(9): 1-12.
- Vidal, R. 2005. Las regiones climáticas de México. *Temas Selectos de Geografía de México (I. 2.2)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.



# ***FORESTAL***





# ESPECIES Y PRODUCCIÓN DE MADERA DE ENCINO EN TLAQUILPA, VERACRUZ

Andrés Flores<sup>1\*</sup>, Jesús Octavio Romero García<sup>2</sup> y Jorge Méndez González<sup>3</sup>

## Resumen

En México se tiene aproximadamente una tercera parte de los encinos del mundo, es equivalente a 161 especies, de las cuales 109 son endémicas, por lo que el país es considerado el mayor centro de diversidad del género *Quercus*. La conservación de los bosques de encino en Veracruz, México, requiere la ejecución de programas basados en el conocimiento de la ecología y distribución de las especies, debido a que existen constantes actividades ilegales que afectan las áreas boscosas por labores agrícolas y pecuarias. Saber cuáles son los lugares que albergan a este género es una necesidad para seleccionar y priorizar las poblaciones a mantener. Aún se requiere de un esfuerzo más amplio en campo para identificar las localidades en las que se encuentra cada especie. El presente trabajo se realizó con el propósito de definir las especies de encino que se distribuyen en el municipio de Tlaquilpa, Sierra de Zongolica, Veracruz, y determinar sus respectivos volúmenes maderables ( $m^3$ ). Para ello, se realizó la colecta e identificación de muestras botánicas en cinco predios ubicados en diferentes altitudes, se determinaron las existencias maderables totales a partir de datos de diámetro normal, altura total, área basal y coeficiente mórfico. Los resultados indicaron que existen seis especies de encino en la zona de estudio, de las cuales *Quercus laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa* son de amplia distribución, a las que se les determinó un volumen de producción maderable considerado alto de 476.047, 245.016 y 143.147  $m^3$ , respectivamente; mientras que *Q. candicans*, *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* tienen una distribución más restringida y presentan menor volumen (26.881, 10.784 y 3.210  $m^3$ , respectivamente). Las especies de encino identificadas en el municipio requieren de un programa de conservación para garantizar

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Corre-e: flores.andres@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Asesoría Forestal Especializada, A.C. México.

<sup>3</sup> Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.



su continuidad ante las actividades humanas que disminuyen su potencial. Estas determinaciones son relevantes para elaborar programas de conservación, también para planear diferentes actividades de gestión forestal.

**Palabras clave:** gestión forestal sostenible, *Quercus*, Sierra de Zongolica

## Introducción

En México existen 161 especies de encino, de las cuales 109 son endémicas por lo que es considerado el mayor centro de diversidad del género *Quercus* (Wehenkel *et al.*, 2017). Estas se distribuyen en un rango altitudinal amplio, de 0 a 3 100 m, conformando bosques de encino, encino-pino y pino-encino en los climas templado, cálido y semi-húmedo (Rodríguez-Acosta y Coombes, 2020); sin embargo, también están presentes en el bosque tropical perennifolio, en el bosque mesófilo de montaña y en las zonas semiáridas.

En el estado de Veracruz, México existen bosques con diferentes especies de encino. A pesar de que se han hecho muestreos en este tipo de la vegetación, se están reportando nuevos registros para el estado, p. ej. *Quercus furfuracea* (Castillo-Hernández y Flores-Olvera, 2017), por lo que es necesario continuar con la determinación de las especies y sus sitios de distribución. En las sierras de Orizaba y Zongolica se encuentran superficies extensas y continuas, así como fragmentos de macizos forestales importantes de bosques de pino, encino y pino-encino (Gerez-Fernández y Pineda-López, 2011).

Para el género *Quercus*, la región de Tlaquilpa, en la Sierra de Zongolica, es un ejemplo de cómo las acciones ilegales del hombre afectan las áreas boscosas, las cuales se encuentran constantemente alteradas por labores agrícolas y pecuarias. Para su recuperación se requiere la implementación de programas de restauración ecológica (Uribe-Salas *et al.*, 2018), basados en la identificación de las especies, distribución y otras características ecológicas (p. ej. estructura de tamaños, distribución espacial o regeneración). La distribución natural interespecífica del género *Quercus* no es del todo conocida en la zona, existen áreas que no han sido estudiadas. Por lo cual, los objetivos de este trabajo fueron: (1) determinar las



especies de encino y su distribución en predios del municipio de Tlaquilpa, Veracruz, y (2) estimar la producción de madera por hectárea de los bosques en los predios muestreados.

## Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en cinco predios de Tlaquila, Veracruz, municipio que se encuentra entre los paralelos 18° 34' y 18° 39' de latitud norte, los meridianos 97° 02' y 97° 09' de longitud oeste, altitud entre 1 840 y 2 700 m, cubre una superficie de 57.2 km<sup>2</sup>; el clima que presenta es templado húmedo con abundantes lluvias en verano (94%), templado subhúmedo con lluvias (1100 a 2100 mm) en verano (5%) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (1%) (SEFIPLAN, 2016).

La colecta de muestras botánicas se realizó en los predios ubicados dentro de la distribución natural del género *Quercus* (2 colectas por predio), en diferentes altitudes (Cuadro 1). Los lugares seleccionados no presentaron intervenciones silvícolas severas e impactos en la vegetación, ya que han sido cuidados por los poseedores de los predios. Los materiales vegetales colectados fueron etiquetados, secados y llevados al Instituto de Ecología, A.C., para su identificación botánica.

**Cuadro 1. Sitios de colecta de muestras botánicas de especímenes del género *Quercus* en el municipio de Tlaquilpa, Veracruz.**

Predio <sup>†</sup>	Latitud N	Longitud O	Altitud (m)
Atipexqui	18° 36' 16"	97° 06' 20"	2 135
Atezcatl	18° 36' 23"	97° 06' 17"	2 186
Cuixapa	18° 36' 02"	97° 05' 22"	2 275
Frac. Lote 63	18° 37' 39"	97° 07' 21"	2 504
Cacalotepec	18° 37' 26"	97° 05' 47"	2 536

<sup>†</sup>Los predios son pequeños cuyas áreas arboladas son menores a una hectárea.

En cada predio, se determinó la superficie arbolada y se distribuyeron de manera sistemática sitios de muestreo de dimensiones variables separados por una distancia de 100 m, usando un factor de área basal de 1. En estos sitios, con el uso de un relascopio simplificado se



contabilizó el número de individuos que cumplieron la condición de Bitterlich, esto significa que solo se contabilizaron árboles cuyo diámetro normal fue abarcado totalmente o tangencialmente por la proyección del ángulo; la altura total se midió con pistola Haga, el diámetro normal (1.3 m a partir de la base del suelo) con forcípula, también se calculó el área basal de cada especie. Con base en esta información básica se determinaron las existencias maderables totales ( $m^3$  rollo) de forma tradicional mediante la cubicación de cada árbol usando los datos de altura total, diámetro normal, área basal y coeficiente mórfico. Los valores de coeficientes mórficos fueron calculados previamente por la consultora Asesoría Forestal Especializada, A.C. (datos inéditos).

## Resultados y Discusión

Se identificaron seis especies de encino, de los cuales *Quercus laurina* Bonpl. (encino delgadillo), *Q. crassifolia* Bonpl. (encino negro) y *Q. rugosa* Née (encino amarillo) presentaron mayor amplitud altitudinal de distribución; mientras que *Q. candicans* Née (encino roble), *Q. glabrescens* Benth. (encino ahuehuate) y *Q. scytophylla* Liebm. (encino cenizo) tuvieron una distribución más restringida ya que se presentaron en un menor número de predios. Se determinó que *Q. laurina* está presente en todos los predios (árboles de 15 a 70 cm de diámetro), mientras que *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* en cuatro predios (árboles de 15 a 60 y 15 a 65 cm de diámetro, respectivamente); por su parte *Q. candicans* se encontró en dos predios (árboles de 15 a 50 cm de diámetro), *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* solo en un predio (árboles de 20 a 25 y de 25 cm de diámetro, respectivamente).

*Q. laurina*, *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* presentaron individuos en las categorías diamétricas de 15 a 70 cm, pero la mayor parte se concentró en las primeras (15 a 30 cm), mientras que *Q. candicans*, *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* se mantuvieron en las categorías menores (15 a 35 cm); por lo tanto, en los predios muestreados predominan las clases diamétricas pequeñas. De esto se deduce que los lugares muestreados de encino han regenerado más árboles, actualmente presentan la pirámide de población de los bosques naturales, es decir, más árboles jóvenes y menos árboles maduros.



Las especies tuvieron diferentes volúmenes por hectárea (Cuadro 2), *Q. laurina*, *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* fueron las de mayor volumen total (476.047, 245.016 y 143.147 m<sup>3</sup> rollo, respectivamente), *Q. candicans*, *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* presentaron menor volumen (26.881, 10.784 y 3.210 m<sup>3</sup> rollo, respectivamente).

**Cuadro 2. Volumen de las especies de *Quercus* en seis predios de Tlaquilpa, Veracruz.**

Predio	Rodal-Subrodal	Superficie (ha) <sup>†</sup>	Especie	A.B. (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	ERT (m <sup>3</sup> rollo)
Atipexqui	I-1	0.7200	<i>Q. laurina</i>	7.000	41.460
			<i>Q. rugosa</i>	2.000	12.873
			<i>Q. glabrescens</i>	2.000	10.784
Atezcatl	II-1	0.5872	<i>Q. laurina</i>	3.000	24.095
			<i>Q. rugosa</i>	1.333	7.380
			<i>Q. crassifolia</i>	8.500	63.637
			<i>Q. candicans</i>	0.833	3.146
Cuixapa	II-2	0.6672	<i>Q. rugosa</i>	22.000	158.974
	III-1	0.6834	<i>Q. laurina</i>	13.500	106.656
			<i>Q. crassifolia</i>	1.000	7.088
			<i>Q. candicans</i>	2.000	15.062
	III-2	1.0032	<i>Q. laurina</i>	14.500	103.960
			<i>Q. candicans</i>	1.000	8.673
<i>Q. scytophylla</i>			1.000	3.210	
Frac. Lote 63	IV-1	0.4563	<i>Q. laurina</i>	13.330	75.266
			<i>Q. rugosa</i>	4.167	20.370
			<i>Q. crassifolia</i>	4.667	25.009
	IV-2	1.4356	<i>Q. laurina</i>	13.000	86.499
			<i>Q. rugosa</i>	5.500	36.832
			<i>Q. crassifolia</i>	2.000	13.257
Cacalotepec	V-1	0.8557	<i>Q. laurina</i>	3.125	11.759
			<i>Q. rugosa</i>	2.000	8.587
			<i>Q. crassifolia</i>	3.250	20.380
	V-2	0.6755	<i>Q. laurina</i>	3.000	26.352
			<i>Q. crassifolia</i>	2.000	13.776

<sup>†</sup>Superficie arbolada muestreada, A.B.: Área basal, <sup>¶</sup>ERT: Existencias rollo total de la superficie arbolada del predio.



Con base al Cuadro 1, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Q. crassifolia* y *Q. candicans* se distribuyen en la mayor parte del gradiente altitudinal analizado (2 135 a 2 536 m snm), mientras que *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* solo en un gradiente altitudinal menor (2135 y 2275 m snm, respetivamente). Se ha determinado que la distribución del género está asociada de manera positiva con la heterogeneidad topográfica (Uribe-Salas *et al.*, 2018). En particular, *Q. laurina* se presenta con mayor abundancia a mayor altitud. Las especies de encino también están influenciadas por la latitud, la cual ha mostrado tener una correlación con sus rasgos morfológicos (Uribe-Salas *et al.*, 2018).

Para *Q. laurina*, se ha determinado que debido al potencial de distribución que tiene en el estado de Veracruz, es posible que encuentre condiciones favorables para mantenerse en sitios de baja humedad, por efecto del cambio climático, lo que le permitirá mantenerse en el futuro (Estrada-Contreras *et al.*, 2015). Otras especies con esta misma habilidad de adaptación son *Q. crassifolia* y *Q. rugosa*, ya que son moderadamente sensibles al cambio climático (Galicia *et al.*, 2015).

Por otra parte, las especies de encino identificadas también tienen gran importancia en la producción no maderable que se realiza de manera legal en los predios evaluados, p. ej. *Q. laurina* y *Q. crassifolia* proveen de leña y materia prima para la elaboración de carbón, su madera presenta propiedades químicas adecuadas como fuente de combustible, debido a su alto valor de calentamiento (Ruiz-Aquino *et al.*, 2015).

## Conclusiones

- (1) En los predios estudiados del municipio de Tlaquilpa, Veracruz se identificó la presencia de seis taxones del género *Quercus*, de los cuales *Q. laurina*, *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* tienen una distribución altitudinal más amplia y mayor volumen (476.047, 245.016 y 143.147 m<sup>3</sup>, respectivamente) que *Q. candicans*, *Q. glabrescens* y *Q. scytophylla* (26.881, 10.784 y 3.210 m<sup>3</sup>, respectivamente).
- (2) Para estas especies es prioritario elaborar y plantear programas para su conservación ante las actividades humanas que disminuyen su potencial, por lo que el presente trabajo es





relevante porque sienta las bases para la formulación de programas de conservación y para la dirección de actividades de gestión forestal.

- (3) Se recomienda realizar estudios posteriores sobre diferentes aspectos ecológicos, orientados a evaluar la regeneración y demografía de las seis especies identificadas con el propósito de comprender la viabilidad de sus poblaciones presentes y futuras.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, por financiar la presente investigación.

## Literatura Citada

- Castillo-Hernández, L. A. and H. Flores-Olvera. 2017. Floristic composition of the cloud forest of the Bicentenario Reserve, Zongolica, Veracruz, México. *Botanical Sciences* 95(3): 1-25.
- Estrada-Contreras, I., M. Equihua, G. Castillo-Campos and O. Rojas-Soto. 2015. Climate change and effects on vegetation in Veracruz, Mexico: an approach using ecological niche modelling. *Acta Botánica Mexicana* 112: 73-93.
- Galicia, L., C. Potvin and C. Messier. 2015. Maintaining the high diversity of pine and oak species in Mexican temperate forests: a new management approach combining functional zoning and ecosystem adaptability. *Canadian Journal of Forest Research* 45(10): 1358-1368.
- Gerez-Fernández, P. y M. del R. Pineda-López. 2011. Los bosques de Veracruz en el contexto de una estrategia estatal REDD+. *Madera y Bosques* 17(3): 7-27.
- Rodríguez-Acosta, M. y A. J. Coombes. 2020. Manual para la propagación de *Quercus*: Una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central. Jardín Botánico Universitario. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 79 p.
- Ruiz-Aquino, F., M. M. González-Peña, J. I. Valdez-Hernández, U. S. Revilla and A. Romero-Manzanares. 2015. Chemical characterization and fuel properties of wood and bark of two oaks from Oaxaca, Mexico. *Industrial Crops and Products* 65: 90-95.



Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN). 2016. Tlaquilpa. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Tlaquilpa.pdf> [consultado el 8 de junio de 2020].

Uribe-Salas, D., M. L. España-Boquera y A. Torres-Miranda. 2018. Aspectos biogeográficos y ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae) en Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 126: e1342.

Wehenkel, C., S. del R. Mariscal L., J. P. Jaramillo C., C. A. López S., J. J. Vargas H. and C. Sáenz R. 2017. Genetic diversity and conservation of mexican forest trees. p. 37-67. *In*: Ahuja, M. and S. Jain (eds.). *Biodiversity and conservation of woody plants. Sustainable Development and Biodiversity. Vol. 17.* Springer.



## SIIMADER: HERRAMIENTA INFORMÁTICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA APLICAR ACLAREOS EN EL MANEJO DE BOSQUES REGULARES

*Juan Carlos Tamarit Urias<sup>1\*</sup>, Melchor Rodríguez Acosta<sup>2</sup> e Israel Lerma Serna<sup>3</sup>*

### Resumen

Los diagramas para manejar la densidad (DMD) son herramientas fundamentales de diagnóstico en la competencia de rodales y prescripción de programas de aclareos en el manejo técnico de los bosques. Sin embargo, se perciben como complejos, por lo que tienen baja aceptación y uso limitado por los usuarios. Ante estas limitaciones, se requiere alguna innovación tecnológica que escale los DMD a un nivel intuitivo e interactivo para que se facilite su uso práctico y adopción por los silvicultores. Se planteó el objetivo de diseñar y desarrollar una aplicación informática (AI) Web que incorpore e implemente DMD basados en las funciones de Reineke y de Yoda para que de manera interactiva brinde funcionalidad operativa a los usuarios en el diagnóstico, prescripción y aplicación de aclareos como tratamientos silvícolas intermedios cuando se utiliza algún método de manejo de bosques de tipo regular. Para diseñar y definir la ingeniería, arquitectura, componentes, módulos, catálogos y lenguaje de programación de la AI, se aplicó un proceso participativo que involucró a: (1) parte intelectual, constituida por investigadores expertos con conocimiento especializado en tratamientos silvícolas intermedios, (2) usuarios, identificados como los técnicos forestales que realizan el manejo operativo y aplican silvicultura, y (3) desarrolladores, integrado por analistas de sistemas y programadores expertos. La AI desarrollada se denominó SIIMADER, acrónimo de “Sistema Informático Inifap para Manejar la Densidad de Rodales”, que mediante algoritmos ejecuta rutinas para el ingreso, procesamiento, almacenamiento y salida de información tabular y gráfica orientada a la gestión de la densidad. El principal producto de salida son programas de aclareos. La AI se construyó en el entorno de desarrollo Visual Studio® 2019, para

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC). Campo Experimental San Martinito. \*tamarit.juan@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC). Campo Experimental Ixtacuaco.

<sup>3</sup> Softwerizate, S. C.



programar los algoritmos se usó el lenguaje C#, el sistema gestor de base de datos fue Microsoft® SQL Server® Standard versión 12.0. Se encuentra operando en línea con libre acceso y registro previo en un hosting con dominio propio en internet. SIIMADER es una herramienta tecnológica para aplicar silvicultura cuantitativa, contribuirá a mejorar el crecimiento y rendimiento de rodales, brindará soporte técnico a usuarios y beneficiarios, coadyuvará a que se consolide el manejo forestal en el contexto del desarrollo sustentable.

**Palabras clave:** aplicación Web, diagramas para manejar la densidad, funciones de Reineke y Yoda, tratamientos silvícolas intermedios, programas de aclareos

## Introducción

Los tratamientos silvícolas intermedios (aclareos), son prácticas de manejo que se realizan a bosques coetáneos de coníferas y en plantaciones forestales comerciales (PFC) maderables, con la finalidad de liberar espacio y eliminar la competencia para fomentar el desarrollo de los árboles residuales; en México, la gestión de estos bosques se hace con el Método de Desarrollo Silvícola (Tamarit *et al.*, 2020). Los aclareos (cortas intermedias), se fundamentan en criterios que respondan a razones de crecimiento biológico, tales como las funciones densidad-tamaño de Reineke (1933) y de Yoda *et al.* (1963). Estas cortas intermedios son aplicadas en el momento (Edad) e intensidad conveniente para llevar a una óptima ocupación del sitio y a mejorar el valor económico del bosque (Pretzsch, 2009).

Cuando el profesional encargado del manejo silvícola (prestador de servicios técnicos forestales - PSTF), dispone de los valores de los parámetros de las funciones de Reineke o de Yoda para una especie de conífera del género *Pinus* u otro, en una determinada región agroecológica (Unidad de Manejo Forestal - UMAFOR) y tiene además las ecuaciones de volumen total árbol, así como información dasométrica de sitios de muestreo por rodal, está en condiciones de realizar una serie secuenciada de estimaciones, cálculos y determinaciones como: 1) Construir los respectivos diagramas para manejar la densidad (DMD), 2) Diagnosticar la necesidad de aplicar aclareos por rodal con base en el DMD y, 3) Generar y prescribir programas de aclareos que indiquen la intensidad (%) de remoción, en términos del número



de árboles a extraer y su equivalente en área basal o volumen  $\text{ha}^{-1}$ . Sin embargo, la reproducción y uso de DMD se percibe complicada lo que limita su adopción y efectividad para el manejo silvícola de masas forestales (Wang *et al.*, 2017). Además, realizar en forma manual todas esas acciones rutinarias y repetitivas, para un alto número de rodales, con el apoyo de alguna hoja de cálculo, se vuelve impráctico. Para superar estas limitaciones es necesario incorporar el manejo silvícola mexicano a la tendencia internacional, en donde el procesamiento de la información forestal se realiza de manera automatizada a través del desarrollo de aplicaciones informáticas para computadoras o en línea (Dufour *et al.*, 2012).

En el contexto internacional, se han realizado algunos esfuerzos orientados a desarrollar herramientas informáticas para computadoras que coadyuven a facilitar, por parte de los silvicultores, el uso de DMD para diagnosticar el nivel de competencia de rodales, así como determinar el momento e intensidad de la aplicación de aclareos como tratamientos silvícolas. En este sentido, Woods (1999) para facilitar la adopción y uso práctico de DMD derivados de la función de Reineke para seis coníferas (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P., *Pinus banksiana* Lamb., *Pinus contorta* Dougl., *Picea glauca* (Moench) Voss, *Pinus resinosa* Ait. y *Pinus strobus* L.) de la región de Ontario, Canadá, mediante Visual Basic generaron para Windows 95 y Windows 98 un software interactivo cuya versión Beta denominaron Ontario Density Management Diagram – ODMD. Mack y Burk (2005) para la misma función de densidad presentaron el uso operativo de un DMD para *P. resinosa* de la zona de los estados de Los Lagos de Norteamérica, mediante un aplicativo para Microsoft Excel 2000 desarrollado con Visual Basic y al cual nombraron Resinosa.

Newton (1997) con base en Reineke desarrolló un algoritmo interactivo para microcomputadora sobre el uso de un DMD de *Picea mariana* (Mill.) B.S.P. que crece en la región boreal canadiense; utilizó el lenguaje de programación Fortran versión 5.20 para microprocesador Intel y operación en el sistema operativo MS-DOS y Windows 95. Newton (2009), basado en la misma función de densidad, un enfoque de módulos y el lenguaje Fortran, desarrolló un modelo integrado de apoyo a la toma de decisiones para manejar la densidad de rodales para *Pinus banksiana* Lamb. en el noreste y noroeste de Ontario, Canadá. El módulo principal estuvo conformado por un DMD de tipo dinámico, el algoritmo enlaza diferentes relaciones alométricas. Resaltó la importancia de convertir los algoritmos de lenguajes de programación en desuso por alguno actual y estandarizado como VisualBasic.Net®.



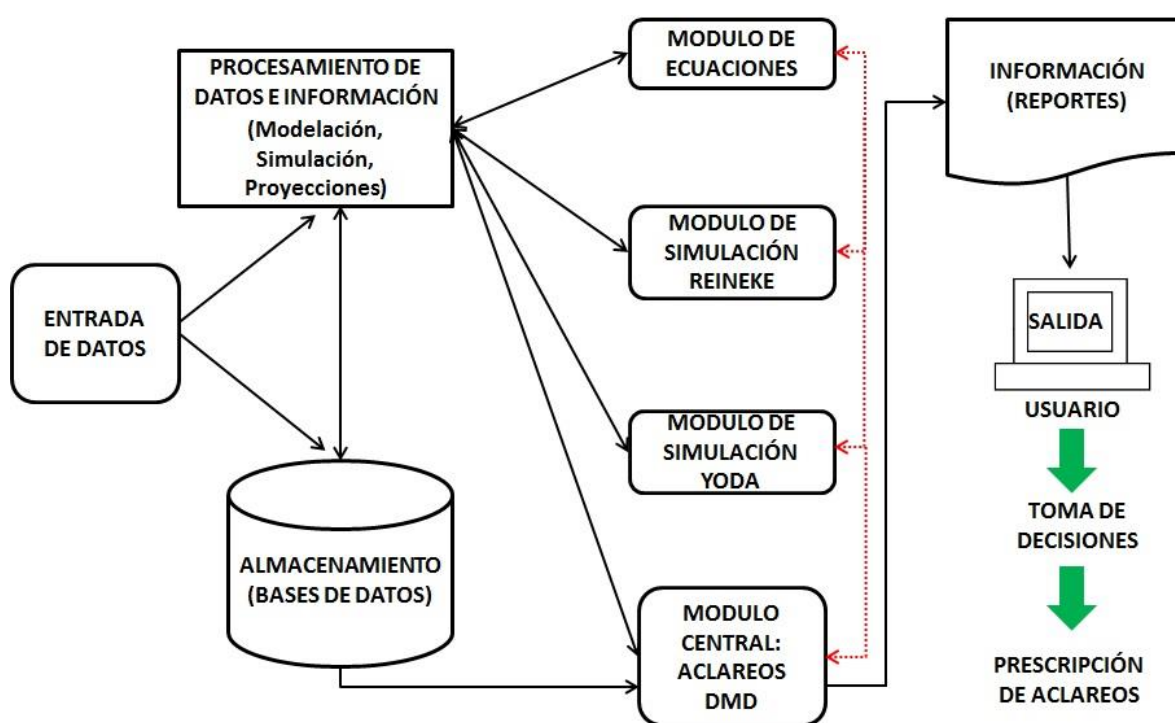
Ritchie (2018) usó la función de Reineke y el software libre R para desarrollar un paquete en forma de aplicativo con rutinas específicas para crear en forma gráfica DMD para cuatro especies de coníferas de los Estado Unidos de Norteamérica (*Pinus ponderosa* Lawson & C. Lawson, *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco, *Abies concolor* Gord. & Glend. y *Pinus contorta* Dougl. ex. Loud.). El aplicativo lo denominó Standview, interrelaciona y genera información gráfica y tabular de variables de rodal como diámetro cuadrático medio, área basal, altura y volumen. Newton (2021) usó Reineke e implementó un software que denotó CroPlanner, el cual ofrece soporte para tomar decisiones en la gestión de la densidad de rodales naturales o de plantaciones, uniespecíficos o mixtos de *P. mariana* y *P. banksiana*, especies que crecen en Canadá. El software lo desarrolló para Microsoft Windows®, recodificó algoritmos de Fortran a VisualBasic.Net®, incorporó interfaces gráficas intuitivas para el usuario. La información de salida son informes tabulares y gráficos sobre regímenes de aclareos pre comerciales y comerciales, además de planes de cultivo óptimos y específicos. En el contexto y antecedentes referidos, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar y presentar una aplicación informática (AI) denominada SIIMADER acrónimo de “Sistema Informático Inifap para Manejar la Densidad de Rodales”, la cual es una importante herramienta tecnológica que facilita el uso de DMD porque automatiza acciones y tareas de cálculo en forma secuencial y lógica para prescribir aclareos. La AI mejorará la eficiencia y productividad de los silvicultores; además, coadyuvará a planear el manejo forestal eficiente y sustentable.

## **Materiales y Métodos**

Para desarrollar la AI se analizaron los requisitos del sistema, los actores involucrados, la naturaleza de la información a procesar, los cálculos esperados como resultados y los aspectos de seguridad de la información necesarios (Bauer, 2016; Sommerville, 2016). A partir de esto, se determinó una lista de funciones de acuerdo con los roles predefinidos. Se construyó un diagrama de usabilidad secuenciado, un modelo de datos relacional con entidades y atributos, un listado de tablas y columnas de la base de datos y un diccionario de datos. Esto permitió definir la estructura, componentes, módulos, interfaz gráfica interactiva, catálogos, lenguaje de programación, entre otros aspectos relevantes de la AI. También se



determinaron los requerimientos específicos de información para alimentarla (entrada al sistema), de procesamiento y almacenamiento (catálogos y bases de datos del sistema), así como la información resultante (salida del sistema) en forma de reportes tabulares y gráficos (Figura 1). Para ello, se aplicó un proceso participativo en el que interactuaron: (1) un componente intelectual, dado por investigadores expertos con conocimiento especializado en tratamientos silvícolas intermedios, (2) la parte de los usuarios, identificados como los técnicos forestales y silvicultores que realizan el manejo operativo y, (3) desarrolladores, integrado por programadores expertos en diseño de sistemas de información y bases de datos.



**Figura 1. Representación esquemática de la estructura general de la aplicación informática.**

De esta manera, el entorno de desarrollo de la AI fue Visual Studio® 2019, para el desarrollo de los algoritmos se usó el lenguaje C#, el modelo elegido para la base de datos fue el Modelo Relacional (Codd, 1970) y se usó el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server® versión 12.0.

Se crearon formularios ordenados y secuenciados sobre las diferentes relaciones funcionales, expresiones e índices de densidad del rodal de Reineke y de Yoda, modelos matemáticos para



la estimación de volúmenes individuales por taxón, y fórmulas para el cálculo de variables dasométricas (densidad, diámetro cuadrático, medio, volumen promedio, área basal, etc.). Se construyeron diferentes catálogos, así como las secuencias de cálculo lógicas que posteriormente fueron programadas mediante algoritmos y rutinas.

Para utilizar la AI se definieron dos tipos de roles o facultamientos: (1) el que corresponde propiamente a los usuarios interesados en utilizar la aplicación para implementar los DMD, los cuales pueden ser PSTF, académicos, investigadores, estudiantes o algún otro y, (2) los administradores de la misma que corresponde a personal del Inifap. Los primeros necesariamente deberán de registrarse y aceptar términos y condiciones para poder usarla. Adicionalmente, se elaboró un manual por tipo de rol, para el caso del usuario tipo 1, el manual podrá ser descargado para su consulta desde la propia AI, la cual además dispondrá de un menú de ayuda al usuario.

La AI se programó para que el usuario ingrese información tabular en forma manual o bien a través de un archivo de Excel en formato delimitados por comas (\*.csv), este archivo deberá contener información de sitios de muestreo circulares de 1000 m<sup>2</sup> levantados por predio y bajo un arreglo de variables/campos predefinidos, el archivo con la estructura adecuada se podrá descargar desde la AI. Previamente, el usuario deberá cerciorarse que la información que se ingresa contiene una especie dominante en términos de abundancia en el 80% o superior. Todos los campos del archivo deben de estar requisitados, la información relevante es el diámetro normal en cm y la altura total en m por árbol, especie, sitio y rodal, ya que sobre estos se realizan las estimaciones de densidad, diámetro cuadrático, volumen, índices de densidad y se determinan diferentes variables dasométricas de totalidad del rodal por unidad de superficie.

Para el cálculo del volumen total árbol por especie, a la AI se le incorporaron los valores de los parámetros del modelo no lineal de Schumacher-Hall (1933) generados por Monárrez (2013) para ocho especies del género *Pinus*, además de *Abies religiosa*, *Quercus* sp. y *Alnus* sp., las cuales se aprovechan comercialmente en el estado de Puebla. Sin embargo, la AI se diseñó para que el usuario pueda cargar los valores de los parámetros de este modelo para otras especies de interés y de otras UMAFOR's o ecoregiones del extranjero.

Para que la AI reproduzca los DMD, se utilizaron los valores de los parámetros de las funciones de Reineke y de Yoda para *Pinus patula* Schl. et Cham y *P. montezumae* Lamb. de la UMAFOR





2103 “Teziutlán” de Puebla, México (Tamarit *et al.*, 2019a; Tamarit *et al.*, 2019b; Rodríguez *et al.*, 2019) (Cuadro 1). Sin embargo, se aclara que la AI se programó para que el usuario pueda cargar los valores de tales parámetros para cualquier especie de interés de alguna UMAFOR distinta. Para la construcción de cada DMD, se predefinió un diámetro cuadrático de referencia ( $D_{qr}$ ) de 25 cm para Reineke y una densidad de referencia ( $N_r$ ) de 100 árboles  $ha^{-1}$  para Yoda.

**Cuadro 1. Valores de los parámetros de la función de Reineke y de Yoda por especie de la UMAFOR 2103 de Puebla, México que se cargaron a la aplicación informática.**

Especie	Función	Parámetro $\alpha$	Parámetro $\beta$
<i>P. patula</i>	Reineke	694108.80	-1.979446
<i>P. patula</i>	Yoda	1037.98	-1.057493
<i>P. montezumae</i>	Reineke	176630.28	-1.645050
<i>P. montezumae</i>	Yoda	3137.92	-1.264345

La AI se programó para que las líneas de auto-aclareo por especie que corresponden a las funciones de Reineke y de Yoda se desplieguen sobre gráficos bidimensionales en escala logarítmica; con base en esta línea, la AI delimita las cuatro zonas de crecimiento de Langsaeter (Tamarit *et al.*, 2020), lo que da lugar al respectivo DMD, sobre el cual, en caso de que el diagnóstico sea intervenir al rodal, la aplicación despliega automáticamente sobre la zona de crecimiento 3 que corresponde al máximo crecimiento en volumen por hectárea del rodal, la propuesta de un programa de aclareos. El programa también se despliega en forma tabular en el que se especifican, los valores del  $D_q$  o volumen promedio, las densidades actuales, a remover y residual, además de la intensidad de cada intervención en porcentaje.

Aunque la zona de crecimiento 3, teóricamente y por default la AI la delimitará entre el 35 y 65% con respecto a la línea de autoaclareo, con el propósito de que se tenga un mayor margen para gestionar la densidad, el usuario podrá, de manera responsable y con base a su experiencia sobre la especie a trabajar, modificar ligeramente tales valores porcentuales.

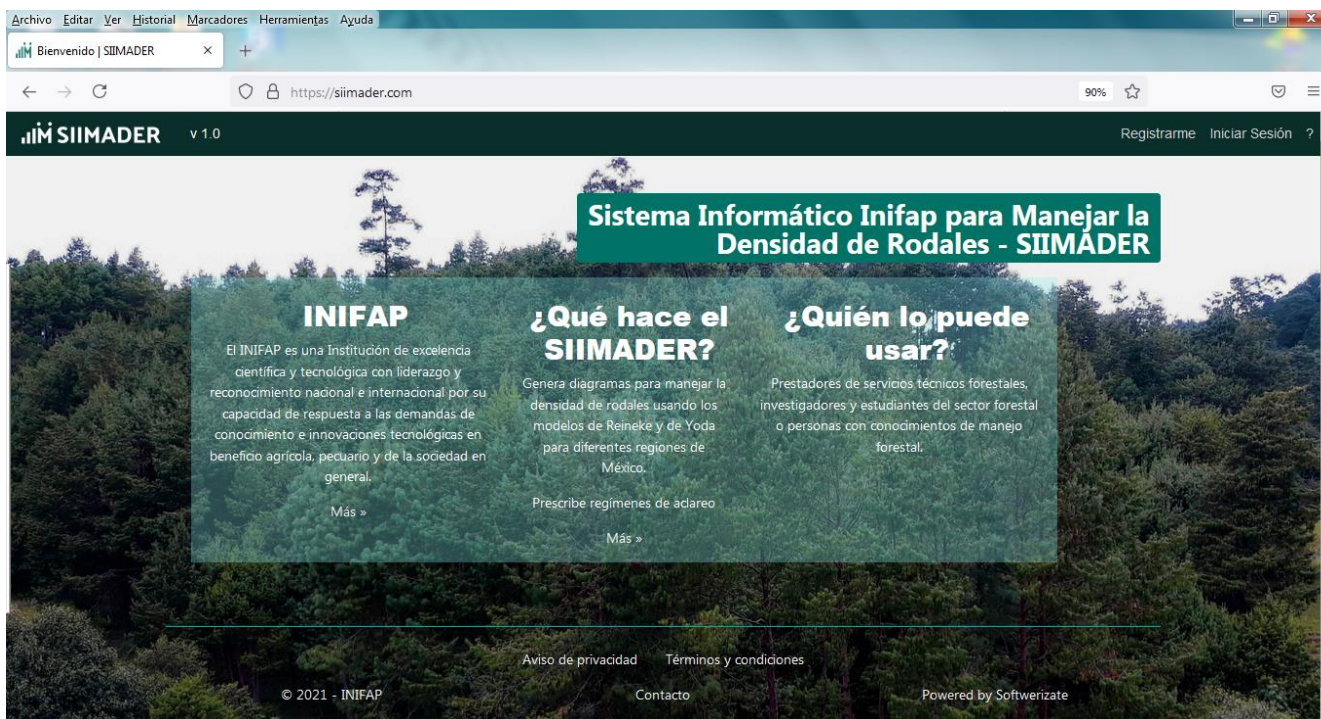
En la secuencia de cálculo para derivar los programas de aclareo para los rodales en que la AI diagnostica la necesidad intervenir mediante una corta basada en Reineke o en Yoda, a la aplicación se le incorporaron las expresiones matemáticas respectivas que se derivan del procedimiento descrito por Martínez (2017) mediante la programación de los algoritmos y rutinas pertinentes.



El funcionamiento de la AI se validó mediante una prueba piloto en la que se utilizó información dasométrica proveniente de sitios de muestreo para inventario maderable operativo, levantados y facilitados por técnicos forestales de la UMAFOR 2103.

## Resultados y Discusión

La AI desarrollada se denominó SIIMADER versión 1.0 (Figura 1), es de acceso libre (previo registro y aceptación de términos y condiciones), contiene su respectivo aviso de privacidad para seguridad de los usuarios, disponible para ordenador, tableta y dispositivo móvil para IOS y Android. Se encuentra en línea bajo el dominio en internet: <https://www.siimader.com>.



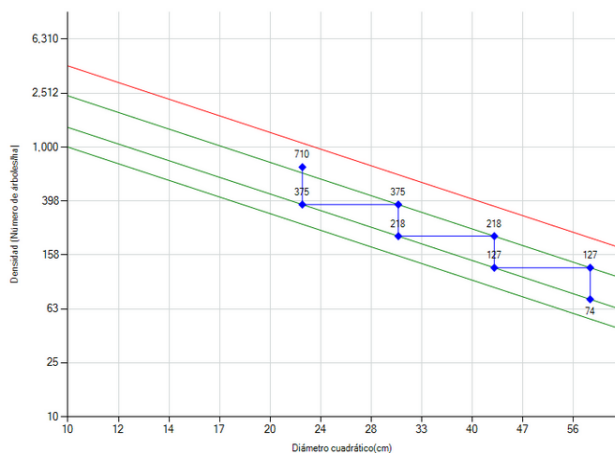
**Figura 1. Dominio en internet y pantalla principal de la aplicación informática SIIMADER.**

Las principales acciones que el usuario del SIIMADER puede realizar en sus diferentes módulos y menús, se sintetizan a continuación:

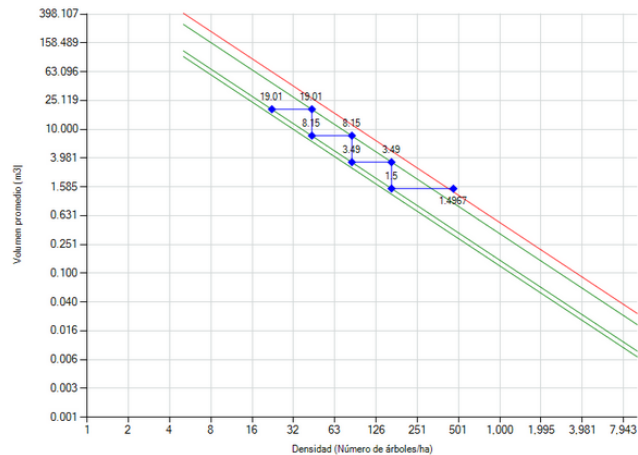
- Abrir la AI SIIMADER localizada en línea en un servidor (hosting).



- Registrarse como usuario (PSTF, académico, investigador, estudiante u otro) y definir la respectiva contraseña para ingresar a los módulos habilitados para este tipo de rol.
- Elegir la especie forestal maderable de interés (*P. patula* o *P. montezumae*) o ingresar alguna otra diferente, la cual debe ser dominante en al menos el 80% y de la que debe de tener información de sitios de muestreo circulares de 1000 m<sup>2</sup>.
- Ingresar, cargar y leer información dasométrica de sitios de muestreo por predio forestal, bajo un orden y arreglo predefinido, cuya estructura de archivo de hoja de cálculo de Excel en formato delimitado por comas (\*.csv) tipo UTF-8 puede ser descargado desde la misma AI.
- Procesar la información cargada para el cálculo de variables dasométricas y generación de variables e índices relativos al manejo de la densidad de rodales.
- Registrar otras especies de la misma u otra UMAFOR del país, así como ingresar los valores respectivos de las funciones de Reineke y de Yoda, además de los valores de los parámetros del modelo de volumen total árbol de Schumacher-Hall no lineal de esas nuevas especies que se registren.
- Descargar en forma tabular los valores de las variables dasométricas: diámetro cuadrático, densidad (número de árboles ha<sup>-1</sup>), volumen promedio por rodal, entre otros que la AI calcula automáticamente.
- Desplegar y visualizar en forma gráfica el DMD de Reineke y de Yoda correspondiente a la especie de interés.
- Identificar visualmente la localización puntual de los rodales de interés en los DMD respectivos, lo que le permite conocer las zonas de crecimiento en las que se encuentran.
- Conocer el diagnóstico que la AI ejecuta sobre la necesidad de intervenir, prescribir y aplicar un aclareo (corta intermedia) por rodal del predio en cuestión.
- Desplegar, visualizar y analizar un programa de aclareo teórico de tipo sistemático en forma gráfica sobre el DMD (Figura 2) y en forma tabular, para conocer el número de árboles a remover y su equivalente en área basal o volumen, así como la intensidad del aclareo en porcentaje de cada intervención propuesta.
- Descargar el programa (régimen o secuela) de aclareo que la AI propone por rodal.
- Guardar la información gráfica y tabular de los programas de aclareo por rodal, así como de las variables dasométricas respectivas.
- Acceder a menú de ayuda y al respectivo manual del usuario en línea.



a



b

**Figura 2. DMD y programas de aclareos de Reineke (a) y de Yoda (b) que genera SIIMADER.**

Se considera importante enfatizar que la AI SIIMADER tiene la ventaja de que el usuario puede ingresar información de cualquier otra especie o UMAFOR en la que esté interesado gestionar la densidad. Para ello, además de la información de sitios de muestreo, deberá de disponer de la información pertinente en cuanto a los valores de los parámetros de las funciones de Reineke y de Yoda de la especie dominante de interés, contar con los parámetros del modelo de volumen total árbol de Schumacher-Hall (versión no lineal) por especie para los taxones presentes en su predio. Después que la especie de interés sea registrada, podrá ingresar esa información a la AI y realizar las acciones antes enlistadas.

A diferencia de las AI propuestas en el pasado por Woods (1999), Mack y Burk (2005), Newton (1997) y Newton (2009), SIIMADER no está atada a una sola o a pocas especies para una región geográfica específica, tampoco a una sola función de densidad; por el contrario, es útil para cualquier especie de cualquier ecoregión y proporciona información para dos índices de densidad del rodal (Reineke y Yoda). Si bien reproduce y despliega DMD de tipo estático en un plano con únicamente dos ejes como los sugeridos por Santiago *et al.* (2013) y Tamarit *et al.* (2020), precisamente se diseñó así, por considerar que con esta forma básica se facilitará la comprensión de los DMD y se favorecerá su uso, fomento y adopción por los silvicultores.

Las otras aplicaciones incorporan múltiples isóneas sobre variables dasométricas como altura dominante, área basal, volumen o alguna otra que da lugar a DMD dinámicos, esas isóneas se derivan de modelos alométricos o de crecimiento que implican conocer la edad en las



diferentes etapas de desarrollo del rodal, lo cual si bien es lo deseable para tomar decisiones mejor fundamentadas en la gestión de la densidad, el desarrollo de tales modelos en México si bien ha avanzado en los últimos años, aún es una necesidad apremiante (Santiago *et al.*, 2020) pues no se tienen disponibles para la gran mayoría de la especies maderables que se aprovechan. Además, en caso de que se incorporaran a los DMD, darían complejidad, efecto que precisamente la AI pretende reducir al mínimo. Por esas razones se considera que los DMD que SIIMADER reproduce son suficientes para evaluar el nivel de densidad y competencia de rodales en el momento presente, aspecto técnico que es de la mayor relevancia para ejecutar los aclareos programados en predios forestales bajo manejo y aprovechamiento maderable.

SIIMADER guarda cierta similitud con la aplicación desarrollada por Ritchie (2018) en el sentido de que puede generar DMD para más de un taxón; sin embargo, Standview si está atada a una sola región geográfica y a una sola función de densidad. Por su parte, el software CroPlanner que desarrolló Newton (2021), si bien está limitado a dos especies y a una sola función de densidad, es de mucha mayor complejidad tanto en su diseño como en su alcance porque maneja información de entrada, almacenamiento, procesamiento y salida con objetivos múltiples, más allá del diagnóstico y propuesta de programas de aclareos por rodal.

Con base en los resultados y el escenario expuesto, se tiene que si bien el SIIMADER inicialmente, a manera de prueba piloto, procesa información para *P. patula* y *P. montezumae* de la UMAFOR 2103; está diseñada para potencialmente procesar información para cualquier especie de conífera del género *Pinus* u otro y también para especies de latifoliadas de cualquier UMAFOR de México e incluso de ecoregiones de otros países, siempre y cuando se ingrese la información de los parámetros para las funciones y modelo referidos, además de la información dasométrica contenida en sitios de muestreo para inventario maderable. En este contexto, SIIMADER tiene potencial para ser utilizado en 13 estados de la República Mexicana, para 30 especies del género *Pinus* con importancia comercial maderable, así como para especies maderables de latifoliadas establecidas en PFC.

SIIMADER está diseñada con el propósito de que los técnicos forestales lleven a la aplicación práctica en campo a los DMD de rodales coetáneos, su implementación operativa definitivamente redundará en una mejora sustancial de los árboles remanentes destinados a la cosecha final, porque al reducirse la competencia por espacio, nutrimentos, luz solar y agua,



se mejoran las condiciones y la tasa de crecimiento, además que permite tener ingresos en cada aclareo comercial que se practique. La AI proporciona información en forma gráfica y tabular que hará posible ejecutar con relativa facilidad los tratamientos silvícolas intermedios en forma de aclareos que se programan en los planes de manejo y aprovechamiento maderable.

Un software con aplicaciones para el manejo forestal facilita el manejo de información, disminuye tiempos de cálculo, eliminan errores humanos y agiliza la toma de decisiones (García *et al.*, 2017), en este sentido el SIIMADER cumple con tales premisas, por lo que es una importante herramienta informática e innovación tecnológica que puede contribuir a mejorar el manejo silvícola de bosques regulares.

## Conclusiones

Se desarrolló la aplicación informática (IA) SIIMADER: “Sistema Informático Inifap para Manejar la Densidad de Rodales”, un software en línea de acceso libre con potencial para realiza tareas específicas orientadas a gestionar la densidad de rodales coetáneos de cualquier conífera y latifoliada. Genera DMD basados en Reineke y Yoda, diagnostica el nivel de competencia, determina la necesidad de realizar aclareos y prescribe regímenes de cortas intermedias.

Esta herramienta informática e innovación tecnológica permite aplicar silvicultura cuantitativa en forma práctica e interactiva con el usuario. Da soporte al silvicultor para tomar decisiones informadas sobre el manejo silvícola de rodales cuando se aplica algún método de manejo regular.

El desarrollo del software en línea SIIMADER contiene una interfaz gráfica intuitiva para el usuario, lo que da lugar a una tecnología eficiente, además de una herramienta de apoyo eficaz para que los silvicultores de México y de otras regiones forestales del mundo implementen y adopten con facilidad a los DMD para su uso operativo en el manejo silvícola, lo que facilitará y agilizará la toma de decisiones de manejo técnico de bosques regulares naturales o de plantaciones en el marco del desarrollo sustentable. Para el pleno uso y dominio de la AI se



recomienda leer a detalle el respectivo manual de usuario y realizar ejercicios referentes a su utilización.

## **Agradecimientos**

La aplicación informática SIIMADER fue desarrollada con financiamiento fiscal del INIFAP al proyecto de investigación número 7352934499, bajo la responsabilidad técnica del primer autor. Se agradece a los ejidos forestales y a los dueños de predios particulares de la UMAFOR 2103 “Teziutlán” de Puebla, México, que permitieron el acceso a sus bosques para coleccionar la información dasométrica necesaria para realizar parte de la presente contribución.

## **Literatura Citada**

- Bauer, J. M., A. Quevedo N. y M. A. Deheza M. 2016. GRRIDES: Un paquete de software para compartir traslados. *Interciencia* 41(1):8-15.
- Codd, E. F. 1970. A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM* 13(6):377-387.
- Dufour, K. S., Courbaud, B., Dreyfus, P., Meredieu, C., and De Coligny, F. 2012. Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science* 69(2):221-233.
- García, N. M., T. Martínez T., H. M. De los Santos P., O. Lugo E., M. Acosta M., E. Arjona S. *et al.* 2017. Aplicación del proceso unificado en el desarrollo de un software que estima el inventario y el crecimiento-rendimiento maderable en plantaciones de eucalipto. *Madera y Bosques* 23(1):163-178.
- Mack, T. J. and T. E. Burk. 2005. A model-based approach to developing density management diagrams illustrated with Lake States red pine. *Northern Journal of Applied Forestry* 22(2):117-123.
- Martínez, L. J. 2017. Guías de densidad para masas mezcladas de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo de Méx., México. 99 p.



- Monárrez, G. J. C. 2013. Ecuaciones de volumen fustal y volumen total árbol para las especies maderables de la UMAFOR 2103 "Teziutlan", del Estado de Puebla, Méx. Informe Técnico de proyecto. CONAFOR–Gerencia Puebla. Puebla, Pue., México. 38 p.
- Newton, P. F. 1997. Algorithmic versions of black spruce stand density management diagrams. *The Forestry Chronicle* 73(2):257-265.
- Newton, P. F. 2009. Development of an integrated decision-support model for density management within jack pine stand-types. *Ecological Modelling* 220(23):3301-3324.
- Newton, P. F. 2021. Croplanner: A stand density management decision-support software suite for addressing volumetric yield, end-product and ecosystem service objectives when managing boreal conifers. *Forests* 12, 448.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model*. Springer. Heidelberg, Germany. 664 p.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research* 46(7):627-638.
- Ritchie, M. 2018. Standview. Pacific Southwest Research Station, Redding CA, USA. <https://www.fs.fed.us/psw/tools/standview/> [consultado el 1 de mayo de 2021].
- Rodríguez, A. M., J. C. Tamarit U. y C. Ordóñez P. 2019. Diagramas de manejo de la densidad para *Pinus patula* Schl. Et Cham. en bosques de Puebla, México. p 293. *In: Memoria del XIV Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Durango, Dgo., México.
- Santiago, G. W., H. M. De los Santos P., G. Ángeles P., J. R. Valdez L., D. H. Del Valle P. y J. J. Corral R. 2013. Auto-aclareo y guías de densidad para *Pinus patula* mediante el enfoque de regresión de frontera estocástica. *Agrociencia* 47(1):79-89.
- Santiago, G. W., G. Ángeles P., G. Quiñonez B., H. M. De los Santos P. y G. Rodríguez O. 2020. Avances y perspectivas en la modelación aplicada a la planeación forestal en México. *Madera y Bosques* 26(2), e2622004.
- Schumacher, F. X. and F. D. Hall. 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research* 47(1):719-734.
- Sommerville, I. 2016. *Software engineering*. Pearson. Essex, England. 812 p.
- Tamarit, U. J. C., M. Rodríguez A. y C. Ordóñez P. 2019a. Guías para manejar la densidad basada en Reineke y Yoda para rodales naturales de *Pinus montezumae* Lamb. en el estado de Puebla, México. p 36-39. *In: Flores, V. R. (comp.). Memoria de la X Reunión Nacional de Investigación Forestal*. Tuxtla Gutiérrez, Chis., México.





- Tamarit, U. J. C., C. Ordóñez P., M. Rodríguez A. y G. Quiñonez B. 2019b. Auto-aclareo y guía de densidad basada en Yoda para rodales naturales de *Pinus montezumae* Lamb. p 1021-1037. *In: Vinay, V. J. C. et al. (comps.). Memoria de la XXXII Reunión Científica – Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Veracruz 2019. Medellín, Ver., México.*
- Tamarit, U. J. C., G. Quiñonez B. y J. Hernández R. 2020. Aspectos metodológicos para generar diagramas de manejo de la densidad de rodales con base en el índice de Reineke. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(61):4-26.
- Wang, C., B. Wu, C. Dong and J. Liu. 2017. Study on the R-based dynamic construction techniques for stand density management diagrams. *Nature Environment and Pollution Technology* 16(4):1165-1173.
- Woods, M. E. 1999. Density management diagrams: tools and uses. p 117-122. *In: Ek, A .R. and B. ZumBahlen (eds.). Proceedings of the conference on improving forest productivity for timber: A key to sustainability. University of Minnesota. Duluth, MN, USA.*
- Yoda, K., T. Kira, H. Ogawa and K. Hozumi. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology Osaka City University* 14:107-129.



# VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE 10 CLONES DE CEDRO ROJO

José Amador Honorato Salazar<sup>1\*</sup>, Vicente Sánchez Monsalvo<sup>1</sup> y Jesús Santacruz Pérez<sup>1</sup>

## Resumen

Se determinó la densidad básica, la relación de anisotropía, las contracciones lineales y volumétricas de la madera colectada en ramas de 10 clones de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) proveniente de dos experimentos clonales. Los clones presentaron el mayor crecimiento en diámetro normal (1.30 m) y altura total, así como el mayor volumen. El objetivo fue conocer la variación de los valores que se relacionan con la calidad de la madera para mejorar la selección de clones sobresalientes que puedan ser utilizados en el establecimiento de plantaciones forestales con esta especie. Se colectaron muestras de la primera rama viva de tres árboles por clon, para después obtener 2 secciones de 5 cm de grosor por rama y cubos de 2 cm de lado de cada sección, a los cuales se les determinó el volumen y dimensiones en condición saturada y anhidra. La densidad básica se determinó por medio de la relación entre el peso anhidro (secado a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ) y el volumen saturado; las contracciones totales se calcularon como la relación entre el cambio de dimensiones o volumen y la dimensión o volumen inicial. Se determinó la relación de anisotropía (RAN) que relaciona las contracciones totales tangenciales y radiales. Se realizó un análisis de varianza de los datos y una comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre clones para los valores de las propiedades determinadas en la madera. Los valores promedio varían de 320.08 a 438.19  $\text{kg/m}^3$  para la densidad básica. Las contracciones lineales totales promedio oscilan de 5.00 a 6.47%, entre 2.95 y 4.38%, de 0.25 a 0.46% en la dirección tangencial, radial y longitudinal, respectivamente. La contracción volumétrica promedio tiene un rango de 8.07 a 10.88% y la RAN entre 1.27 a 1.69. Con base en los valores de densidad básica y la RAN, la madera de los clones etiquetados como 4 y 8 tienen las

<sup>1</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



mejores propiedades de la madera. Además de que tales clones presentan los mejores crecimientos, se corrobora que la densidad básica, las contracciones y la RAN, como propiedades físicas proporcionan parámetros adicionales para realizar una mejor selección de clones superiores de cedro rojo.

**Palabras clave:** *Cedrela odorata*, densidad básica, contracción, estabilidad dimensional

## Introducción

La madera del duramen de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) tiene alta demanda y valor comercial, es considerada como madera preciosa, debido a sus características en su color, aroma y alta resistencia al ataque de hongos e insectos se usa 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). Esto ha ocasionado un aprovechamiento excesivo y selectivo de esta especie, así como también una disminución y fragmentación de las poblaciones naturales (Hernández *et al.*, 2018), por lo cual se ha catalogado como especie “sujeta a protección especial” en la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM- 059) (SEMARNAT, 2010) y en el Apéndice III de la CITES (CITES, 2010). Por la importancia productiva y económica que tiene la madera de cedro rojo, es una de las principales especies forestales maderables (22.6%) establecidas en plantaciones forestales comerciales en México (CONAFOR, 2015). Sin embargo, la productividad maderable no ha sido la esperada debido a la falta de control, desconocimiento de la procedencia y la fuente de semilla o planta adquirida para plantar y al ataque del barrenador de brotes *Hypsipyla grandella* (Zeller) (CONAFOR, 2013).

Para obtener genotipos de cedro rojo con características fenotípicas deseadas, rendimientos más altos y mayor tolerancia al ataque del barrenador, se han realizado ensayos de procedencias y progenies desde 1994 en la Península de Yucatán y Veracruz (Ward *et al.*, 2008; Hernández-Máximo *et al.*, 2016; Hernández-Máximo *et al.*, 2021), se han seleccionado procedencias y árboles con características de mayor crecimiento en diámetro, altura y volumen, así como tolerancia al ataque del barrenador, para después clonarlos y establecer



ensayos clonales, que a su vez permiten elegir clones sobresalientes en crecimiento, rectitud de fuste, volumen y tolerancia al ataque del barrenador (Sánchez *et al.*, 2018).

Dado que la madera es el principal producto, la selección de genotipos y clones superiores en los programas de mejoramiento genético, no solamente tiene que considerar el crecimiento rápido, la adaptación, la forma y la resistencia a las enfermedades; sino que también debe incluir el mejoramiento de la calidad de la madera, por medio de la evaluación de diversas propiedades de la madera (Hytönen *et al.*, 2018; Xiao *et al.*, 2021). La densidad básica es una de las propiedades de la madera que se ha usado para los programas de mejoramiento genético debido a que tiene una alta heredabilidad o repetibilidad (Xiao *et al.*, 2021) y se relaciona con diversas propiedades físicas, maquinado y dureza de la madera (Shmulsky y Jones, 2019).

Como parte del proceso de evaluación de clones de cedro rojo sobresalientes en ensayos clonales, en el presente estudio se realizó la determinación de la densidad básica, la relación de anisotropía, las contracciones lineales y volumétricas de la madera de ramas de 10 clones con mayor crecimiento en altura total y diámetro normal, así como de mayor volumen, con el objetivo de conocer la variación de valores que relacionan la calidad de la madera para mejorar la evaluación orientada a seleccionar los clones más promisorios que puedan ser utilizados en el establecimiento de plantaciones forestales con esta especie.

## **Materiales y Métodos**

Se analizaron 10 clones de cedro rojo (4, 8, 27, 60, 61, 63, 72, 83, 90, 95) previamente seleccionados con base a un análisis de componentes principales a partir de las variables diámetro normal (1.30 m), altura total, altura de fuste limpio y altura de fuste recto (Sánchez *et al.*, 2018). Las variables se midieron en octubre de 2017 en dos plantaciones clonales experimentales de cedro rojo establecidas en agosto de 2012 con 90 clones, a un espaciamiento de 3 m x 3 m en bloques completos al azar y seis repeticiones. Una de las plantaciones se ubica en Campeche, en un predio de la empresa “Agropecuaria Santa Genoveva” (19° 33' 26.53" N, 90° 01' 33.96" W), a una altitud de 82 m sobre el nivel del mar (msnm), precipitación promedio anual de 1300 mm, temperatura media anual de 26°C y suelo



arcilloso de origen calcáreo. La otra plantación se encuentra 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 tres árboles de cada clon con base a los valores mayores del primer componente principal de cada árbol y de cada uno de ellos. De cada árbol se cortó la primera rama viva, se desecharon los primeros 15 cm de la base de la rama para evitar la posible influencia de la madera de reacción, se obtuvo una sección de 50 cm de largo, el material se etiquetó con el número de árbol y el clon, se transportaron al laboratorio. Después se cortó una sección transversal (rodaja) de 2 a 5 cm de grosor de cada extremo de las ramas.

Cada una de las rodajas se marcaron para obtener cubos de 2 cm de lado en la parte central de cada rodaja en forma de cruz. Los cubos se etiquetaron por clon, rodaja y ubicación en la rodaja, después se introdujeron en un desecador con agua destilada, aplicándose vacío hasta que estuvieran completamente inmersos en agua. A los cubos saturados se les determinó el volumen por medio de desplazamiento de agua (ASTM, 2015) en una balanza analítica, se midieron sus dimensiones en las direcciones radial, tangencial y longitudinal con un vernier digital con una precisión de  $\pm 0.01$  mm. A continuación, los cubos se secaron en condiciones de laboratorio, a temperatura ambiente sobre mallas de plástico por 5 días y después en una estufa de secado a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  por 48 h, para luego colocarse en un desecador sobre silica gel por 15 minutos y determinar el peso anhidro y las dimensiones de cada cubo.

La densidad básica de la madera se calculó como la relación entre el peso anhidro y el volumen saturado de cada cubo. Las contracciones totales y la relación de anisotropía (RAN) se determinaron con base en Suchsland (2004) mediante las expresiones siguientes:

$$\text{CLT} = [\text{Cambio de dimensión (T, R, L) / dimensión inicial}] 100 \quad (1)$$

$$\text{CV} = [1 - (1 - 0.01\text{CT}) (1 - 0.01\text{CR}) (1 - 0.01\text{CL})] 100 \quad (2)$$

$$\text{RAN} = \text{CT}/\text{CR} \quad (3)$$

Donde: CLT es la contracción lineal total (%); T, R, L significa tangencial, radial, longitudinal, respectivamente; CV es la contracción total volumétrica (%); CT, CR y CL son las contracciones totales tangenciales, radiales y longitudinales, respectivamente.

Los datos de cada una de las variables determinadas se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA), se consideró como fuente de variación el clon, seguido de una



comparación múltiple de medias con el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mediante el programa de SAS (SAS, 2009).

## Resultados y Discusión

El ANDEVA indicó diferencias significativas entre clones ( $p < 0.05$ ) para la densidad básica, contracciones lineales y volumétricas, así como para la relación de anisotropía de la madera (Cuadro 1 y 2). La densidad básica de la madera es una propiedad física importante por su relación con la resistencia mecánica y la dureza, mientras que las contracciones y la RAN determinan la estabilidad dimensional de la madera (Shmulsky y Jones, 2019).

**Cuadro 1. Valores promedio de densidad básica y contracciones lineales de la madera de 10 clones de cedro rojo.**

Clon	Densidad básica ( $\text{kg/m}^3$ ),	Contracciones lineales (%)		
	( $F=19.07$ , $p < 0.0001$ )	Radial ( $F=15.86$ , $p < 0.0001$ )	Tangencial ( $F=17.7$ , $p < 0.0001$ )	Longitudinal ( $F=3.43$ , $p=0.0006$ )
4	$386.37 \pm 31.28^{\dagger}$ c e d <sup>†</sup>	$3.95 \pm 0.40$ c b	$5.09 \pm 0.27$ f e	$0.35 \pm 0.14$ c b
8	$416.40 \pm 28.34$ a b	$4.05 \pm 0.64$ a b	$5.91 \pm 0.63$ b c	$0.39 \pm 0.19$ a b
27	$409.38 \pm 48.16$ c b	$4.05 \pm 0.66$ b	$6.11 \pm 0.78$ b	$0.37 \pm 0.18$ a b
60	$362.26 \pm 33.84$ e	$3.65 \pm 0.36$ c e d	$5.60 \pm 0.55$ d c	$0.40 \pm 0.12$ a b
61	$380.04 \pm 57.92$ e d	$3.41 \pm 0.50$ e	$5.37 \pm 0.49$ d e	$0.46 \pm 0.19$ a
63	$405.52 \pm 39.83$ c b d	$3.57 \pm 0.63$ e d	$5.37 \pm 0.63$ d e	$0.43 \pm 0.20$ a b
72	$438.19 \pm 41.64$ a	$3.78 \pm 0.37$ c b d	$5.94 \pm 0.43$ b c	$0.46 \pm 0.19$ a b
83	$437.03 \pm 48.62$ a	$4.38 \pm 0.56$ a	$6.47 \pm 0.47$ a	$0.46 \pm 0.20$ a b
90	$320.08 \pm 49.52$ f	$2.95 \pm 0.34$ f	$5.00 \pm 0.34$ f	$0.25 \pm 0.08$ c
95	$374.51 \pm 72.30$ e	$3.94 \pm 0.66$ c b	$5.82 \pm 0.87$ b c	$0.40 \pm 0.19$ a b

<sup>†</sup> Desviación estándar, <sup>†</sup>Valores con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

La densidad básica promedio de las ramas de los clones varió de 320.1 a 438.2  $\text{kg/m}^3$  (Cuadro1), los valores más altos de esta propiedad fueron de los clones 72 y 83, seguido de los clones 8 y 27, con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) respecto al resto de los clones. El clon 90 presentó la densidad básica más baja. Los clones 60 y 95 también mostraron valores bajos de densidad básica, valores intermedios se observaron en los clones 4, 61 y 63. Los



valores con menor variación indican una mayor uniformidad clonal (Cown y Sorensson, 2008), la cual está dada por la amplitud de la función de distribución normal y la desviación estándar, por lo que los clones 8 (6.8%) y 4 (8.1%) presentan una uniformidad mayor en la densidad básica. En contraste los clones 61 (15.2%), 90 (15.5%) y 95 (19.3%) tiene la menor uniformidad. El 90% de los valores obtenidos de densidad básica para la madera de las ramas de los clones de cedro rojo tienen valores mayores o iguales a  $300 \text{ kg/m}^3$  y el 64% de los valores son mayores de  $340 \pm 30 \text{ kg/m}^3$  y  $280 \pm 60 \text{ kg/m}^3$ , reportados para madera del fuste por Gutiérrez-Vázquez *et al.* (2012) y De Los Santos (2014), respectivamente; lo cual puede deberse al efecto de la madera de reacción presente en las ramas.

En promedio, las contracciones lineales totales fluctúan de 5.0 a 6.47% en la dirección tangencial, entre 2.95 a 4.38% en la dirección radial y de 0.25 a 0.46% en la dirección longitudinal (Cuadro 1). El clon 83 presenta los valores más altos de contracción de la madera en las tres direcciones y el clon 90 tiene los valores menores.

La contracción volumétrica total promedio presentó valores que oscilan entre 8.07 y 10.88% con el valor más alto para el clon 83 y el valor más bajo para el clon 90. La RAN presentó valores promedio de 1.27 a 1.69 (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Valores promedio de la contracción volumétrica y relación de anisotropía de 10 clones.**

Clon	Contracción volumétrica (%) (F=15.83, p < 0.0001)	Relación de anisotropía (RAN) (F=7.05, p < 0.0001)
4	9.04 ± 0.77 <sup>‡</sup> c <sup>†</sup>	1.27 ± 0.11 e
8	9.66 ± 1.17 b c	1.44 ± 0.13 d
27	10.10 ± 1.20 b	1.56 ± 0.24 d b c
60	9.01 ± 0.53 c	1.46 ± 0.17 d c
61	9.05 ± 1.11 c	1.57 ± 0.21 a b c
63	9.23 ± 1.28 c	1.51 ± 0.24 d c
72	10.08 ± 0.66 b	1.64 ± 0.16 a b
83	10.88 ± 1.02 a	1.49 ± 0.20 d c
90	8.07 ± 0.64 d	1.69 ± 0.19 a
95	10.06 ± 1.57 b	1.48 ± 0.21 d c

<sup>‡</sup> Desviación estándar, <sup>†</sup>Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (p < 0.05)



La estabilidad dimensional de la madera en uso depende principalmente de los cambios de dimensión en las direcciones tangencial y radial, por lo que es de mayor interés determinar la contracción total en estas direcciones, ya que la medición de contracción volumétrica no necesariamente dará una buena indicación del desempeño de la madera en servicio. Por esta razón, los valores de las contracciones tangenciales son importantes para obtener la RAN, debido a que también proporciona un índice de estabilidad de la madera, sobre todo durante el proceso de secado de la madera.

Valores más altos de la RAN indican que la madera sufrirá mayores distorsiones y tendrá baja estabilidad (Langbour *et al.*, 2011). Asimismo, los valores más bajos de las contracciones lineales no siempre indican alta estabilidad de la madera. En este caso, el clon 90 presenta los valores más bajos de contracciones lineales y volumétricas, pero el valor de su RAN es el más alto, lo que sugiere que la madera presentará problemas de distorsión en el secado o puesta en servicio. En contraste, la madera del clon 4 presenta el valor más bajo de la RAN, por lo cual se esperaría que la madera tenga una mejor estabilidad dimensional en servicio. La madera del clon 8 también presenta un valor bajo de la RAN y su densidad es mayor a la del clon 4. Aun cuando los clones 72 y 83 presentan altos valores de densidad básica de la madera, sus contracciones volumétricas son más altas y su RAN también son más altas en comparación los clones 4 y 8; por lo que la madera de estos últimos clones es de mayor calidad a medida que la densidad básica es mayor con una RAN baja.

## Conclusiones

(1) La densidad básica, las contracciones lineales y volumétricas así como la relación de anisotropía de la madera de ramas, es significativamente diferente entre los clones de cedro rojo estudiados. (2) La madera de las ramas de los clones 4 y 8 presentan mayor uniformidad en la densidad básica y valores bajos en la relación de anisotropía, lo que evidencia una mejor calidad de la madera con respecto a la de los otros 8 clones. (3) Los resultados obtenidos indican que, además del crecimiento de los árboles, se debe de considerar a la densidad básica, las contracciones y la relación de anisotropía como propiedades físicas en el proceso de selección de clones.





## Literatura Citada

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2015. 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.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal – Colegio de Postgraduados. Zapopan, Jal. México. 448 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2015. Principales especies maderables establecidas en PFC por año en 2000-2014. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?articulo=6018&grupo=43>. [consultado el 16 de abril de 2020].
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 2007. CoP15 Doc. 14, Fifteenth meeting of the Conference of the Parties, 13-25 March, 2010, Doha (Qatar). 7 p.
- Cown, D. and C. Sorensson. 2008. Can use of clones improve wood quality? NZ Journal of Forestry 52(4): 14-19.
- De Los Santos, X. M. 2014. Evaluación de las propiedades dendroenergéticas de dos especies forestales, “Tempesquistle” (*Sideroxylon palmeri* (Rose) Pennington) y cedro rojo (*Cedrela odorata* L.). Tesis profesional. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Zongolica, Ver., México. 128 p.
- Gutiérrez-Vázquez, B. N., E. H. Cornejo-Oviedo, M. H. Gutiérrez-Vázquez y M. Gómez-Cárdenas. 2012. Variación y predicción de la densidad básica de la madera de *Cedrela odorata* L. Revista Fitotecnia Mexicana 35(5): 87-90.
- Hernández, R. J., R. Reynoso S., A. Hernández R., X. García C., E. Hernández-Máximo, J. V. Cob U. y D. Sumano L. 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. Act. Bot. Mex 124: 117-134.
- Hernández-Máximo, E., J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton and V. Sánchez Monsalvo. 2021. Structure of genetic variation in vegetative phenology of *Cedrela odorata* L.: implications for tree breeding. New Forests, Published online: 2 July 2021. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09862-1>. [consultado el 12 de julio de 2021].
- Hernández-Máximo, E., J. López-Upton, V. Sánchez Monsalvo, J. J. Vargas-Hernández y J. G. Salazar-García. 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-Aarnio. 2018. Clonal variation in basic density, moisture content and heating value of wood, bark and branches in hybrid aspen. *Silva Fennica* 52(2) id 9938.
- Langbour, P., J. Gérard, J. M. Roda, P. A. Fauzi and D. Guibal. 2011. Comparison of wood properties of planted big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Martinique island with naturally grown mahogany from Brazil, Mexico and Peru. *Journal of Tropical Forest Science* 23(3): 252-259.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. *Árboles Tropicales de México* (3ª ed.). Ciudad de México, México: FCE, UNAM. 523 p.
- Sánchez, M. V., J. A. Honorato S. y J. López U. 2018. Selección de clones de *Cedrela odorata* L. en el golfo y sureste de México. p. 1003-1012. *In: Libro digital de Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 2, Núm. 1. Medellín, Ver., México.*
- SAS Institute. 2009. SAS/STAT user's guide. Version 9.2. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-\\_NORMA\\_OFICIAL\\_MEXICANA\\_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf) [consultado el 12 de julio de 2021]
- Shmulsky, R. and P. Jones D. 2019. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. 7<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, USA. 482 p.
- Suchsland, O. 2004. *The swelling and shrinking of wood. A practical technology primer*. Forest Products Society. Madison, WI, USA. 189 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. *For. Ecol. Manage.* 255(2): 356-364.
- Xiao, Y., J. Wang, H. Yun, G. Yang, J. Ma, W. Ma and G. Qu. 2021. Genetic evaluation and combined selection for the simultaneous improvement of growth and wood properties in *Catalpa bungei* clones. *Forests* 12(7), 868.



# EFECTO DE LAS QUEMAS PRESCRITAS SOBRE LOS ÍNDICES ECOLÓGICOS EN ECOSISTEMAS FORESTALES DE CHIAPAS, MÉXICO

Susana del C. López Cruz<sup>1\*</sup>, Deb R. Arya<sup>2</sup>, Carlos A. Velázquez Sanabria<sup>3</sup>, Francisco Guevara Hernández<sup>3</sup>, José A. Venegas Venegas<sup>2</sup>, Mariela B. Reyes Sosa<sup>2</sup>, René Pinto Ruiz<sup>3</sup>, Fernando Casanova Lugo<sup>4</sup> y Alonso López Cruz<sup>5</sup>

## Resumen

Los incendios forestales no controlados, a menudo, llegan con una intensidad alta, los cuales pueden afectar a la diversidad de plantas y la estructura de vegetación provocando un desequilibrio ecológico. Es por ello que surge la necesidad de estudiar las quemadas prescritas donde el fuego es controlado y realizado bajo monitoreos constantes del ambiente como la velocidad del viento, tipo de vegetación y combustible, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la quema prescrita sobre los índices ecológicos y la estructura de vegetación en ecosistemas forestales de coníferas y latifoliadas en Chiapas, México. Se seleccionaron 21 sitios de muestreo, 7 con quemadas prescritas, 7 sin perturbación de fuego y 7 con incendios forestales no controlados. Previo al análisis de la información se verificó el supuesto de normalidad, cuando fue necesario se realizó una transformación logarítmica para así analizar la información mediante la prueba de ANOVA con diferencia de medias Tukey ( $p < 0.05$ ). Los resultados demostraron que existe una similitud mayor entre los sitios sin perturbación de fuego con los de quemadas prescritas, mientras que, los sitios con incendios no controlados tuvieron menor similitud con aquellos sin quema. Se obtuvo el mayor valor de importancia en las especies forestales de *Quercus magnoliifolia* Née. y *Pinus oocarpa* Shiede para los tres tratamientos. El índice de Shannon fue más alto con quemadas prescritas que con incendios forestales. Las variables estructurales como la altura de los árboles, diámetro de copa y área basal no mostraron diferencias significativas entre sitios con quemadas prescritas,

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Boulevard Laguitos No. 338 Col. Los Laguitos Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29020. \*susana.loc@hotmail.com

<sup>2</sup> Cátedras CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla - Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla - Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zona Maya, Juan Sarabia, CP 77965, Quintana Roo.

<sup>5</sup> Biodiversidad, Medio Ambiente, Suelo y Agua A. C., Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.



sin perturbación de fuego y con incendios forestales. Los resultados tienen implicaciones importantes en el uso de quemas prescritas para el control de incendios forestales catastróficos y la conservación de la diversidad de vegetación, lo anterior toda vez que las quemas prescritas no eliminan a los individuos arbóreos, contrario a lo que sucede en los incendios forestales donde la biodiversidad se ve altamente afectada.

**Palabras clave:** regeneración forestal, fuego controlado, similitud, diversidad de especies

## Introducción

A nivel mundial existe una amplia biodiversidad distribuida en diferentes áreas, es en el trópico donde se concentra gran parte de las especies; sin embargo, es también el área donde existe la mayor pérdida. La disminución de la biodiversidad en los ecosistemas forestales provoca un grave daño al ecosistema y tarda años para su recuperación (Mataix-Solera *et al.*, 2009).

De acuerdo a datos de la FAO (2021), aunque la pérdida neta de bosques ha disminuido al paso de los años, los valores siguen siendo altos. Entre los años de 1990 al 2000, la pérdida neta de bosques fue de 7.8 millones de hectáreas por año, 5.2 millones de hectáreas en la década del 2000 al 2010 y 4.7 millones de hectáreas al año en la década del 2010 al 2020. Esto se debe a la reducción que existe de la tasa de expansión de los ecosistemas boscosos; al no tener superficie arbórea, no puede existir una pérdida de este mismo.

Estas pérdidas de bosque se atribuyen a diferentes causas, entre las que se encuentran los incendios forestales. México es un país vulnerable al fuego, debido en gran parte al clima, relieve, tipos de suelo y vegetación existente. Por ejemplo, del 1 de enero al 31 de diciembre de 2020, se tiene un registro de 5,913 incendios con una afectación de 378,928 hectáreas (CONAFOR, 2020).

Hoy en día se busca alguna manera de contrarrestar los incendios forestales, una herramienta para controlar los efectos catastróficos del fuego intenso es la quema prescrita, donde el fuego es controlado para disminuir el impacto en la vegetación (Wright *et al.*, 2021). Las quemas prescritas también se utilizan como una estrategia de restauración en la biodiversidad y puede influir en el espesor de materia orgánica sobre suelo, la apertura del dosel, con impactos en el



establecimiento, supervivencia y crecimiento de plántulas de especies arbóreas (Turner *et al.*, 2016; Calviño *et al.*, 2018). El FMC (2008) menciona que de acuerdo a la severidad de los incendios forestales puede afectar tanto a la cobertura vegetal como el área basal de árboles. Moctezuma *et al.* (2015) mencionan que las quemaduras prescritas a baja intensidad y severidad en *Quercus magnoliifolia* Née, no afectan la supervivencia y propician su rebrote. Sin embargo, el efecto de quemaduras prescritas en los índices ecológicos puede ayudar a gestionar la tierra para mejorar la conservación de la vegetación nativa. Aún son limitados los estudios sobre el efecto de quemaduras prescritas en los índices de biodiversidad vegetal en México, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las quemaduras prescritas sobre los índices ecológicos en ecosistemas forestales de coníferas y latifoliadas en Chiapas México.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en diferentes localidades de la república mexicana: Villahermosa, ubicada entre los paralelos  $16^{\circ}16' 0.09''$  de N y los meridianos  $93^{\circ}29' 29.7''$  O y una altitud de 853 msnm, Niquidambar ubicada entre los paralelos  $16^{\circ}17'02''$  de N y los meridianos  $93^{\circ}29'02''$  O con una altitud de 891 msnm y Nambiyugua ubicado entre los paralelos  $16^{\circ} 16' 45.78''$  N y los meridianos  $93^{\circ} 19' 32.79''$  O y una altitud de 1,520 msnm. También, en los municipios del estado de Chiapas: Villaflores, San Marcos y Villa Corzo, ubicados entre los paralelos  $15^{\circ}58'50''$  N y los meridianos  $93^{\circ}15'08''$  de O, con una altitud de 838 msnm.

Los muestreos de campo se realizaron en 21 parcelas anidadas, conformadas por tres tratamientos: 7 parcelas con quemaduras prescritas, 7 parcelas sin perturbación de fuego y 7 parcelas de incendios forestales, todas se ubicaron en el mismo entorno ambiental, topográfico y similitud en la vegetación. Esto permitió comparar y detectar diferencias entre los tratamientos. Cada parcela fue de  $1000 \text{ m}^2$  (radio de 17.84 m), dentro de los primeros  $400 \text{ m}^2$  se registraron la altura de los árboles menores a 7.5 cm de diámetro normal (DAP, a una altura de 1.30 m), en el sitio completo se midieron todas las alturas de los ejemplares con DAP igual o mayor a 7.5 cm. Cada sitio se dividió en cuatro cuadrantes, para ello se usó como referencia los respectivos puntos cardinales. También se contabilizaron todas las especies por parcela. Con la información colectada en las parcelas se estimaron diferentes índices de biodiversidad



de especies vegetales, como se indica enseguida.

Índice de diversidad alfa: Se utilizaron las ecuaciones de Shannon y Wiener (1949) [1] y Simpson (1949) [2].

$$D = \sum_{1}^{s} pi^2 \quad (1)$$

$$H' = - \sum_{1}^{s} pi \log pi \quad (2)$$

Donde:

S: número de especies o riqueza de especies.

pi: es la proporción del total de la muestra encontrada para la especie i.

Índices de valor de importancia (IVI): Se evaluó la importancia de las especies presentes en las parcelas anidadas de acuerdo a su estructura y carácter, para ello se la frecuencia relativa, dominancia relativa y la densidad relativa (Cottam y Curtis, 1956).

Índices de similitud (IS): Se contabilizaron todas las especies por sitio y se realizó la comparación cualitativa de todas las especies por sitio con quema prescrita, sin perturbación de fuego, utilizando los índices de Jaccard [3] (Kent y Coker, 1992) y Sorensen [4] (Sorensen, 1957).

$$IS = \frac{2c}{a+b} * 100 \quad (3)$$

$$IS = \frac{c}{a+b-c} * 100 \quad (4)$$

Donde:

a: Número de especies que aparecen en la comunidad A.

b: Número de especies que aparecen en la comunidad B.

c: Número de especies que aparecen en ambas comunidades.

Para obtener la altura total de los árboles, para cada ejemplar se registraron los datos del ángulo inferior y superior con ayuda de un clinómetro, además de la distancia entre el árbol y el técnico que tomó los ángulos (esta distancia fue la necesaria como para desde un mismo punto poder observar la altura total del árbol), posteriormente se calculó la altura total con ayuda de la ecuación [8] de Romahn *et al.* (1994).



$$H = OC (\tan \alpha + \tan \beta) \quad (8)$$

Dónde:

H: Altura total del árbol en metros (distancia AB).

OC: Distancia horizontal al árbol en metros.

$\alpha$ : Ángulo del observador al ápice del árbol.

$\beta$ : Ángulo del observador a la base del árbol.

El diámetro de copa de cada árbol se midió a partir de la proyección visual de la copa al nivel del suelo en dos direcciones perpendiculares, posteriormente se obtuvo el promedio de ambos registros.

Para determinar el área basal de cada árbol se utilizó la dimensión del DAP de cada árbol y se aplicó la fórmula siguiente (Acosta *et al.*, 2006).

$$AB = (\pi/40000) (DAP^2) \quad (9)$$

Donde:

AB: Área basal.

$\pi$ : 3.1416.

DAP: Diámetro a la altura de pecho (1.30 m).

A la información se le aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, a los datos no normales, se les realizó una transformación logarítmica para así estar en la posibilidad de analizar los datos mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Se calcularon las estadísticas descriptivas como media, error estándar e intervalos de confianza. Para comparar las medias entre tratamientos: quemas prescritas (Con), sin quemas (Sin) e incendios forestales (Inc) se aplicó la prueba de Tukey.

## Resultados y Discusión

El índice de Shannon hace referencia a la riqueza de especies y la abundancia del sitio mediante una relación entre el número de especies con la proporción del número de individuos de cada especie. De acuerdo al cuadro 1, existe mayor riqueza en los sitios con quemas prescritas con un índice de 1.26, en tanto que en sitios con incendios forestales la riqueza es menor. Sin embargo, la riqueza se encuentran entre media a baja, al compararla con un bosque



de pino del valle de México, este se encuentra dentro del rango con un índice de 1.02. Por otro lado, Buendía-Rodríguez *et al.* (2019), en su estudio con bosques bajo manejo forestal, registraron un índice de 2.4 como el índice más alto y 1.78 el más bajo, los cuales son un poco más altos a los registrados en el presente estudio.

Para el índice de dominancia de Simpson, el cual indica posibilidad de que dos individuos de los sitios seleccionados al azar sean de la misma especie, va de 0 a 1 (siendo el 1 con mayor dominancia), se encontró que los sitios con incendios forestales fueron los más altos con un índice de 0.67 y el más bajo en los sitios con quemas prescritas. Jiménez *et al.* (2017) mencionan que en las áreas en donde existe una sola especie, el valor del índice será de uno; en nuestros datos son más altos en los sitios con incendios forestales donde existe menor cantidad de especies.

**Cuadro 1. Análisis de medias de los índices de Shannon y Simpson.**

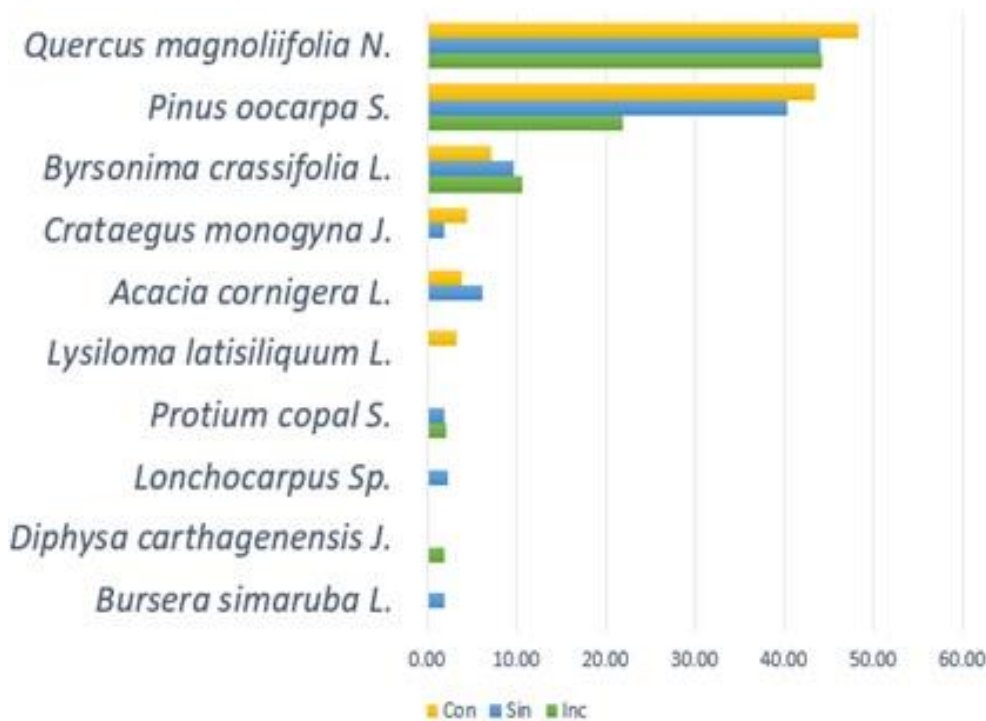
Índice	Sitio	N	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Shannon	Con	7	1.26	0.12	0.97	1.55
	Sin	7	1.14	0.13	0.81	1.47
	Inc	7	0.36	0.10	0.12	0.59
Simpson	Con	7	0.37	0.06	0.22	0.52
	Sin	7	0.42	0.06	0.28	0.56
	Inc	7	0.67	0.12	0.37	0.97

SIN: sin perturbación de fuego, CON: sitios con quemas prescritas, INC: sitios con incendios forestales.

Con base en los índices de valor de importancia se identificaron 10 especies forestales, entre los cuales la mayor importancia está entre los *Quercus magnoliifolia* N. y *Pinus oocarpa* S. (figura 1) que destacan en los sitios con quemas prescritas con 48.35 y 43.39, sin perturbación de fuego con 44.16 y 40.31 y en incendios forestales con 44.33 y 21.85, respectivamente. Estos resultados muestran que la formación vegetal es predominantemente de *Quercus magnoliifolia* N. y *Pinus oocarpa* S. siendo los más importantes dentro de los tres tipos de sitios.

Para los índices de similitud de Sorensen y de acuerdo al cuadro 2, se registró mayor similitud entre los sitios con quemas prescritas y los sitios sin perturbación de fuego, teniendo el 78% de similitud de acuerdo al índice de Sorensen y con Jaccard el 64% para la similitud.





**Figura 1. Índices de valor de importancia en tres diferentes tratamientos del fuego. Con: con quemas prescritas; Inc: incendios forestales; Sin: sin perturbación de fuego.**

El valor de similitud más bajo fue entre los sitios con incendios forestales y sin perturbación de fuego con 55% de similitud de Sorensen y 38% de similitud de Jaccard, lo que evidencia que las quemas prescritas afectan tan solo un 22% en la similitud entre los sitios sin quemas prescritas. En bosques del estado de Nuevo León, se comparó un área sin perturbación de fuego y un área con incendios forestales con una reforestación de 10 años y se obtuvo una similitud media-alta (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2008), esto permite inferir que en 10 años los árboles son lo suficientemente maduros para no perder biodiversidad arbórea en un incendio.

**Cuadro 2. Análisis del porcentaje de similitud entre los sitios con los índices de Sorensen y Jaccard.**

Sitio	Con	Sin Sorensen (Jaccard)	Inc Sorensen (Jaccard)
CON		78 (64)	59 (42)
SIN	-		55 (38)
INC	-	-	

CON: sitios con quemas prescritas, SIN: sin perturbación de fuego, INC: sitios con incendios forestales. Números dentro de paréntesis indica índice de Jaccard.



Para las variables altura total, diámetro de copa y área basal no se encontraron diferencias significativas; sin embargo, los valores fueron más bajos en los sitios con incendios forestales (Cuadro 3). La altura fue mayor en los sitios sin perturbación por fuego (con DAP <7.5 cm 5.93 m), la mayor altura (con DAP ≥7.5) se registró en los sitios con quemas prescritas con 13.49 m, Méndez-Osorio *et al.* (2018) registró alturas de hasta 16 m en ecosistemas forestales de coníferas-latifoliadas.

**Cuadro 3. Análisis de valores promedios en altura total, diámetro de copa y área basal.**

Categoría	Con	Sin	Inc
Altura <7.5	1.72 ± 1.42	5.93 ± 1.19	3.50 ± 1.41
Altura ≥7.5	13.49 ± 1.06	12.97 ± 1.06	11.15 ± 1.03
Altura total	13.01 ± 1.04	11.41 ± 1.07	10.27 ± 1.07
Diámetro de copa <7.5	1.76 ± 1.44	5.70 ± 1.25	1.58 ± 1.39
Diámetro de copa ≥7.5	53.35 ± 1.36	37.90 ± 1.44	24.31 ± 1.35
Diámetro de copa total	50.78 ± 1.38	31.52 ± 1.41	20.82 ± 1.36
AB <7.5 cm	0.14 ± 0.10	0.27 ± 0.07	0.16 ± 0.08
AB ≥ 7.5 cm	14.36 ± 3.14	11.53 ± 1.49	10.28 ± 1.42
AB total	14.50 ± 3.14	11.79 ± 1.54	10.45 ± 1.40

CON: sitios con quemas prescritas, SIN: sin perturbación de fuego, INC: sitios con incendios forestales, <7.5: DAP menor a 7.5 cm, ≥7.5: DAP mayor o igual a 7.5 cm.

El diámetro de copa fue mayor en los sitios sin perturbación por fuego con 5.69 m en arboles con DAP <7.5 cm, con DAP ≥7.5 el diámetro fue de 53.35 en sitios con quemas prescritas, al respecto Méndez-Osorio *et al.* (2018) registraron un diámetro de copa para *Pinus Oocarpa* de 72 m y para *Quercus rugosa* de 88 m, los cuales son las especies más importantes en las 21 parcelas muestreadas.

Respeto al área basal, los mayores valores se registraron en los sitios con quemas prescritas con 0.14 y 14.36 respecto a la categoría diamétrica y tomando como área basal total 14.5 m<sup>2</sup>/ha, los cuales se encuentran dentro de los resultados reportados por Martínez *et al.* (2021) donde el AB varió entre 12 a 37 m<sup>2</sup>/ha.



## Conclusiones

- (1) Los resultados del índice de Shannon mostraron mayor diversidad de especies en los sitios con quemas prescritas, los sitios con quemas prescritas y sin perturbación de fuego tuvieron más alta similitud de especies; por su parte, los sitios con incendios forestales presentaron menor similitud de especies con respecto a los sitios sin quema.
- (2) No existió diferencia significativa en altura de árbol, diámetro de copa y área basal; sin embargo, los valores más altos se localizaron en los sitios con quemas prescritas; por lo que la pérdida de diversidad biológica puede ser menor con quemas prescritas que incendios forestales no controlados.
- (3) La información será de utilidad para los titulares de los ecosistemas forestales estudiados, así como a instituciones gubernamentales y asociaciones civiles que se involucran en prevención y control de incendios forestales.

## Agradecimientos

Al postgrado en ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada. Al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI) del estado de Chiapas por el apoyo económico. A las personas que apoyaron en los trabajos de campo y laboratorio.

## Literatura Citada

- Acosta, V., Araujo, P., e Iturre, M. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie Didáctica No. 2.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Espinoza-Vizcarra, D., Jurado-Ybarra, E., Aguirre-Calderón, O. y González-Tagle, M. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2): 113-118.



- Buendía-Rodríguez, E., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A. y Pompa-García, M. 2019. Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de carbono en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(54): 4-25.
- Calviño, C. M., Lorenzo P. y González L. 2018. Fire increases *Eucalyptus globulus* seedling recruitment in forested habitats: Effects of litter, shade and burnt soil on seedling emergence and survival. *For. Ecol. Manage.* 409: 826-834.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2020. Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores. 56 p.
- Cottam, G. and Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37: 451-460.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 Informe principal*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9825es> [consultado el 19 de julio del 2021].
- Fondo Mexicano para la Conservación (FMC). 2008. Memorias del taller realizado en el Campus Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.camafu.org.mx/wpcontent/uploads/2017/12/Priorids\\_Investg\\_eBook\\_OK.pdf](https://www.camafu.org.mx/wpcontent/uploads/2017/12/Priorids_Investg_eBook_OK.pdf) [Consultado el 20 de Julio del 2021].
- Jiménez, A., Gabriel J. y Tapia M. 2017. *Ecología Forestal: Una mirada desde la UNESUM*.
- Kent, M. and P. Coker. 1992. *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach*. CRC Press. Florida, USA. 363 p.
- Martínez, S. D., Caballero C. P., F. Hernández, E., G. Trinidad, A., R. Ortiz B., O. L. Cruz S. y C. Sandoval G. 2021. Guía de densidad para el manejo de rodales naturales de *Pinus rudis* Endl. en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(64): 23-44.
- Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Arcenegui, V., Bárcenas, G., Zornoza, R., Pérez-Bejarano A. y M. Zavala L. 2009. Los incendios forestales y el suelo: un resumen de la investigación realizada por el Grupo de Edafología Ambiental de la UMH en colaboración con otros grupos. A: CERDà A, 187-217.
- Méndez-Osorio, C., C. A. Mora D., E. Alanís R., J. Jiménez P., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G. y M. A. Pequeño L. 2018. Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50): 35-53.
- Moctezuma, M. Á. L., A. R. Trejo D., S. Cortés F., A. S. Chávez V. y G. Sánchez D. 2015. Tolerancia al fuego en *Quercus magnoliifolia*. *Revista Árvore* 39: 523-533.



- Romahn, C., H. Ramírez y J. Treviño. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. 354 p.
- Shannon, C. E. and Wiener. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois. Urbana, Illinois.USA.
- Simpson, E. H. 1949. Medición de la diversidad. *Naturaleza* 163, 688.
- Sorensen, T. 1957. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 5(4): 1-34.
- Turner, M. G., G. Whitby T., B. Tinker D. and H. Romme W. 2016. Twenty-four years after the Yellowstone Fires: Are postfire lodgepole pine stands converging in structure and function? *Ecology* 97: 1260-1273.
- Wright, J., De La Mater, D., Simha, A., Ury, E. and Ficken, C. 2021. Changes in prescribed fire frequency alter ecosystem carbon dynamics. *Ecosystems* 24(3): 640-651.



## ENSAMBLE DEL GENOMA DEL CLOROPLASTO DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.) CON DATOS DE RNA-SEQ

Bany Montserrat Durán Sánchez<sup>1\*</sup>, Luis Felipe Guzmán Rodríguez<sup>1</sup>, Marco Aurelio Aragón Magadán<sup>1</sup> y Edith Rojas Anaya<sup>1</sup>

### Resumen

La familia Meliácea se compone principalmente de árboles y arbustos con distribución pantropical, dentro de las Meliáceas se encuentra *Cedrela odorata* L., especie de importancia económica y con mayor extensión geográfica. El cedro contiene tres tipos de genomas: nuclear, mitocondrial y plastoma, particularmente el plastoma se caracteriza por su naturaleza no recombinante, herencia uniparental, alta conservación y gran cantidad de sitios informativos, lo que lo convierte en una herramienta potencial para el estudio de especies no modelo. El análisis, la función y comparación de la estructura del plastoma son unas de las aplicaciones de la bioinformática y de la secuenciación de nueva generación, protocolos descritos dentro de la metodología RNA-seq. La secuenciación de RNA de alto rendimiento (RNA-seq) es una herramienta transcriptómica, que permite la reconstrucción de transcriptomas completos de organelos pertenecientes a especies modelo y no modelo con base al ensamble de librerías de secuenciación, donde el ensamble se define como el proceso de descifrar la secuencia genómica a partir de fragmentos de DNA. En este estudio, se emplearon dos librerías diferentes de *Cedrela odorata* L. colectado en Oaxaca, con la finalidad de evaluar la confiabilidad del ensamble del genoma del cloroplasto del cedro mediante genoma guiado a partir de experimentos de RNA-seq. Se obtuvo la anotación de 92 CDS, 39 tRNA y 8 rRNA obtenidos del ensamble de RNA-seq por genoma guiado y 104 CDS, 45 tRNA y 8 rRNA pertenecientes al ensamble del genoma completo de cedro rojo. Estas variaciones pueden deberse a la propia variabilidad genética de los organelos o de la pérdida de algunos segmentos durante el proceso de secuenciación del RNA-seq. La cobertura del ensamble del

<sup>1</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP. Boulevard de la Biodiversidad, No.400, Col. Rancho las Cruces, C.P. 47600, Tepatliltán de Morelos, Jalisco, México. \*duranbany@gmail.com



genoma de cloroplasto por RNA-seq fue del 98.38% comparado con el genoma de referencia NC\_037251.1, por lo que el ensamblaje de organelos por medio de datos transcriptómicos es una metodología viable y sistemática. No obstante, es importante resaltar que las plataformas bioinformáticas empleadas en la obtención de genomas influyen directamente en el ensamblaje y mapeo final del genoma.

**Palabras clave:** transcriptoma, plastoma, cloroplasto, bioinformática, NGS

## Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una especie arbórea neotropical perteneciente a las angiospermas, taxonómicamente se encuentra ubicado en el género *Cedrela*, correspondiente a la familia Meliaceae de orden Sapindales (Córdova *et al.*, 2020). Este taxón es considerado uno de los principales especímenes de mayor relevancia económica en México (CONABIO, 2020) y en el mercado internacional de la madera. Se encuentra sujeta a protección especial por la Norma Oficial Mexicana NOM-059 SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

En México, cedro rojo se distribuye de manera natural dentro de la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, así como, en la costa del Pacífico desde el Sinaloa hasta Guerrero y en la costa de Chiapas. También se distribuye en Centroamérica, las islas del Caribe y Sudamérica hasta Argentina (CONAFOR, 2000).

La diversificación del cedro inició durante el periodo Oligoceno y Mioceno, posteriormente se intensificó durante el Mioceno tardío y el Plioceno temprano, esto implicó que las adaptaciones de la especie estableciesen el predominio de su proliferación bajo ecosistemas tropicales y bosques caducifolios con climas estacionales (Muellner *et al.*, 2010). Las variantes de *Cedrela* (Meliaceae) son consideradas parafiléticas (Finch *et al.*, 2019), determinándola especie críptica (Muellner *et al.*, 2009).

La especiación es uno de los principales factores de diversificación, la cual implica mecanismos específicos de interrupción del flujo génico debido a barreras reproductivas, las



cuales tienen repercusión a nivel genómico en las especies (Zardoya *et al.*, 2017), estas relaciones genéticas son analizadas desde la perspectiva filogenética (Abascal *et al.*, 2014).

Diversas metodologías y estudios filogenéticos utilizan genomas de organelos pertenecientes a organismos estrechamente relacionados, con la finalidad de usarlos como genoma de referencia en el esclarecimiento de genomas de organismos no modelo (Brozynska *et al.*, 2014). El plastoma es uno de los genomas empleados en los diversos protocolos de secuenciación de nueva generación en conjunto a las diferentes herramientas bioinformáticas, debido a que los cloroplastos tienen un gran contenido de sitios informativos.

Las principales características del plastoma es la herencia uniparental, estructura circularizada, haploidía, ausencia de recombinación homóloga y es altamente conservado (Yu *et al.*, 2021).

La organización típica del genoma del cloroplasto es cuatripartita, comprende dos regiones invertidas separadas por una copia única pequeña y una región de copia única grande (Osuna-Mascaró *et al.*, 2018). El plastoma de *Cedrela odorata* L., descrito en la base de datos pública del NCBI con identificación GenBank MG724915.1, contiene 158,558 pb (Mader *et al.*, 2018).

El ensamble del plastoma es el procedimiento también conocido como RNA-seq o secuenciación de alto rendimiento de transcriptomas. RNA-seq, permite establecer la funcionalidad e identificación de genes, elaborar perfiles de expresión y validar la hipótesis sobre el efecto de los procesos adaptativos a nivel genómico (Zardoya *et al.*, 2017).

Desde su primer uso en plantas en 2007, RNA-seq ha generado un aumento en la disponibilidad de información del plastoma (Michel *et al.*, 2018), dado que el genoma del cloroplasto está relativamente transcrito, los datos de RNA-seq pueden usarse para la obtención íntegra de dicho genoma (Osuna-Mascaró *et al.*, 2018).

En general, los estudios que involucran RNA-seq, requieren de la obtención del RNA total a partir de la muestra biológica de interés por el protocolo de extracción adecuado, la preparación de las librerías, es decir, el enriquecimiento de los fragmentos de RNA a secuenciar mediante la síntesis del DNAc, la secuenciación y análisis bioinformático e interpretación de los datos (Hernández *et al.*, 2020).

El proceso de secuenciación genera lecturas cortas de DNAc conocidas como reads. Los reads se empalman para generar cierto número de transcritos probables *contigs*, los cuales se alinean y se ensamblan mediante algoritmos bioinformáticos (Rodríguez y Shishkova, 2018). El alineamiento o la determinación del probable punto de origen de las lecturas de





secuenciación con respecto al genoma de referencia requiere de la implementación de herramientas bioinformáticas, una de ellas es el software Bowtie2. La ejecución del algoritmo procede en cuatro pasos esenciales: (1) extrae la semilla de la lectura y su complemento inverso, (2) realiza el alineamiento con la referencia, (3) designa su posición con base al genoma de referencia y (4) las semillas se extienden en alineaciones completas (Langmead y Salzberg, 2012). A partir del alineamiento, se obtiene un archivo tipo SAM, el cual, es esencial para el ensamble del genoma.

El ensamble guiado por un genoma de referencia es el enfoque que se usa para la reconstrucción del plastoma de *Cedrela Odorata* L. Este enfoque a grandes rasgos permite mapear los reads obtenidos de la secuenciación contra el genoma de referencia, donde se utiliza un alineador accesorio de empalme conocido como Trinity, el cual trabaja con el archivo SAM previamente obtenido. El alineador Trinity incluye los módulos: inchworm, chrysalis y butterfly, los cuales, alinean secuencias, agrupan los cotings, construyen un gráfico con la información de mapeo para representar la unión de empalme y reconstruye las transcripciones (Behera *et al.*, 2021). La técnica utilizada en la construcción del gráfico y en las secuencias de cotings adquiere alta relevancia puesto que la selección de los alineadores y métodos de ensamblaje, tienen un impacto significativo en el resultado del ensamble (Behera *et al.*, 2021). Trinity es utilizado en conjunto con la herramienta de ensamble CD-Hit para reducir redundancias en las secuencias (Limin *et al.*, 2012) y con RaGOO con el cual básicamente alinea un genoma de referencia estrechamente relacionado para agrupar, ordenar y orientar los cotings de ensamble de genomas (Alonge *et al.*, 2019).

Otro algoritmo bioinformático utilizado es NOVOplasty, el cual, es un ensamblador *de novo* basado en la extensión de una semilla en forma bidireccional utilizada en la recuperación de lecturas y en la formación del genoma circular. Todas las extensiones se verifican y se confirman con las lecturas emparejadas, posteriormente, se agrupan en secuencias relativamente similares y cada una de las extensiones se resuelve mediante un consenso de lecturas, el ensamblaje se divide y crea nuevos cotings, el proceso se puede posponer cuando el algoritmo detecta una región repetitiva y finaliza cuando ambos extremos se superponen, esto se logra debido a la alta cobertura de secuencias nucleares contenida dentro del programa (Dierckxsens *et al.*, 2017). Para concluir con el proceso, se efectúa la anotación del genoma a través de la plataforma Chlorobox, la cual identifica genes u otras regiones que codifican para



las características mediante búsquedas de homologías (Tillish *et al.*, 2017). De esta manera, es posible llevar a cabo dicho procedimiento con base en otros algoritmos bioinformáticos, lo cual depende de los requerimientos del proceso (Behera *et al.*, 2021).

En el presente trabajo el objetivo fue ensamblar el genoma del cloroplasto de cedro (*Cedrela odorata* L.) a partir de datos de RNA-seq y evaluar la confiabilidad del plastoma obtenido.

## **Materiales y Métodos**

Los experimentos se llevaron a cabo en el periodo de diciembre 2019 a junio 2020, en el laboratorio de ADN y Genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP. Se seleccionaron dos accesiones de planta de *Cedrela odorata* L. sanas, de un año de edad preservado en invernadero, de las cuales se colectaron muestras del tejido foliar del tallo. El tejido fue suspendido en tubos de microcentrífuga con RNeasy<sup>®</sup> de la marca Sigma Life Science con la finalidad de conservar y evitar la degradación de los transcritos.

La extracción del RNA total se realizó por el método comercial<sup>®</sup> Qiagen con base al protocolo RNeasy Plant Mini kit<sup>®</sup>, posteriormente la calidad del RNA se verificó en el equipo Bioanalyzer Agilent 2100. El DNAc se sintetizó con el método comercial SuperScript<sup>™</sup> III Reverse Transcriptasa. Las librerías de secuenciación se prepararon a partir de fragmentos de DNAc. La secuenciación fue realizada en el equipo Miniseq<sup>™</sup> Illumina<sup>®</sup> por el método comercial TruSeq Stranded Total RNA (Illumina<sup>®</sup>) de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Protocolo para el ensamble del cloroplasto de cedro por RNA-seq.: La calidad y limpieza de las librerías de secuenciación sin procesar fueron evaluadas, con la finalidad de excluir e identificar aquellas secuencias con deficiencia de calidad. Primero, se creó el perfil de calidad del archivo FastQ, mediante la ejecución del programa Fastqc (Simon, 2019). Posteriormente, para el proceso de filtrado y limpieza se utilizó el programa Fastp (Shifu *et al.*, 2018), en el que se definió el valor de qscore de 25. Las secuencias que no cumplieron con esta condición fueron eliminadas por el programa, así mismo se estableció la identificación y recorte automático de los adaptadores para los datos de secuenciación pareados de Illumina (Shifu *et al.*, 2018).



Los archivos obtenidos de la limpieza fueron concatenados para realizar la minería de datos, de los cuales, se recuperaron las lecturas pertenecientes al transcriptoma del cloroplasto, para esto, la librería se alineó contra el genoma de referencia NC\_037251.1 mediante el software Bowtie2 (Langmead y Salzberg, 2012), con búsqueda local, asignando los parámetros -very-sensitive-local, pero permitiendo un desajuste en la alineación de la semilla (-N 1) lo que brindó flexibilidad al programa durante el alineamiento. La salida del programa se guardó en formato SAM con el parámetro -no-unal activado para descartar las lecturas no alineadas. El archivo tipo SAM obtenido se transformó a un archivo BAM (Forni *et al.*, 2019).

Posteriormente, se utilizó el programa Trinity RNA-seq para el ensamble del transcriptoma guiado por un genoma de referencia mediante el archivo BAM (Haas *et al.*, 2013). Se aplicó un BLAST a los clusters resultantes del ensamble con Trinity con un filtro de valor de *e* de  $1e-6$ , para eliminar todos los cotings que no comparten similitud contra la referencia. Los cotings obtenidos del ensamble fueron procesados por CD-HIT (Limin *et al.*, 2012) con la finalidad de reducir la redundancia en las secuencias con los parámetros -c 0.8 para unir los cotings con un 80% de similitud en una única secuencia y -n 4 para permitir mayor flexibilidad en el agrupamiento de secuencias.

Los cotings se sometieron a un ensamble guiado por genoma referencia en el programa RaGOO (Alonge *et al.*, 2019) con la finalidad de obtener una sola secuencia circular correspondiente al cloroplasto del cedro de datos de RNA-seq. Finalmente, la anotación del genoma se realizó con el servidor Chlorobox (<https://chlorobox.mpimp-golm.mpg.de/geseq.html>).

Ensamble del cloroplasto de cedro de una accesión de Oaxaca por genoma de referencia: Para comparar la eficacia del ensamble del cloroplasto de cedro por RNA-seq, se realizó un ensamble con datos procedentes de secuenciación completa de la librería SRR7505206 del NCBI con el programa NOVOplasty. Se seleccionó este programa debido a que permite recuperar los genomas de los organelos presentes en los datos de secuenciación masiva, además de ser el programa más utilizado para el ensamble de cloroplastos y mitogenomas (Dierckxsens *et al.*, 2017). La librería SRR7505206 fue construida de tejido de hojas frescas de cedro colectado por el jardín botánico de New York en la comunidad de Monte Alban, Oaxaca. Las librerías se fragmentaron en 12 librerías para optimizar el uso de recursos de computo, la librería elegida contenía 38,556,312 de lecturas equivalente a 46.7 Gb.

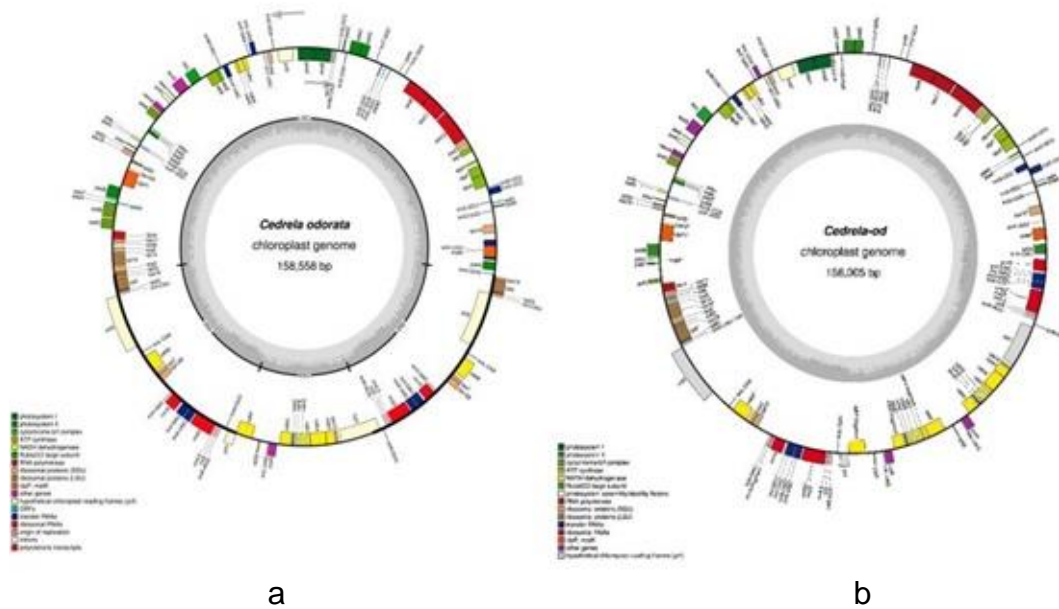


Posteriormente, la librería se ensambló en la plataforma NOVOplasty para la cual se definió el tipo de proyecto en cloroplasto, se designó la semilla RUBP de *Zea mays*. Se fijó el alineamiento por genoma guiado con referencia utilizando el genoma de cloroplasto con número de acceso NC\_037251.1, se determinó una longitud de lectura de 101 pb y el tamaño total de la inserción de lecturas finales emparejadas fue de 200 pb.

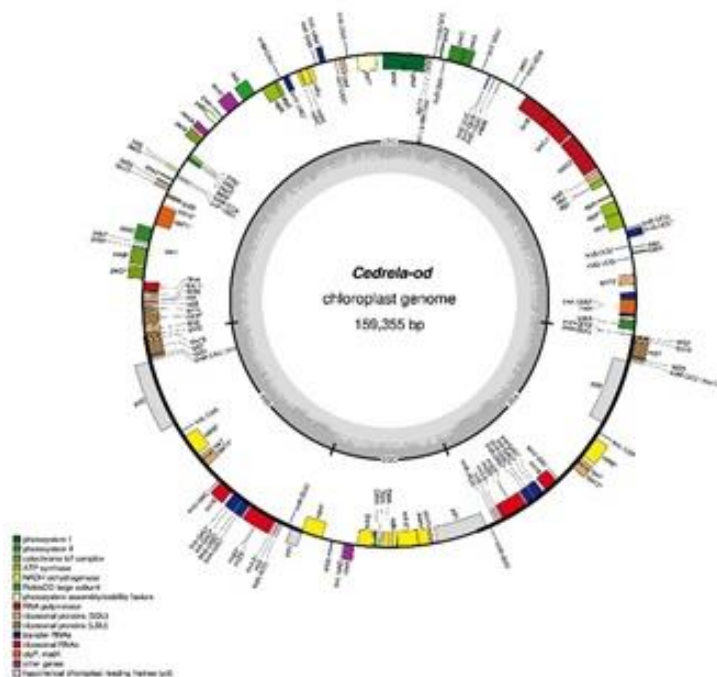
## Resultados y Discusión

Se ingresaron 30,648,389 lecturas, de las cuales en la minería de datos realizada por Bowtie2 se estimó que el 16.97% de las lecturas de las librerías de RNA-seq de cedro correspondieron al cloroplasto, posteriormente el ensamble de Trinity guiado por genoma de referencia dio como resultado 43 cotings putativos a cloroplasto. Consecuentemente con la revisión de la homología realizada por BLAST, el número de secuencias se redujo a 39 transcritos, de los cuales después de ser limpiados de redundancias por CD-HIT se redujo a 15 cotings con longitudes entre 497 pb a 28,884 pb.

El ensamble por genoma guiado en RAGOO dio como resultado una sola secuencia de 156,005 pb correspondiente al genoma del cloroplasto de cedro, equivalente al 98.39% de la longitud del genoma de referencia de cloroplasto NC\_037251.1. Del porcentaje anterior se deduce una buena cobertura para el tamaño del genoma recuperado. La anotación del genoma en Chlorobox dio como resultado una secuencia circular con 92 CDS, 39 tRNA y 8 rRNA equivalente en número a los resultados obtenidos en la anotación del genoma de referencia NC\_037251.1 (Figura 1). En tanto, en el ensamble realizado por NOVOplasty se usó un total de 38,556,312 lecturas, de las cuales el 4.16% pertenecía al cloroplasto. El ensamble de los datos de genoma completo de cedro arrojó un total de 4 cotings de tamaño variable. De los cuales únicamente se eligió el correspondiente en longitud al genoma esperado, el coting seleccionado tenía 159,355 pb, el cual fue superior por 797 pb al genoma de referencia utilizado (Figura 2). La anotación del genoma de cloroplasto de cedro por secuenciación de genoma completo en NOVOplasty dio como resultado 104 CDS, 45 tRNA y 8 rRNA.



**Figura 1.** Representación del mapeo del ensamblaje rescatado de la base de datos pública del NCBI con identificación GenBank NC\_037251.1, el cual contiene 158,558 pb (a). Ensamblaje del genoma de cloroplasto por RNAseq con genoma de referencia en el que se determinaron 156,005 pb (b). Ambos genomas fueron mapeados con la aplicación en línea Chlorobox.



**Figura 2.** Ensamblaje del genoma del cloroplasto guiado por genoma de referencia con un total de 159,355 pb, el mapeado se realizó mediante la aplicación en línea Chlorobox.



La comparación de tamaños entre el cloroplasto ensamblado por RNA-seq y los datos de secuenciación de genoma completo tienen una variación de 3,330 pb menor al 2.10% del total del número de pares base. Aunque el tamaño de ambos genomas recuperados por diferentes métodos no es idéntico, si son lo bastante parecidos entre sí, como para validar la recuperación de genomas de cloroplasto. Estas variaciones pueden deberse a la propia variabilidad genética de los organelos o de la pérdida de algunos segmentos durante el proceso de secuenciación del RNA-seq. Esto último puede inferirse al tomar en cuenta que los diferentes contigs recuperados de los datos de RNA-seq tuvieron que ser ensamblados utilizando el genoma de referencia debido a que no fue posible recuperar una única secuencia continua, lo que pone de manifiesto que algunos genes pueden estar incompletos.

Aunque la pérdida de algunos genes puede ser un inconveniente, la similitud entre el genoma de referencia del cloroplasto de cedro y el genoma recuperado de los datos del RNA-seq es del 98.37%, lo que técnicamente lo ubica como un genoma completo (Forni *et al.*, 2019). Además, esta similitud en la cobertura y en el número de CDS, tRNA y rRNA anotados, valida la viabilidad del uso de datos de RNA-seq para la recuperación de organelos celulares, los cuales tradicionalmente se realizan con datos de secuenciación de genoma completo (Forni *et al.*, 2019).

## Conclusiones

(1) Se recuperó el genoma completo del cloroplasto de *Cedrela odorata* L. por medio de datos de RNA-seq., esto significa que el ensamblaje de genomas de organelos a partir de este tipo de datos que originalmente son utilizados para el ensamble de transcriptomas es viable. (2) la metodología aquí descrita puede ser replicada para otras especies, toda vez que fue posible recuperar el genoma del cloroplasto con una cobertura del 98.37% comparado con la secuencia de referencia NC\_037251.1, lo que técnicamente lo ubica como un genoma de cloroplasto completo. (3) Este es el primer reporte del ensamble de un genoma de cloroplasto para *Cedrela odorata* L. en México, lo que contribuye a la aportación de información genómica de este valioso recurso maderable.



## Agradecimientos

Al INIFAP por financiar el proyecto de investigación: “Identificación de genes diferencialmente regulados en plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.)”.

## Literatura Citada

- Abascal, F., I. Irisarri y R. Zardoya. 2014. Bioinformática. Filogenia y evolución molecular. Editores: Á. Sebastián y A. Pascual-García.
- Alonge, M., S. Soyk, S. Ramakrishana, X. Wang, S. Goodwin, F. J. Sedlazeck *et al.* 2019. RaGOO: fast and accurate reference-guided scaffolding of draft genomes. *Genome Biol.* 20. 224.
- Behera, S., A. Voshall and E. N. Moriyama. 2021. Plant transcriptome assembly: review and benchmarking. *In: Helder I. (ed.) Bioinformatics.* Brisbane. Exon Publications. Chapter 7.
- Brozynska, M., A. Furtado and R. J Henry. 2014. Direct chloroplast sequencing: Comparison of sequencing platforms and analysis tools for whole chloroplast barcoding. *PLoS One* 9: e110387.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2020. Maderable., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. México., México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2000. Ficha técnica de *Cedrela odorata* L. Comisión Nacional Forestal. México. 1 p.
- Córdova, C. D., C. M. Burelo R., M. J. Campos D., N. E. M. Morales R., W. Álvarez J., G. Beauregard S., N Muñiz C. *et al.* 2020. Meliaceae (Sapindales): riqueza y distribución en el estado de Tabasco, México. *Act. Bot. Méx.* (127): e1741.
- Dierckxsens, N., P. Mardulyn and S. Guillaume. 2017. NOVOplasty: de novo assembly of organelle from whole genome data. *Nucleic Acids Res.* 45(4): e18.



- DOF (Diario Oficial de la Federación). 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. CDMX, México, [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091) [Consultado el 13 de julio de 2021].
- Finch, K. N., F. A. Jones and R. C. Cronn. 2019. Genomic resources for Neotropical tree genus *Cedrela* (Meliaceae) and its relatives. *BMC Genomics* 20: 58.
- Forni, G., G. Puccio, T. Bourguignon, T. Evans, B. Mantovani, O. Rota S. *et al.* 2019. Complete mitochondrial genomes from transcriptomes: assessing pros and cons of data mining for assembling new mitogenomes. *Sci Rep.* 9, 14806.
- Haas, B., A. Papanicolaou, M. Yassour, M. Grabherr, P. D. Bloods, J. Bowdens *et al.*, 2013. De novo transcript sequence reconstruction from RNA-seq using the Trinity platform for reference generation and analysis. *Nat. Protocol.* 8: 1494-1512.
- Hernández, M., N. M. Quijada, D. Rodríguez L. y J. M. Eiros. 2020. Aplicación de la secuenciación masiva y la bioinformática al diagnóstico microbiológico clínico. *Rev. Argent. Microbiol.* 52: 150-161.
- Langmead, B. and S. Salzberg. 2012. Fast gapped-read alignment with Bowtie2. Version v2.4.4 *Nature Methods* 9: 357-359.
- Limin, F., N. Beifang, Z. Zhengwei, W. Sitao and L. Weizhong. 2012. CD-HIT: accelerated for clustering the next-generation sequencing data. *Bioinformatics* 28(23): 3150-2.
- Mader, M., B. Pakull, C. Blanc J., M. Paulini D., Z. H. Bouda, B. Degene *et al.* 2018. Complete chloroplast genome sequences of four Meliaceae species and comparative analyses. *Int. J. Mol. Sci.* 19(3): E701.
- Michel, E. J. S., A. M. Hotto, S. R. Stricker, D. B. Stern and B. Castandet. 2018. A guide to the chloroplast transcriptome analysis using RNA-seq. *Methods Mol Bio.* 1829: 295-313.
- Muellner, A. N., T. D. Pennington, A. V. Koecke and S. S. Renner. 2010. Biogeography of *Cedrela* (Meliaceae, Sapindales) in Central and South America. *American Journal of Botany* 97(3): 511-518.
- Muellner, A. N., T. D. Pennington and M. W. Chase. 2009. Molecular phylogenetic of Neotropical Cedreleae (mahogany family, Meliaceae) based on nuclear and plastid DNA sequences reveal multiple origins of "*Cedrela Odorata*". *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52: 461-469.





- Osuna-Mascaró, C., R. Rubio de Casas and F. Perfectti., 2018. Comparative assessment shows the reliability of chloroplast genome assembly using RNA-seq. *Nature, Scientific Reports* 8: 17404.
- Rodríguez, A. G y S. Shiskova. 2018. Estudio del transcriptoma mediante RNA-seq con énfasis en las especies vegetales no modelo. *Revista de Educación Bioquímica* 37(3): 75-88.
- Simon, A. 2019. A quality control tool for high throughput sequence data. <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>. Version 0. 11. 9., Babraham Institute. Babraham Bioinformatics.
- Shifu, C., Z. Yanqing, C. Yaru and G. Jia. 2018. Fastp: an ultra-fast all-in-one FASTQ preprocessor. *Bioinformatics* 17(34): i884-i890.
- Tillish, M., P. Lehwark, T. Pellizze, E. S. Ulbricht, A. Fisher, R. Bock *et al.* 2017. GeSeq: versatile and accurate annotation of organelle genomes. *Nucleic Acids Res.* 45(S1): S6-S11.
- Yu, X., W. Wang, H. Yang, X. Zhang, D. Wang and X. Tian. 2021. Transcriptome and comparative chloroplast genome analysis of *Vincetoxicum Versicolor*: insights into molecular evolution and phylogenetic implication. *Front Genet.* 12: 602528.
- Zardoya, R., A. Sánchez G. y J. Rozas. 2017. Filogenómica y genómica de la adaptación. *SEBBM* 194.



# ENSAMBLE DE NOVO Y ANOTACIÓN FUNCIONAL DEL TRANSCRIPTOMA DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.)

Marco Aurelio Aragón Magadán<sup>1\*</sup>, Luis Felipe Guzmán Rodríguez<sup>1</sup>, Edith Rojas Anaya<sup>1</sup>, Moisés Cortes Cruz<sup>2</sup> y Lorena Jacqueline Gómez Godínez<sup>1</sup>

---

## Resumen

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una de las especies de madera preciosa más importante de México, con una industria que se estima puede llegar a sobrepasar los 5 billones de pesos anuales, pese a esto existe muy poca información sobre su genoma o transcriptoma reportado en las bases de datos genéticas mundiales. Por tal motivo, en el presente trabajo se realizó un ensamble *de novo* y la anotación funcional de los transcritos producto de dos librerías de RNAseq. El ensamble *de novo* en Trinity RNAseq dio como resultado un transcriptoma con 55,582 secuencias, mismas que fueron reducidas a 39,931 después de eliminar redundancias con el programa CD-HIT. Para la correcta anotación funcional de los transcritos, las secuencias fueron traducidas a aminoácidos con el programa Transdecoder. El proteoma resultante fue de 30,912 secuencias y fue utilizado para análisis posteriores. La anotación funcional por términos GO identificó 13,352 genes con un total de 33,282 funciones. De estas, las más representativas son regulación de procesos biológicos y respuesta a estímulos. Las rutas KEGG por su parte, anotaron 12,468 genes correspondientes a 407 rutas metabólicas repartidas en 47 grupos. Las rutas metabólicas más representativas corresponden al metabolismo y biosíntesis de metabolitos secundarios que a su vez se encuentran catalogadas como procesos enzimáticos en los grupos KEGG. La comparación de genes ortólogos entre los proteomas de cedro rojo, *Azadirachta indica* y *Melia azedarach*, arrojó que estas tres especies comparten un proteoma central de 7,348 grupos de genes ortólogos. El cedro rojo y *A. indica* son las especies más cercanas entre sí con un extra de 3,108 grupos de genes ortólogos compartidos, por lo que el proteoma central de estas dos especies es de 10,466.

---

<sup>1</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP. \* aragon.marco@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Centro de Investigación Regional Pacífico-Centro (CIRPAC) del INIFAP.



Mientras que cedro rojo y *M. azedarach* comparten un extra de 1,294 grupos de genes ortólogos y su proteoma central alcanza los 8,642 genes ortólogos. Este trabajo es el primer reporte de un transcriptoma de cedro rojo ensamblado y anotado en México.

**Palabras clave:** RNAseq, términos GO, rutas KEGG, genes ortólogos

## Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es un árbol caducifolio tropical originario de América perteneciente a la familia de las Meliaceas. Se localiza principalmente en ecosistemas húmedos y tropicales como el bosque tropical perennifolio, el bosque tropical subcaducifolio, el bosque tropical caducifolio y el bosque mesófilo de montaña en donde puede alcanzar alturas de 10 a 20 m. En México su distribución geográfica abarca la vertiente del Golfo de México y del Pacífico, comprendida por los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz, San Luis Potosí, sur de Tamaulipas, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y la costa de Chiapas (Gómez *et al.*, 2016; Ortiz y Herrera, 2007).

El cedro rojo es una de las especies de maderas preciosas más importantes de México, su valor comercial como árbol en pie asciende, según cálculos del año 2017, a poco más de 5 mil millones de pesos (Romo-Lozano *et al.*, 2017). Esto lleva al sobre aprovechamiento, saqueo de su hábitat natural y disminuye la distribución de sus poblaciones, a tal grado que se agregó a la lista de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres y a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 sobre protección ambiental y especies nativas de flora y fauna como especie sujeta a protección especial.

Aunque la importancia del cedro rojo como recurso maderable es significativa, existe muy poca información sobre su genoma y expresión génica. Este vacío de información puede ser llenado mediante tecnologías de secuenciación de alto rendimiento y bajo costo, tal como las tecnologías de secuenciación de siguiente generación (NGS) que permiten obtener transcriptomas completos de organismos no modelo (Behjati y Tarpey, 2013). Aunado a esto, existen herramientas bioinformáticas que permiten el ensamble y anotación funcional de genes



de transcriptomas completos, lo que las convierte en herramientas útiles para el estudio de organismos no modelo como el cedro rojo, en donde la información disponible de este tipo es escasa (Geniza y Jaiswal, 2017).

Por tal motivo el presente trabajo se centró en el ensamble *de novo* y anotación funcional del transcriptoma de cedro rojo a partir de datos de RNAseq obtenidos por el laboratorio de ADN y genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizaron dos plantas sanas de *C. odorata* de un año de edad tomadas de un invernadero. El tejido foliar de tallo fue colectado en tubos de microcentrifuga con RNAlater de la marca Sigma para evitar la degradación de los transcritos y conservado hasta su uso.

En el laboratorio de ADN y Genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP se llevaron a cabo los experimentos en el periodo de diciembre de 2019 a junio 2020. El RNA fue obtenido mediante el kit RNAeasy Plant Mini de la marca Qiagen y el cDNA se sintetizó con la retrotranscriptasa Supertranscript III Reverse Transcriptasa de la marca Invitrogen. La calidad fue verificada con bioanalyser 2100 con el kit Agilent High Sensitivity DNA de la marca Agilent. La secuenciación fue realizada en un equipo Miniseq de Illumina con el método comercial TruSeq Stranded Total RNA de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

La calidad de las librerías obtenidas fueron evaluadas en el programa Fastqc (Andrews *et al.*, 2015). Posteriormente se realizó la limpieza de adaptadores y lecturas de mala calidad (inferior a Q25) con el programa Fastp con los parámetros por defecto (Chen *et al.*, 2018). Las librerías limpias fueron ensambladas *de novo* con el programa Trinity RNAseq (Grabherr *et al.*, 2011) con los parámetros por defecto. Para eliminar secuencias redundantes del transcriptoma de cedro rojo, se utilizó el programa CD-HIT (Fu *et al.*, 2012) con los parámetros -c 0.9 y -n 10.

Las secuencias del transcriptoma de cedro rojo fueron traducidas a aminoácidos por el programa Transdecoder con el parámetro -m 50, esto permitió conservar a los marcos de lectura abiertos (ORF) con una longitud mayor a 50 aminoácidos. Los ORFs obtenidos fueron utilizados para su anotación funcional por términos de ontología de genes (GO) y rutas metabólicas de la enciclopedia de genes y genomas de Kioto (rutas KEGG) en las plataformas



eggNOG-mapper (<http://eggnog-mapper.embl.de/>) (Huerta-Cepas *et al.*, 2019) y blastKOALA del KEGG Automatic Annotation Server (<https://www.genome.jp>) (Moriya *et al.*, 2007), respectivamente.

Finalmente se realizó un análisis comparativo de genes ortólogos con el programa OrthoFinder (Emms y Kelly, 2019). Para ello se utilizaron los dos únicos proteomas disponibles de árboles de la familia *Meliaceae* del proyecto ONEKP del China National Genebank (<https://db.cngb.org/onekp/>) correspondientes a *Azadirachta indica* y *Melia azedarach*.

## Resultados y Discusión

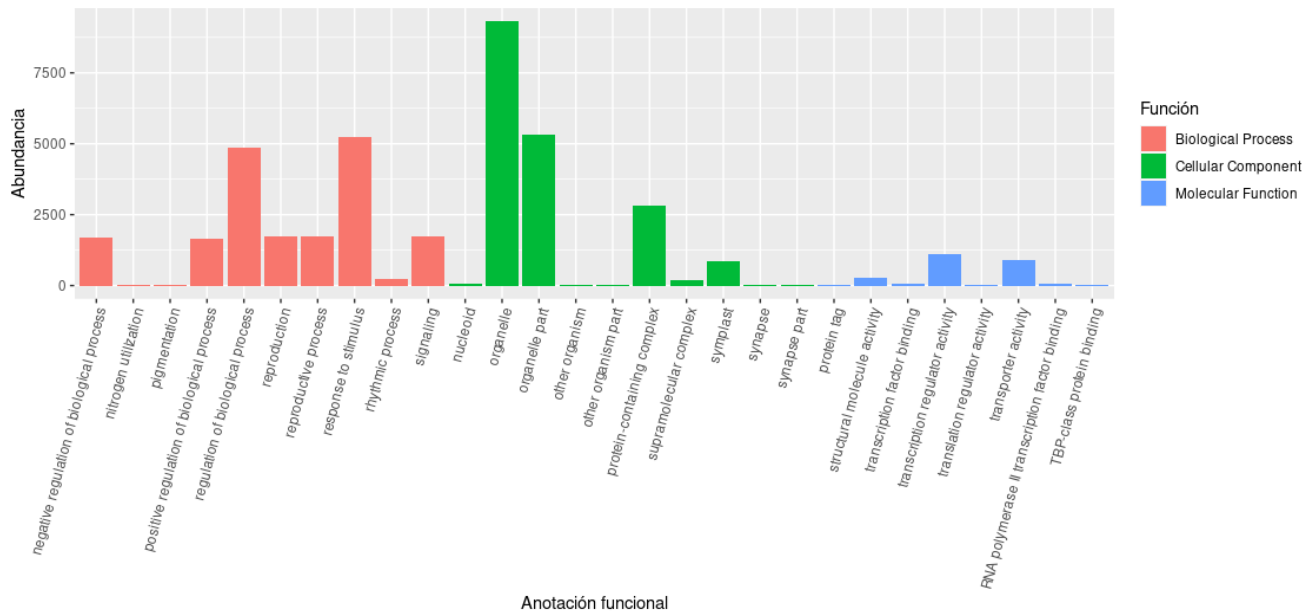
Las librerías en crudo de cedro rojo analizadas por Fastqc contenían un total de 72,711,460 lecturas con una longitud promedio de 75 pb. La calidad promedio Q20 fue del 93.16% mientras que para Q30 fue del 91.14%, estos porcentajes sugieren que las librerías son de buena calidad. Posterior a la limpieza con Fastp, el número de lecturas disminuyó a 69,752,338 (95.93% de las lecturas en crudo). Las lecturas de mala calidad fueron eliminadas (3.97% de las lecturas originales).

El ensamble *de novo* en Trinity RNAseq dio como resultado un transcriptoma con 55,582 secuencias, después de eliminar redundancias con CD-HIT el número de transcritos se redujo un 28.15%, por lo que se obtuvo un transcriptoma limpio de 39,931 secuencias. El proteoma obtenido por Transdecoder estuvo conformado por 30,912 ORFs, mismos que se utilizaron para la anotación funcional.

La anotación funcional de genes por términos GO dio 13,352 genes anotados con un total de 33,282 funciones identificadas. La mayoría de estas corresponden a componentes celulares con 11,853 anotaciones, seguido por las funciones biológicas con 11,532 y en tercer lugar las funciones moleculares con 9,897. En la Figura 1 se muestran las 10 anotaciones más representativas para cada grupo funcional, se puede observar que las funciones más abundantes en cuanto a los procesos biológicos son las relacionadas a regulación de procesos biológicos y respuesta a estímulos, esto puede explicarse debido a que las muestras de RNAseq fueron tomados de árboles jóvenes que se encuentran en pleno desarrollo. Con respecto a los componentes celulares, la mayoría de funciones anotadas corresponden a



organelos, esto coincide con reportes que afirman que los organelos celulares son los transcritos más abundantes en datos de RNAseq (Forni *et al.*, 2019). Las funciones moleculares fueron las menos abundantes de todas; sin embargo, dentro de este grupo las funciones correspondientes a la actividad de la regulación de los transcritos fue la más representada.



**Figura 1. Anotación funcional del transcriptoma de cedro rojo por términos GO.**

Los genes anotados en la base de datos KEGG fueron un total de 12,468, correspondientes a 407 rutas (Figura 2) colapsadas en 47 grupos (Figura 3). Las rutas KEGG más representadas fueron las relacionadas al metabolismo y la biosíntesis de metabolitos secundarios lo que indica una actividad metabólica elevada.

En la Figura 2 se muestran las 30 principales rutas KEGG anotadas, la mayoría de estas corresponden a procesos enzimáticos, lo que está en concordancia con los valores de la figura 3, en donde estos procesos tienen una sobrerrepresentación en la gráfica. Dentro de los grupos KEGG se encuentran anotadas las proteínas cinasas, esta familia de proteínas transmembranales se encuentran relacionadas con genes de resistencia a enfermedades (Shiu y Bleecker, 2001), que en árboles forestales se encuentran muy poco estudiados.

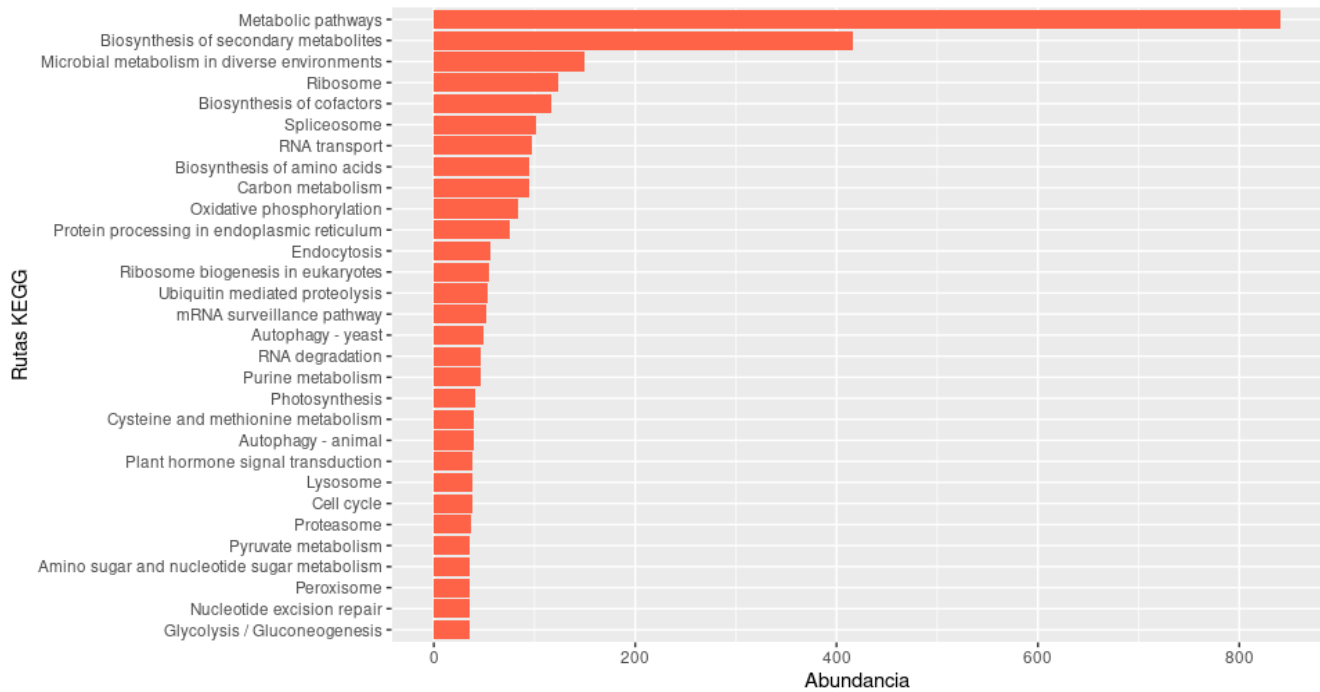


Figura 2. Rutas KEGG del transcriptoma de cedro rojo.

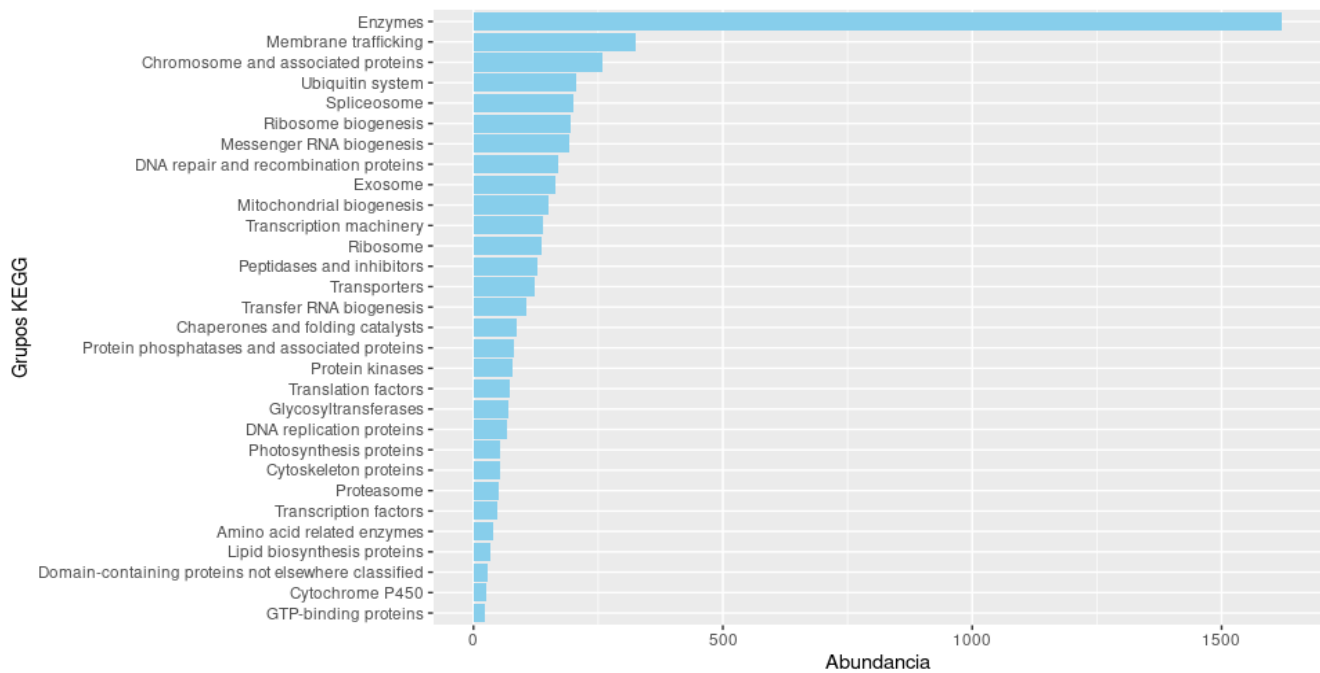
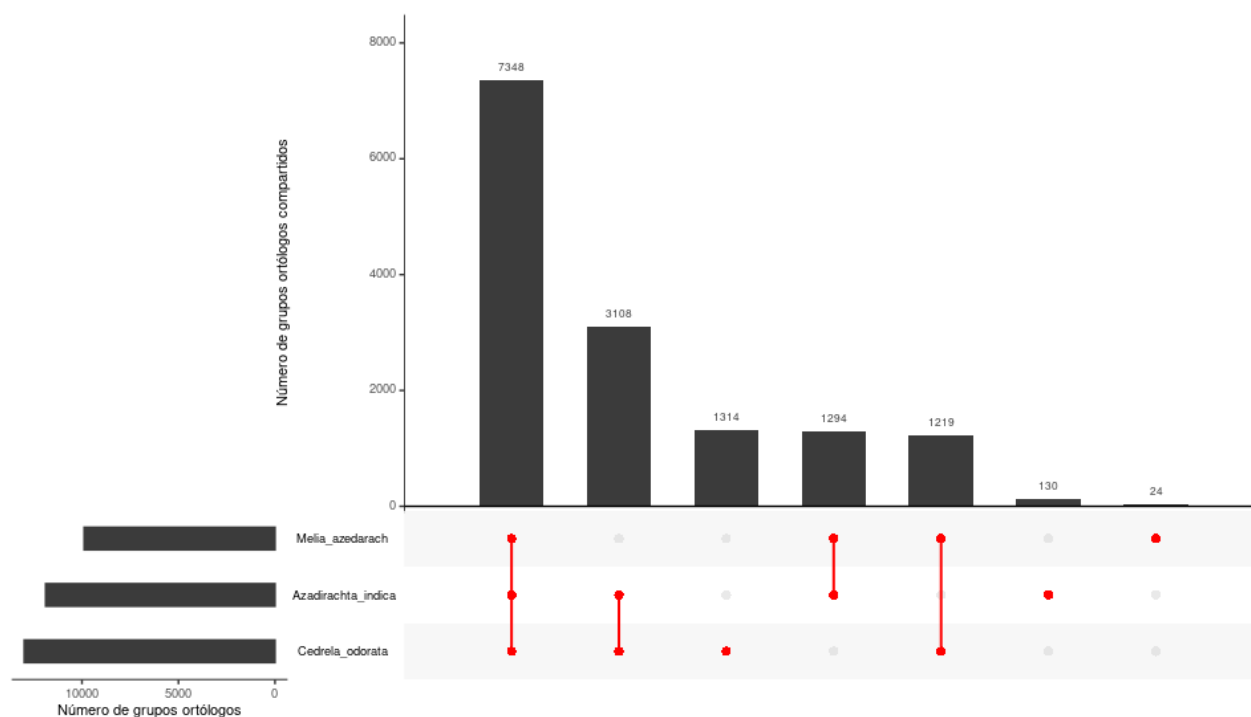


Figura 3. Grupos KEGG del transcriptoma de cedro rojo.



La comparación de genes entre los proteomas de las Meliaceas disponibles, arrojó que el transcriptoma de cedro rojo está compuesto por 20,368 genes ortólogos (65.9%) contenidos en 12,989 grupos. Las interacciones interespecies (Figura 4) sugieren que entre las tres especies se comparte un proteoma central formado por 7,348 grupos de genes ortólogos. A su vez *A. indica* y cedro rojo son especies más cercanas entre sí, debido a que comparten un extra de 3,108 grupos ortólogos, lo que contrasta con los 1,219 grupos extra compartidos entre cedro rojo y *M. azedarach*.



**Figura 4. Relación de grupos de genes ortólogos entre cedro rojo, *A. indica* y *M. azedarach*.**

## Conclusiones

- (1) En este estudio se ha reportado para México el primer ensamble y anotación funcional del transcriptoma de cedro rojo, es un primer acercamiento que muestra los alcances de las tecnologías de secuenciación y análisis masivo de datos para generar información sobre





organismos no modelo, cuya información disponible en las bases de datos génicas internacionales es escasa.

- (2) Los hallazgos son promisorios como para que a mediano y largo plazo sea posible identificar aspectos como genes, rutas metabólicas, proteínas, entre otros, que pueden ser de utilidad en el mejoramiento, conservación y estudio de la diversidad genética de este importante recurso maderable del país.

## Agradecimientos

A INIFAP por el financiamiento del proyecto de investigación “Identificación de genes diferencialmente regulados en plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.)”.

## Literatura Citada

- Andrews, S., Krueger, F., Semonds-Pichon, A., Biggins, F. and Wingett, S. 2015. FastQC. A quality control tool for high throughput sequence data. Babraham Bioinformatics. Babraham Institute.
- Behjati, S. and S. Tarpey, P. 2013. What is next generation sequencing? Archives of Disease in Childhood: Education and Practice Edition 98(6): 236-238.
- Chen, S., Zhou, Y., Chen, Y. and Gu, J. 2018. Fastp: An ultra-fast all-in-one FASTQ preprocessor. Bioinformatics 34(17): i884-i890.
- Emms, D. M. and Kelly, S. 2019. OrthoFinder: Phylogenetic orthology inference for comparative genomics. Genome Biology 20(1): 1-14.
- Forni, G., Puccio, G., Bourguignon, T., Evans, T., Mantovani, B., Rota-Stabelli, O. et al. 2019. Complete mitochondrial genomes from transcriptomes: assessing pros and cons of data mining for assembling new mitogenomes. Scientific Reports 9(1): 1-9.
- Fu, L., Niu, B., Zhu, Z., Wu, S. and Li, W. 2012. CD-HIT: Accelerated for clustering the next-generation sequencing data. Bioinformatics 28(23): 3150-3152.
- Geniza, M. and Jaiswal, P. 2017. Tools for building de novo transcriptome assembly. Current Plant Biology 11-12: 41-45.



- Gómez, D. J. D., A. I. Monterroso R. y J. Á. Tinoco R. 2016. Distribución del cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el estado de Hidalgo, bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. *Madera y Bosques* 13(2): 29-49.
- Grabherr, M. G., Haas, B. J., Yassour, M., Levin, J. Z., Thompson, D. A., Amit, I. et al. 2011. Full-length transcriptome assembly from RNA-Seq data without a reference genome. *Nature Biotechnology* 29(7): 644-652.
- Huerta-Cepas, J., Szklarczyk, D., Heller, D., Hernández-Plaza, A., Forslund, S. K., Cook, H. et al. 2019. EggNOG 5.0: A hierarchical, functionally and phylogenetically annotated orthology resource based on 5090 organisms and 2502 viruses. *Nucleic Acids Research*, 47(D1): D309-D314.
- Moriya, Y., Itoh, M., Okuda, S., Yoshizawa, A. C. and Kanehisa, M. 2007. KAAS: An automatic genome annotation and pathway reconstruction server. *Nucleic Acids Research*, 35(SUPPL.2).
- Ortiz, M. E. y L.G. Herrera T. 2007. CEDRO (*Cedrela odorata* L.) Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje.
- Romo-Lozano, J. L., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J. y Ávila Angulo, M. L. 2017. Estimación del valor financiero de las existencias maderables de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en México. *Madera Bosques* 23(1): 111-120.
- Shiu, S. H. and Bleecker, A. B. 2001. Plant receptor-like kinase gene family: diversity, function, and signaling. *Science Signaling* 2001(113): re22–re22.



# CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE AGUACATE NATIVO (*Persea americana* var. *drymifolia*) EN JALACINGO, VERACRUZ

Lilia Ortiz Rodríguez<sup>1</sup>, Juan Carlos Evangelista Martínez<sup>1</sup>, Nora Isela Ruiz Colorado<sup>1</sup>, Jorge Alberto Pineda Posadas<sup>1</sup> y Araceli Marcelo del Carmen<sup>1</sup>

---

## Resumen

En este trabajo se caracterizó el suelo de dos predios ubicados en Cuauhtamingo y Guadalupe Victoria del municipio de Jalacingo en el Estado de Veracruz, mediante la determinación de algunas propiedades físicas del suelo, así como los factores climáticos que inciden en plantaciones de aguacate nativo (*Persea americana* var. *drymifolia*). El muestreo se realizó bajo la norma mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Las propiedades físicas que se determinaron fueron textura, estructura, color, permeabilidad y densidad. Los resultados obtenidos mostraron que el suelo es de color negro con acumulación de materia orgánica, con el 14% de porosidad, de textura limo arcilloso, con un grado de permeabilidad bajo de tipo andosol. Esta región se caracteriza por un clima frío con una temperatura media anual de 14 - 15°C con humedad media del 11%. La calidad evaluada del suelo fue moderada para sugerir que el suelo es recomendado para las plantaciones de aguacate, sin embargo, se sugirió a los productores elaborar un plan de manejo integral del suelo para mejorar su calidad.

**Palabras clave:** aguacate, suelo, andosol, factores climáticos, var. *drymifolia*

## Introducción

El suelo es un recurso natural no renovable que sustenta la vida en el planeta. Participa activamente en la regulación de los procesos biogeoquímicos y es un factor preponderante en

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Perote, Veracruz, México. \*lilia.ortiz@.perote.tecnm.mx



la constitución de los diferentes ecosistemas presentes en la litósfera, con una interacción constante con la atmósfera y la hidrósfera. Es dinámico, complejo, abierto y frágil por lo cual debe ser protegido para asegurar su estabilidad y productividad a largo plazo (Burbano, 2016). En el suelo se encuentra la rizósfera con numerosos organismos y donde se lleva a cabo el desarrollo radicular y el uso correcto permite la seguridad alimentaria de las poblaciones con la producción de comestibles (Ortiz, 2015; Burbano, 2016), por ello ha sido estudiado durante muchos años (Camacho *et al.*, 2017) ya que existen factores que dañan y amenazan su equilibrio; como también, hay otros que contribuyen a perpetuarlos para las futuras generaciones.

El conocimiento de los factores ambientales que intervienen en el desarrollo y producción de aguacate nativo son diversos, aunque los factores climáticos carezcan de vida, resultan indispensables para el nacimiento, desarrollo, subsistencia y reproducción de todos los organismos vivos; además, las características físicas del suelo como color, estructura, porosidad, humedad, capacidad de infiltración, entre otras (Rucks *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2017), son importantes para conocer los factores limitantes agroproductivos y lograr plantaciones eficientes.

El cultivo de aguacate es de gran importancia ecológica y económica, por este último se cultiva en varias regiones del país, donde se cubren los requerimientos ambientales de la planta. En México las variedades más importantes son: Hass, Fuerte, Rincón, Bacon y Criollo (Cid *et al.*, 2021). El aguacate Hass es la variedad con mayor importancia económica a nivel mundial, y es el más cultivado, por lo tanto, con mayor disponibilidad durante el año (Barrientos, 2017).

El aguacate se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2500 m. Sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2500 m, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces. La temperatura y la precipitación son factores preponderantes en el desarrollo del cultivo. La temperatura tiene un efecto diferente de acuerdo a la variedad, la variedad antillana es poco resistente al frío, mientras que la guatemalteca es más resistente. En el caso de las variedades de aguacate que se distribuyen en México presentan tolerancia al frío (Salazar *et al.*, 2011).

La precipitación adecuada es de 1200 mm anuales, las sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto (Farrell y Rivas, 2014). El



terreno destinado al cultivo debe contar con buena protección natural contra el viento o en su ausencia, establecer una barrera cortavientos preferentemente un año antes del establecimiento de la plantación. El viento produce daño, rotura de ramas, caída del fruto, especialmente cuando están pequeños. También, cuando el viento es muy seco durante la floración, reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos. El exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas o enfermedades fúngicas que afectan el follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos. Un ambiente muy seco provoca la muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos (Bernal *et al.*, 2014).

Los suelos más recomendados para el cultivo de aguacate son de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5.5 a 7). También puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, pues el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades de la raíz, fisiológicas como la asfixia radical y la tristeza del aguacate (Cossio *et al.*, 2008).

En el estado de Veracruz es común la variedad mexicana, de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019) se produjeron 5 mil toneladas de aguacate, principalmente en cinco municipios de la zona centro del estado de Veracruz: Altotonga, Coscomatepec, Jalacingo, Huatusco y Calcahualco. En el municipio de Jalacingo se produce aguacate de variedad nativa (*P. americana*), principalmente en huertos de traspatio, plantaciones tradicionales y aunque existen huertos de cultivo de variedades mejoradas, el aguacate mexicano se conserva como árbol de sombra y cercos vivos el cual se está sustituyendo por cultivos comerciales o perdiendo por la destrucción de los ecosistemas de la región (Galindo, 2010).

*P. americana*, se está sustituyendo en la región por injerto de la especie Hass por su preferencia a la comercialización, es necesario aportar información para los productores de aguacate nativo, ya que enfrentan diversos problemas desde el desarrollo de la planta hasta la producción del fruto y comercialización. El objetivo del presente estudio fue caracterizar mediante un diagnóstico *in situ* en dos predios ubicados en Cuautamingo y Guadalupe Victoria del municipio de Jalacingo del Estado de Veracruz, las propiedades físicas del suelo y factores climáticos que inciden en plantaciones de aguacate en el municipio de Jalacingo, Veracruz.



## **Materiales y Métodos**

El área de estudio está ubicada en el municipio de Jalacingo, perteneciente al estado de Veracruz con la siguiente información geográfica, latitud 19°48'18.30" Norte, 97°18'28.11", se consideraron dos predios con características similares y plantación establecida en el mes de junio del año 2019. El sitio número uno ubicado en Cuauhtamingo, Jalacingo, Veracruz con la siguiente ubicación geográfica: 19°46'8.93" Norte, 97°18'49.71" Oeste y una superficie de 1.117 m<sup>2</sup>, el sitio número dos ubicado en Guadalupe Victoria paraje Casa Blanca, municipio de Jalacingo, Veracruz con ubicación geográfica: 19°47'27.73" Norte, 97°17'26.76" Oeste y superficie de 2.386 m<sup>2</sup> sitios señalados con presencia de plantaciones de aguacate nativo.

**Diseño de muestreo.** Se delimitaron y georeferenciaron los polígonos con un GPS marca Garmin modelo X64, usando el sistema de proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) considerando la zona 14, en el hemisferio Norte. El muestreo se realizó mediante la Norma Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. En el sitio número uno ubicado en Cuauhtamingo se realizó un muestreo sistemático del tipo cuadrícula compuesta lineal con 10 muestras en cuadrantes de 20 x 20 cm, para el sitio número dos ubicado en Guadalupe Victoria se realizó un muestreo sistemático tipo cuadrícula en zig-zag; se delimitaron círculos de 3 m de radio entre cada submuestra; cada muestra está constituida por 8 submuestras. Se hizo limpieza en la capa superficial para enseguida hacer una excavación a un promedio 40 cm de profundidad y un diámetro de 1.5 cm de radio con ayuda de un barreno (Cárter y Gregorich, 2007).

### **Determinación de las propiedades físicas del suelo**

**Textura.** Se realizó una mezcla homogénea de 1 kg de las 7 submuestras obtenidas de cada sitio, se tomó una muestra de suelo seco, de manera sensorial se percibe la consistencia presionando suavemente con los dedos de la mano pulgar e índice. De la mezcla homogénea se humedece sin tener exceso de agua, se amasó y se formó una bola, para observar su deformación. Se agregó un poco más de agua a la muestra, y se estrujó entre el pulgar e índice para observar la viscosidad entre los dedos. En la palma de la mano, se colocó una cantidad de muestra definida y se lavó repetidamente, eliminando el agua turbia hasta que el agua salió limpia para establecer el porcentaje aproximado de los separados de la muestra.



**Estructura.** En el centro del predio se realizó una limpieza superficial, retirando hojas y materia orgánica se delimitó un cuadrante de 0.9 x 0.9 m, se excavó 1.5 m de profundidad y se utilizaron las tablas de estabilidad estructural de la FAO (2009).

**Color del suelo.** El color del suelo se determinó por el método de Munsell (1975), considerando el suelo húmedo y seco.

**Permeabilidad.** La permeabilidad del suelo para esta área de estudio fue determinada mediante el manual de determinación de la permeabilidad de la FAO. En la cual se inició con la excavación de 5 sitios circulares de aproximadamente 0.30 m de diámetro hasta alcanzar una profundidad de 0.30 m. Se recubrió completamente la pared de cada esquina de la cavidad con arcilla pesada y mojada. Se vertió agua alcanzando unos 10 cm de profundidad, se introdujo una regla graduada para realizar la medición de la altura del agua y con un cronómetro medir el tiempo es que se consume el agua.

**Porosidad.** La porosidad del suelo está determinada por la densidad del suelo, la cual se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación principalmente (Jaramillo, 2002).

La porosidad se puede expresar como porcentaje de volumen total de suelo mediante la fórmula:

$$Porosidad (\%) = \frac{dr - da}{da} \times 100$$

Donde:

Da= Densidad aparente; 1,530 kg por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>)

Dr= Densidad Real; 1,390 kg por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>)

$$Porosidad (\%) = \frac{1530-1390}{1530} \times 100 = 14\% \text{ de porosidad}$$

Para una correcta aireación del suelo y una buena retención de agua, es conveniente que la porosidad se sitúe entre el 40% y el 60%.



**Elementos del clima.** Se determinarán los factores del clima como temperatura, humedad relativa y precipitación presentes en los predios, así como cuenca hidrológica, cuenca hidrográfica, según (Köppen-Geiger, 1900). La parte cartográfica se elaboró en OziExplorer.

**Análisis Estadístico.** El análisis de los datos fue descriptivo, se calcularon medias para los valores cuantitativos utilizando Microsoft Excel versión 2018.

## Resultados y Discusión

**Cuadro 1. Resultados de las propiedades físicas del suelo en el predio Cuauhtamingo y Guadalupe Victoria del municipio de Jalacingo, Veracruz.**

Propiedad	Localidades	
	Cuauhtamingo	Guadalupe Victoria
Textura	Limo Arcilloso (ArLclim)	Limo Arcilloso (ArLclim)
Estabilidad estructural	Ligeramente estable (0.5-1.5)	Ligeramente estable (0.5-1.5).
Estructura masiva	Excelente	Excelente
Estructura Laminar	Excelente	Excelente
Estructura moderada	Buena	Buena
Color: Matiz	10 YR	10 YR
Croma	2	2
Intensidad	1-2	1-2
Color	Negro: acumulación de materia orgánica (suelo rico en minerales, con fertilidad muy alta)	Negro: acumulación de materia orgánica (suelo rico en minerales, con fertilidad muy alta)
Grado de permeabilidad	Muy bajo	Muy bajo
Propiedades de drenaje	Bajo, prácticamente impredecible	Bajo, prácticamente impredecible
Tasa de permeabilidad	30 cm/140 min	30 cm/158 min
Porosidad (%)	14	14

El color oscuro de su horizonte superficial es característico de un alto contenido en materia orgánica. Suelo andosol FEOZEM Epiléptico al presentar roca continua a los 22 cm desde la superficie del suelo para el predio 1, para el predio 2 el color oscuro de su horizonte superficial es característico de un alto contenido en materia orgánica. Suelo andosol FEOZEM Epiléptico al presentar roca continua a los 73 cm desde la superficie del suelo, estos resultados sugieren





que es un suelo recomendado para que el aguacate tenga una adecuada absorción de nutrientes ya que Dane (2016) reportó que las plantaciones de aguacate se adaptan a una amplia gama de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos y estos últimos son los más recomendados.

**Cuadro 2. Factores del clima para los predios Cuauhtamingo y Guadalupe Victoria del municipio de Jalacingo, Veracruz.**

Factor	Localidades	
	Cuauhtamingo	Guadalupe Victoria
Cuenca hidrológica	Río Nautla	Río Nautla
Cuenca hidrográfica	Río Bobos	Río Bobos
Temperatura media anual	14°C	15°C
Precipitación promedio (mm)	1199	1558
Humedad media (%)	11	11

Reyes *et al.* (2021) reportaron que la temperatura, humedad ambiental y el tipo de suelo explican las diferencias en el desarrollo del aguacate 'Hass', las enfermedades y la asfixia radical. Sin embargo, la temperatura y la humedad en las localidades templadas favorecen el crecimiento de aguacate Hass de 13.7°C en el aire y humedad de 37.1%.

El Cuadro 3 muestra las variedades de aguacate nativo identificadas en el sitio de la localidad de Cuauhtamingo parte baja municipio de Jalacingo Veracruz, en el sitio 2 correspondiente a la localidad de Guadalupe Victoria Municipio de Jalacingo Veracruz solo se cuenta con las variedades de aguacate negro e injertos de aguacate nativo con el aguacate Hass.

**Cuadro 3. Variedades nativas de aguacate.**

Variedades nativas	Cuauhtamingo parte baja	Guadalupe Victoria
Aguacate negro	13	25
Aguacate verde	11	--
Injertos	6	15

Los cultivares aquí registrados son los que tienen una edad mayor de 5 años ya que son los que se encuentran produciendo frutos anualmente, los de menor edad no se registran debido a que a las declaraciones de los dueños de los sitios están en proceso de sobrevivencia.



Las variedades de aguacate que generalmente se produce en la zona de Jalacingo, Veracruz son nativas, y por consecuencia de la introducción de nuevas especies como la de Aguacate Hass los productores se han visto en la necesidad de mejorar sus especies llevando a cabo tratamientos tradicionales como los injertos. La producción de aguacate nativo *Persea americana* var. *drymifolia* es la que se presenta en los sitios de estudio.

Con respecto a *P. americana*, Cruz *et al.* (2018) incluyen cinco accesiones de la raza mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*) junto con dos Antillanos (*P. americana* var. *americana*) indican que están relacionadas de manera muy cercana. Se puede suponer que las dos últimas accesiones no son completamente puras y que pueden tener características genéticas de la raza mexicana. El uso de portainjertos de la variedad *drymifolia* es la base de la producción de aguacate Hass en las principales áreas cultivadas en el mundo (Rincón *et al.*, 2011).

## **Conclusiones**

El tipo de suelo en ambos sitios es del tipo andosol de textura arcillosa, con una temperatura climática anual de 14 a 15°C y una humedad media del 11%. Las variedades de aguacate que generalmente se producen en la zona de Jalacingo, Veracruz son nativas, y por consecuencia de la introducción de nuevas especies como la especie de Aguacate Hass los productores se han visto en la necesidad de mejorar sus especies llevando a cabo tratamientos tradicionales como los injertos. La producción de aguacate nativo *Persea americana* var. *drymifolia* es la que se presentó en los sitios de estudio, se concluye que se obtiene una mejor producción en el sitio número dos ubicado en la localidad del Guadalupe Victoria, ya que tiene un suelo con mayores nutrimentos al no presentar exceso de roca como es el caso del sitio número uno, el cual se ubica en la localidad de Cuauhtamingo.

## **Agradecimientos**

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento de este proyecto durante la convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2018-2.



## Literatura Citada

- Barrientos, P. A. F. 2017. Presente y futuro de los portainjertos y variedades de aguacate en el mundo y México. Proceedings of the V Congreso Latinoamericano del Aguacate. Asociación de Productores y Exportadores de Jalisco, Ciudad Guzmán, Jalisco, México, pp. 2-15.
- Bernal, E. J., C. A. Díaz D., C. Osorio T., A. Tamayo V., W. Osorio V., O. Córdoba G. *et al.* 2014. Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. CORPOICA. Medellín, Colombia. 410 p.
- Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Camacho, S. R., J. M. Camacho S., M. A. Balderas P. y M. Sánchez L. 2017. Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de Mexico/Changes on land cover and soil usage: case study in Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera Y Bosques*,23(3),39+. <https://link.gale.com/apps/doc/A544877235/IFME?u=uan&sid=bookmark-IFME&xid=49f7e2dd>
- Cid, P. T. S., P. Hernández C., C. E. Ochoa V., I. I. Ruiz L., G. V. Nevárez M., R. Ávila S. 2021. Avocado seeds (*Persea americana* cv. criollo sp.): lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*. ISSN.
- Carter, M. & E. Gregorich. 2007. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton.
- Cossio, V. L. E., S. Salazar G., I. J. L. González D., y R. Medina T. 2008. Fenología del aguacate 'Hass' en el clima semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(3),319-324. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027152X2008000300013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2008000300013&lng=es&tlng=es). [consultado el 24 de julio de 2021]
- Cruz, M. M. E., A. F. Barrientos P, L. X. Zelaya M., J. L. Rodríguez de la O, y J. C. Reyes A. 2018. Phylogenetic analysis of some members of the subgenus *Persea* (*Persea*, Lauraceae). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(2), 133-150. doi: 10.5154/r.rchsh.2017.12.038
- DANE. 2016. Cultivo del aguacate Hass. Boletín no. 50 obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_ago\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2016.pdf)



- Farrell, M. y R. Rivas. 2014. Efecto de las precipitaciones y las características edáficas en el análisis de la separabilidad espectral de girasol, maíz y soja. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 201-209. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792014000300201&lng=es&tln=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000300201&lng=es&tln=es) [consultado el 24 de julio de 2021]
- Galindo, T. M.E, J. A. Alejandro R. 2010. Una mirada a la diversidad del aguacate en Veracruz. *Revista Agroentorno*. <https://www.uv.mx/personal/megalindo/files/2010/07/aguacatenver.pdf>
- Guía para la descripción de suelos. 2009. (n.d.). D - FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Martínez, I. J. F., N. C. Higuera M. y J. Morales P. 2017. Caracterización química, física y biológica de suelos de la granja agroecológica Uniminuto-Villavicencio (Meta) (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Ortiz, S. R. 2015. Síntesis de la evolución del conocimiento en edafología. *Revista Eubacteria*. N° 34. ISSN 1697-0071.
- Reyes, A. J. C., J. Mejía C., O. R. Monteagudo R., M. E. Valdez P., J. G. González D., y M. C. Espíndola B. 2021. Phenology of the 'Hass' avocado in the State of México, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 27(2), 113-134doi: 10.5154/r.rchsh.2020.09.020 *Revista Chapingo Serie Horticultura*.
- Rincón, H. C. A., J. de la L. Sánchez P. y F.J. Espinosa G. 2011. Caracterización química foliar de los árboles de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) en los bancos de germoplasma de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Ciudad de México, v.8, p.395-41.
- Rucks, L., F. García, A. Kaplán, J. Ponce de León y M. Hill. 2004. *Propiedades físicas del Suelo*. Uruguay: Universidad de la república de Montevideo.
- Salazar, G. S., I. González D. y L. Tapia. 2011. Influence of climate, soil moisture, and flowering phenology on biomass and nutrient composition of 'Hass' avocado fruit in Michoacán, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. XVII. 183-194. 10.5154/r.rchsh.2011.17.020.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México, D. F.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) 2019.



# GERMINACIÓN, EMERGENCIA Y DESARROLLO INICIAL DEL ÁRBOL *Andira galeottiana* Standl.

Óscar S. Pérez Heredia<sup>1\*</sup>, José Rodolfo García Nava<sup>1</sup>, Mario Luna Cavazos<sup>1</sup> y Ma. Carmen Ybarra Moncada<sup>2</sup>

---

## Resumen

*Andira galeottiana* Standl. presenta baja germinación en condiciones naturales, lo que ha ocasionado la disminución de sus poblaciones en su zona de distribución. El presente estudio evaluó el efecto de la escarificación mecánica de la testa en la germinación, emergencia y desarrollo inicial de árboles, mediante tres tratamientos: T1 100%, T2 escarificación al 1.5 cm de la zona micropilar y T3 testigo con semillas intactas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar y comparación de medias de Tukey. Los tratamientos de escarificación no mostraron diferencias significativas  $p > 0.05$ , pero sí respecto al testigo, aumentando de 0% para T3, a 67% para T1 y 55% para T2; iniciando la germinación a los 22 d y alcanzando su mayor porcentaje a los 78 días; mientras que los porcentajes de emergencia de plúmula fueron de 26, 23 y 0% para T1, T2 y T3, respectivamente, iniciando a los 71 días, y alcanzando su mayor porcentaje a los 134 d. El índice de robustez de los árboles obtenido indica una buena calidad de planta, alcanzando una altura promedio de 31.3 cm y un diámetro de 8.5 mm a la altura del cuello de la raíz a los 218 días de establecidos los experimentos de germinación en condiciones de invernadero. La escarificación mecánica aumenta el porcentaje de germinación y emergencia de plúmula respecto al testigo. Se obtienen árboles con calidad adecuada para su reforestación en campo.

**Palabras clave:** latencia, escarificación, temperatura, calidad de planta

---

<sup>1</sup> Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. 56230. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. \*oscarperez@colpos.mx.



## Introducción

*Andira galeottiana* Standl. conocido como Macayo, es una especie endémica de México, se distribuye en la vertiente del Golfo, del centro de Veracruz, norte de Oaxaca, hasta Tabasco y Chiapas en la selva alta perennifolia (Pennington y Sarukhan, 2005). *A. galeottiana* se encuentra catalogada como vulnerable en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 1998), debido a la disminución de su población. Esta especie es parte de la vegetación asociada a humedales y manglares, representa un hábitat para la fauna silvestre, es un filtro natural de agua, proporciona protección contra la erosión eólica, y es usada en la reforestación y restauración de zonas riparias (Gutiérrez y Ricker, 2010). Además de ser una especie promisoría en la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos (Ochoa *et al.*, 2011).

En México no está considerada bajo ninguna categoría de protección (NOM-059-ECOL-2010), sin embargo, se observa un ritmo preocupante de pérdida poblacional, encontrando relictos en la comunidad de Rancho Nuevo, Tezonapa, Veracruz. El establecimiento de especies nativas como *A. galeottiana* a orillas de ríos en la región de Tezonapa podría contrarrestar el problema de pérdida de biodiversidad, erosión hídrica y lograr la recuperación de suelos. Además de brindar beneficios económicos (Moya y Monge, 2013). Sin embargo, no existe información sobre la germinación de la semilla (Britos *et al.*, 2013). El objetivo de la investigación fue incrementar la germinación de semillas de *A. galeottiana*, evaluar la emergencia y el desarrollo inicial de árboles en invernadero. La hipótesis fue que la escarificación mecánica aumentará el porcentaje de germinación y emergencia de semillas de *A. galeottiana*, además la altura y diámetro de árboles obtenidos serán adecuados para reforestación.

## Materiales y Métodos

Las semillas fueron recolectadas en octubre de 2020 en la comunidad de Rancho Nuevo, Tezonapa, Veracruz (N 18° 32'30'' y W 96° 47'02'' a 101 msnm). Las semillas fueron colocadas en bolsas de plástico transparentes y almacenadas en oscuridad a 25 +/- 5°C, en el



Posgrado de Botánica Montecillo, Texcoco durante tres meses hasta que se finalizó experimento.

**Escarificación de semilla.** La escarificación mecánica se realizó con la ayuda de un taladro eléctrico marca Power craft 600 W y una sierra circular adaptada, realizando un corte transversal en la testa de la semilla para retirarla al 100% y a 1.5 cm a partir de la zona micropilar. Posteriormente fueron tratadas con una solución de cloro al 1% durante 15 minutos. Después, fueron sembradas en un sustrato base perlita:peatmoos 60:40 y establecidas en condiciones de invernadero con una temperatura promedio de  $20.7\pm 8^{\circ}\text{C}$ . La toma de datos de la variable germinación se realizó a los 22, 30, 40, 50, 78 y 85 d, mientras que la emergencia se contabilizó a los 71, 78, 85, 92, 99, 106, 113, 120, 127 y 134 d; la altura y el diámetro a los árboles a los 113, 120, 127, 134, 141, 148, 155, 162, 169, 176, 183, 190, 197, 204, y 211 d. Las semillas se sembraron en charolas de plástico (largo: 38 cm, ancho: 29 cm y alto: 6.5 cm). Se consideró como semilla germinada una vez que la radícula alcanzó un cm de largo y semilla emergida una vez que la plúmula rompió la pared del endospermo. Posteriormente se trasplantaron a bolsas negras de polietileno de 15 x 25 cm con sustrato Peatmoss-perlita 60:40 y fueron regadas a saturación cada cinco días.

**Variables evaluadas.** Contenido de humedad: Se determinó al inicio de las pruebas de germinación en una estufa de secado a  $90^{\circ}\text{C}$  hasta obtener peso constante.

Porcentaje de germinación: Se contabilizó el número de semillas germinadas totales y se relacionó con el número de semillas establecidas al inicio del experimento, mediante la ecuación (Deaquiz y Burgos, 2015).

$$Pg = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Porcentaje de emergencia de plúmula: Se calculó mediante las semillas emergidas y se relacionó con el número de semillas establecidas al inicio del experimento.

Altura: Se midió cada 7 d, con una regla de 30 cm, desde la base a la altura del cuello al ápice de la planta.

Diámetro: se tomó cada 7 d con un vernier digital marca Truper® a la altura del cuello en mm.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Tratamiento 1 (T1) 100% escarificación, tratamiento 2 (T2) escarificación al 1.5 cm a partir de la zona



micropilar, y tratamiento testigo 3 (T3) semillas intactas sin escarificar. Cada tratamiento estuvo compuesto por 100 semillas, divididas en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.

Debido a que el porcentaje de germinación es una variable Binomial la cual no cumple con los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianzas (Heinze y Schemper, 2002) los datos fueron transformados mediante la función Box Cox. Los resultados fueron analizados usando el paquete estadístico Rstudio, con el procedimiento ANOVA y comparación de medias Tukey ( $p < 0.05$ ) para cada variable evaluada.

## Resultados y Discusión

**Contenido de humedad de semilla.** El contenido de humedad inicial para la semilla fue en promedio de seis muestras de 49.75 g, mientras que en el pericarpio fue de 25.24 g respectivamente, estas pruebas se realizaron en el mes de diciembre de 2020.

**Efecto de la escarificación en la germinación.** La germinación inicio a los 22 d con un promedio de 25% y logrando un máximo de 55% a los 85 d ( $p \geq 0.05$ ) en ambos tratamientos de escarificación. El T3 (testigo) no presentó germinación durante los 85 d del experimento (Figura 1). Existen algunos reportes de latencia física, impermeabilidad al agua y dureza en semillas de leguminosas tropicales y templadas (Morais *et al.*, 2014). Una alternativa para la ruptura de este tipo de latencia es la escarificación de las semillas mediante tratamientos mecánicos, físicos o químicos (Baskin y Baskin, 1998).

Sánchez *et al.* (2017) reportaron el efecto positivo de la escarificación mecánica con lija en testa de semillas de *Guaiacum coulteri*, con una germinación final del 86.7% mientras que el testigo alcanzó un 56% de germinación. Esto concuerda con los resultados del experimento, donde la germinación tuvo un aumento en los tratamientos de escarificación mecánica pasando de 0% para el tratamiento testigo a 67% para T1 100%.

Por su parte, Flores *et al.* (2020) realizaron escarificación con lija en la testa en *Soya perenne*, con 60% de germinación para el tratamiento testigo, aumentando a un 90% de germinación final para el tratamiento escarificación. La testa de *A. galeottiana* induce latencia física, ya que el tratamiento testigo no presentó germinación.



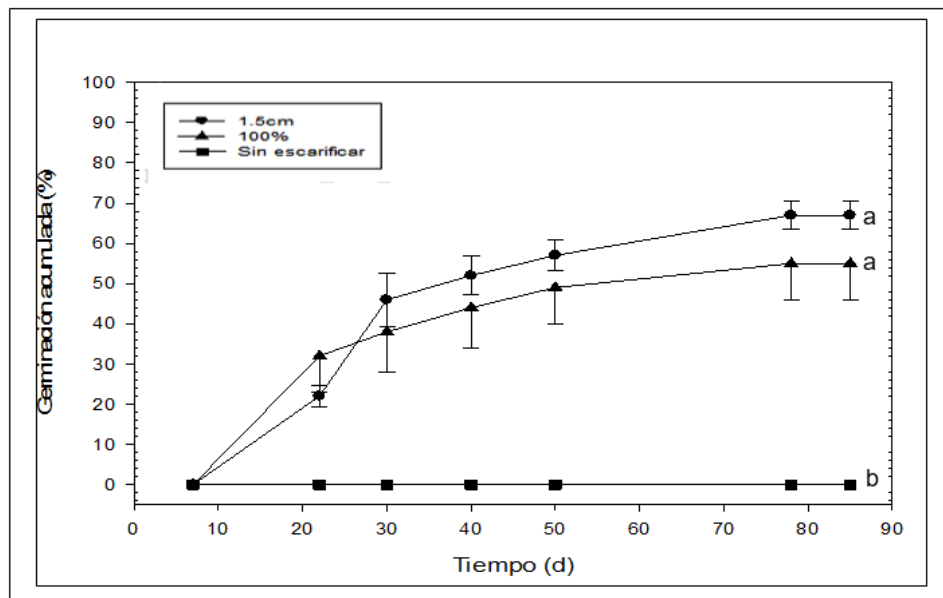


Figura 1. Efecto de la escaficación mecánica en la germinación de semillas de *A. galeottiana* Standl en invernadero con una temperatura promedio de  $20.7\pm 8^{\circ}\text{C}$ . Medias con una letra común no son significativamente diferente.

**Emergencia de plúmula.** La emergencia inicio a los 77 d con 3% y la máxima fue de 24% en promedio para ambos tratamientos a los 134 d ( $p>0.05$ ) (Figura 2).

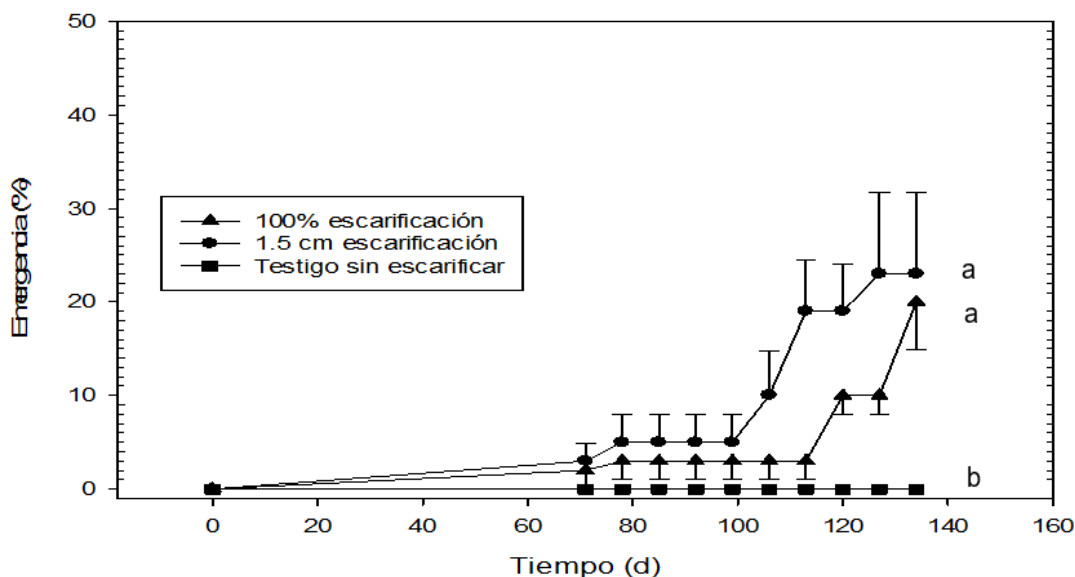
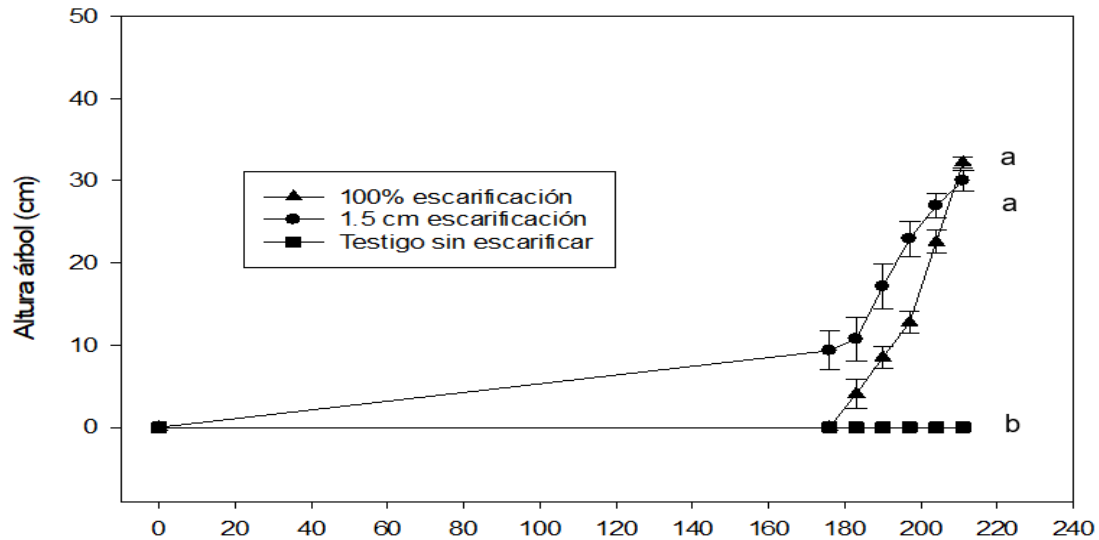


Figura 2. Efecto de la escaficación en la emergencia de plúmula de semillas de *A. galeottiana* en condiciones de invernadero a una temperatura promedio  $20.7\pm 8^{\circ}\text{C}$ . Medias con una letra común no son significativamente diferente.



La emergencia de plúmula final fue inferior a los valores de germinación (promedio de 61%) posiblemente debido a la baja temperatura en invernadero de  $20.7 \pm 8$ .

**Altura de árbol a los 218 d.** La altura promedio del árbol fue de 31.3 cm a los 218 d de establecidos los tratamientos de escarificación en condiciones de invernadero, no encontrando diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos de escarificación (Figura 3).



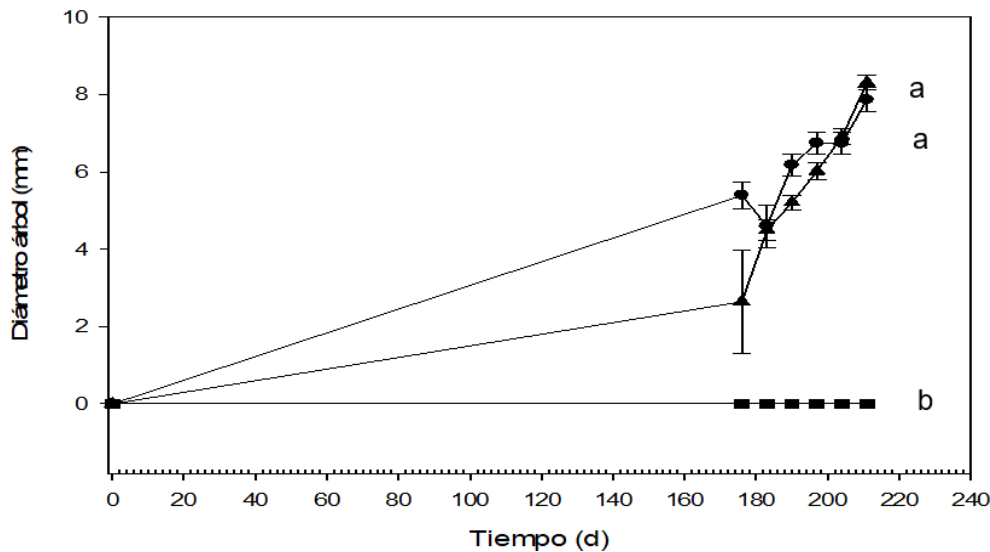
**Figura 3.** Altura de árboles de *A. galeottiana* en condiciones de invernadero a una temperatura promedio de  $20.7 \pm 8^\circ\text{C}$ . Medias con una letra común no son significativamente diferente

Rueda *et al.* (2014) obtuvieron una altura promedio de 20.2 cm en árboles de *Tabebuia rosea* (Bertol) a los 128 d de establecidas las semillas, *Cedrela odorata* L. alcanza una altura promedio de 20 cm a los 128 d, especies tropicales pertenecientes a la misma vegetación asociada de la especie en estudio. Para el caso de *A. galeottiana* se alcanzó una altura promedio de 31.3 cm a los 218 d de establecido los experimentos de escarificación en condiciones de invernadero.

**Diámetro de árbol a los 218 d.** El diámetro promedio de los árboles fue de 8.5 mm a la altura del cuello de la raíz (figura 4) a los 218 d de establecidos los tratamientos de escarificación en condiciones de invernadero, siendo esta variable una de las más importantes en la predicción de la supervivencia en campo, según Rueda *et al.* (2014), diámetros iguales o superiores a 5 mm indican una buena calidad de planta. Por lo que los diámetros obtenidos en la etapa se



ajustan adecuadamente a los requerimientos morfológicos para su establecimiento en campo, lo cual aseguraría un porcentaje alto de supervivencia en campo.



**Figura 4. Diámetro de árboles de *A. galeottiana* Standl. en condiciones de invernadero. Medias con una letra común no son significativamente diferente.**

Rueda *et al.* (2014) obtuvieron un diámetro promedio de 5.9 mm en árboles de *Tabebuia rosea* (Bertol) a los 128 d de establecidas, *Cedrela odorata* L. alcanzó un diámetro promedio de 5.0 mm a los 128 d, mientras que Macayo alcanzó un diámetro promedio de 8.5 mm a los 218 d de establecidos los experimentos de germinación en invernadero.

**Índice de robustez del árbol a los 218 d.** El índice de robustez no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos de escarificación (Cuadro 1) con un promedio de 3.7. Este valor es cercano al intervalo 5.5 y 6.0 para *Cedrela odorata* (Sáenz *et al.*, 2010) y modificado por (Rueda *et al.*, 2014) catalogado como planta de buena calidad.

**Cuadro 1. Comparación de medias Tukey ( $p < 0.05$ ) para la variable Índice de robustez.**

Tratamiento	IR	Significancia
T1 100%	3.8	a
T2 1.5 cm	3.6	a
T3 Testigo	0	b

IR: Índice de robustez. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.



El almacenamiento de nutrientes en los cotiledones y endospermo mantiene el crecimiento inicial de la plántula (Bewley *et al.*, 2013). Semillas grandes, como la de Macayo con un peso promedio de endospermo de 51.9 g producen árboles grandes. Esto lo han observado en otros árboles con semillas grandes y que han producido mayor masa seca (Velázquez *et al.*, 2017) lo que podría mejorar el porcentaje de supervivencia en campo (Khurana y Singh, 2004).

## Conclusiones

El efecto de la escarificación fue positivo, aumentando la germinación de semillas y la emergencia de plúmula. El árbol resultante mostró índices que indican buena calidad de planta.

## Agradecimientos

Agradezco a CONACYT la beca otorgada para realizar estudios de maestría, así como a al Colegio de Postgraduados, en especial al Posgrado de Botánica y a mi consejo particular, del cual recibí un gran apoyo.

## Literatura Citada

- Baskin, C. C. and M. Baskin J. 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. 666 pp. San Diego: Academic Press. doi:10.1006/anbo.2000.1238
- Bewley, J. D., K. Bradford and H. Hilhorst N. 2013. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd ed. Springer. New York. 392 pp
- Britos, P. G., M. Quinteros D. y M. Enciso G. 2013. crecimiento de especies forestales nativas en una plantación mixta, en el alto paraná. *Investigación Agraria*, 8(2), 50-57.
- Deaquiz, O. y Y. Burgos A. 2015. Efecto de la aplicación de giberelinas (GA3) sobre germinación de semillas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) variedad Santa Cruz. *Conex. Agropec. JDC* 3(2): 29-36.



- Flores, M. E., E. Caceres W., L. Aguirre T. y S. Castillo M. 2020. Efecto de la escarificación en la germinación de semillas de soya forrajera perrene (*Neonotina wightii*) Revista de investigaciones Veterinarias del Perú, 31(3), e16728. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.16728>
- Gutiérrez, G. y M. Ricker. 2010. Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración del Parque Ecológico Tuzandepetl. Convenio Específico PEP-UNAM No.420401868. pp 8-10.
- Heinze, G. and M. Schemper. 2002. A solution to the problem of separation in logistic regression. *Statistica in Medicine* 21, 2409-2419.
- IUCN, 1988. World Conservation Monitoring Centre. 1998. *Andira galeottiana* Standl. The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T34309A9857184. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T34309A9857184>.
- Khurana, E., and S. Singh J. 2004. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: impact of seed size. *J. Trop. Ecol.* 20: 385-396.
- Morais, L. F de., C. C. Almeida J, B. Deminiciis B., T de Pádua F., J. F. Morenz M., B. R. de Abreu J., *et al.* 2014. Methods for breaking dormancy of sedes of tropical forage legumes. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1831 – 1835. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513196>.
- Moya, R. R., y C. T. Monge. 2013. Características de combustibilidad de diez especies de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 10(24), pp 26-23. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v10i24.1321>
- Ochoa, G. S, I. Pérez H., J. A. Frías H., A. Jarquín S. y A. Méndez V. 2011. Estudio prospectivo de especies arbóreas promisorias para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Tabasco, México, Colegio de la Frontera Sur. 145 p.
- Pennington, T. D y J. Sarukhán. 2005. Universidad Nacional Autónoma de México, & Fondo de Cultura Económico. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rueda, S. A., J. D. Benavides S., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., J. A. Prieto R. y G. Orozco G. 2014. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22): 58–73. Doi:10.29298/rmcf.v5i22.350.
- Sáenz, R. J. T., H. J. Muñoz F., J. A. Prieto R. y A. Rueda S. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico. SAGARPA-INIFAPCIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 19 p.



Sánchez, B. H., E. Pacheco A., G. A. García L., A. Reyes O, E. García M, *et al.* 2017. Métodos de escarificación en semillas de *Guaiacum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana. Botánica*, 74(2), 262-268. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>

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 30 diciembre, 2010.

Velázquez, R N., B. Ruiz G., M. E. Sánchez C., A. Gamboa de Buen y A. Orozco S. 2017. Morphological variation in fruits and seeds of *Ceiba aesculifolia* and its relationship with germination and seedling biomass. *Bot. Sci.* 95: 81-91. DOI: 10.17129/botsci.636.



# CONTENIDO DE LIGNINA EN RESIDUOS FORESTALES DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

Patricia Aguilar Sánchez<sup>1</sup>, Flora Apolinar Hidalgo<sup>1</sup> y Noel Carrillo Ávila<sup>1</sup>

---

## Resumen

La leña es una de las principales fuentes de energía para diversas comunidades del Estado de Yucatán. Durante los aprovechamientos maderables en selva, se generan grandes cantidades de residuos, a los cuales no se les ha dado un valor agregado óptimo. La composición química principal de la madera nos brinda información valiosa para determinar la aplicación de esta en diversos procesos, y así pueda transformarse en un producto sustentable. Particularmente a la lignina no se le ha prestado atención y regularmente se considera como un obstáculo para el acceso adecuado a los polímeros de carbohidratos; algunos estudios están considerando a la lignina, por su alto contenido de carbono hacia una fuente de generación de calor y energía, sin embargo, aún existe poca información para especies en México. Por esta razón el objetivo de este trabajo es conocer el contenido de lignina de cinco especies forestales del Estado de Yucatán, con la finalidad de contar con una referencia de estudio para estas maderas tropicales. Los resultados muestran que el contenido de lignina es relevante para *Mimosa bahamensis* Benth con 29.98% y el valor más bajo fue para *Lonchocarpus Rugosa* Benth. con 22.6%.

**Palabras clave:** composición química, material lignocelulósico, especies tropicales

---

<sup>1</sup> Campo Experimental San Martinito CIRGOC- INIFAP. \*aguilar.patricia@inifap.gob.mx



## Introducción

Es relevante conocer la composición química de la madera, la cual varía dentro de una misma especie, según la parte del árbol: raíz, tallo o rama; del tipo de madera: normal, tensión o compresión; de la ubicación geográfica, clima y condiciones del suelo (Pettersen, 1984). La pared celular de maderas suaves y duras está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, sus contenidos porcentuales oscilan entre 35-50%, 10-35% y 15-40% respectivamente (Chen, 2014).

La lignina es un polímero con una estructura molecular compleja formada por unidades de fenilpropano mediante enlaces químicos de grupos alquil-alquilo, alquil-arilo y aril-arilo, que no se puede describir mediante una fórmula estructural, y las propiedades de la lignina solo se pueden expresar a partir de los elementos, grupos funcionales y la combinación de la forma de cada unidad (Jin *et al.*, 2019). La lignina, un componente principal de la biomasa lignocelulósica, es la mayor fuente natural de moléculas aromáticas y, por lo tanto, es una materia prima atractiva para la producción de química renovable (Chávez y Domine, 2013; Bertella y Luterbacher, 2020).

La lignina ha sido objeto de una investigación continua e intensa durante el último siglo. La Web of Science muestra que desde 1908 se publicaron más de 27000 publicaciones con el tema "lignina", que incluyen artículos, reseñas, capítulos de libros, notas y actas, en diferentes áreas temáticas (ciencias de las plantas, biotecnología, microbiología aplicada, química, etc. madera, pulpa y papel, materiales, energía y combustibles). El contenido de lignina muestra una gran variabilidad entre especies: en general, en las monocotiledóneas, oscila entre el 5 y el 12%, en las coníferas entre el 25 y el 35% y en las frondosas entre el 15 y el 30% (Lourenço y Pereira, 2018).

En particular, la lignina es poco valorizada y normalmente se considera un impedimento para el acceso adecuado a los polímeros de carbohidratos y una corriente de bajo valor que aporta su contribución al proceso a través de su combustión para la generación de calor y energía (Ferreira y Taherzadeh, 2020; Yoo *et al.*, 2020). Sin embargo, existe la necesidad de su transformación en biorrefinerías que produzcan una gama más amplia de productos valiosos, priorizando no solo la recuperación de celulosa sino también de hemicelulosa y lignina (Ferreira y Taherzadeh, 2020; Zevallos *et al.*, 2020).





En Yucatán no existen aprovechamientos integrales para lograr una óptima transformación de todo el árbol, solo la que requieren y es con fines comerciales para ciertas especies que poseen las características deseadas y así lograr su fácil transformación de rolo a producto escuadrado. En algunos casos los residuos que quedan en campo son utilizados para leña, ya que son la principal fuente de energía en la población rural de Yucatán (Carrillo *et al.*, 2012). Con la finalidad de dar a conocer información básica sobre este compuesto químico principal para algunas maderas tropicales, en este trabajo se determinó el contenido de lignina de cinco especies del Estado de Yucatán.

## **Materiales y Métodos**

Se llevó a cabo una colecta de residuos en el área de aprovechamiento de madera, las cuales están registradas ante entidades oficiales en el Estado de Yucatán. Las muestras se depositaron en bolsas con etiqueta de identificación y se transportaron al laboratorio del Campo Experimental San Martinito, perteneciente al INIFAP, para su determinación de contenido de lignina.

Preparación de la muestra. Se realizó una reducción de tamaño de las muestras, de acuerdo a la norma TAPPI T 257, en un molino tipo Thomas Wiley, posteriormente el material molido se tamizó con mallas No. 40 y 60, utilizando para los análisis el material contenido en la malla 60. Las muestras tamizadas se colocaron en bolsas con identificación y se almacenaron para sus análisis posteriores.

Contenido de lignina. Antes de realizar la determinación del contenido de lignina, las muestras se sometieron a una extracción secuencial de etanol-benceno (1:2 v/v), etanol al 95% y agua destilada caliente, por períodos de 6, 4 y 2 horas respectivamente, de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI T 204. La determinación de la lignina se llevó a cabo según la norma TAPPI T 222 Previamente se preparó una solución de ácido sulfúrico al 72% ( $24 \pm 0.1$  N), la cual se utilizó adicionando 15 mL/g de muestra, hasta que la muestra quedó cubierta en su totalidad de la solución, manteniendo una temperatura no mayor a 2°C. Posteriormente, la muestra se colocó en baño maría a una temperatura de 20°C por dos horas, agitándose en lapsos de 15 min. Después de esto, el material se pasó a un matraz Erlenmeyer



de 1 L, adicionándole agua destilada hasta obtener un volumen de 575 mL y a continuación, se colocó en una parrilla, llevándose a ebullición por cuatro horas, evitando la pérdida del volumen inicial. La solución se dejó reposar para que la lignina insoluble se precipitara y posteriormente se realizó el sifoneo de la parte líquida y el filtrado de la parte sólida con un crisol Gooch previamente pesado, el cual se colocó en una estufa a  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. El contenido de lignina se calculó de acuerdo a la ecuación siguiente (1):

$$\text{Lignina [\%]} = (A \times 100) / W \quad (1)$$

Donde: A= peso de la lignina [g]

W= peso del espécimen de prueba [g].

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza mediante el modelo lineal generalizado (GML), así como una comparación de medias por Duncan, esto en el Software estadístico SAS 9.3®.

## Resultados y Discusión

Los resultados del contenido de lignina de la biomasa tropical residual se muestran en el Cuadro 1 donde las diferencias entre especies son significativas con una  $p < 0.05$  entre las especies que se estudiaron, generando cinco grupos estadísticamente diferentes en función a su contenido de lignina. La especie que presentó mayor contenido de lignina fue *Sac katzin* con casi un 30% y la especie con un menor valor fue *Kanasin* con un 22.6%. De acuerdo con lo que mencionan algunos autores las maderas duras presentan un contenido de lignina entre el 15 y 30% (Vignote y Martínez, 2006; Apolinar 2011; Colotl, 2011; Lourenço y Pereira, 2018), por lo que los valores que se muestran en este trabajo se encuentran en el rango antes mencionado. Aunque existe poca información sobre estas especies en cuanto a su composición química, se encontró que la especie de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) tiene un contenido de lignina del 19.8% (Apolinar, 2011) un valor por debajo a los que se obtuvieron en este trabajo.



**Cuadro 1. Contenido de lignina para las especies tropicales del Estado de Yucatán.**

Especie	Nombre científico	N	Media (%)	Agrupamiento Duncan
Sak catzin	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth	3	29.98	A
Boxkatzim	<i>Acacia gaumeri</i> Bake	3	25.14	B
Granadillo	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	3	24.03	C
Ch'imay	<i>Acacia milleriana</i> Standl.	3	23.55	C
Kanasin	<i>Lonchocarpus rugosa</i> Benth.	3	22.60	D

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

## Conclusiones

Las especies estudiadas presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de lignina. La especie *Mimosa bahamensis* Benth fue la muestra con el valor más alto con 29.98% y la especie con menor contenido de lignina fue *Lonchocarpus rugosa* Benth con 22.60%. Dichos valores se encuentran dentro del rango de resultados que algunos autores han encontrado para especies tropicales. En la literatura es poca la información acerca de la composición química de especies tropicales mexicanas, por lo que hay gran desconocimiento de las características básicas de estas maderas, las cuales pueden brindar información para sus usos en diferentes áreas, por lo que es importante continuar con la generación de información básica para las diferentes especies forestales de México.

## Literatura Citada

- Apolinar, H. F. 2011. Evaluación dendroenergética de izpepe (*Trema micrantha* (L.) (Blume)) y huizache (*Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.)) Benth. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Ingeniería Forestal. Zongolica, Veracruz México, 102 p.
- Bertella, S. and S. Luterbacher, J. 2020. Lignin Functionalization for the Production of Novel Materials. Trends in Chemistry 2: 440–453.
- Carrillo, A. N., M. E. Fuentes L., P. Aguilar S., R. Flores V., C. Ordóñez P. y E. Buendía R. 2012. Uso de los residuos forestales en la producción de bioenergía. Folleto técnico Núm. 71. INIFAP- CIRGOC. Puebla, México. 30 p.



- Chávez, S. M. and E. Domine M. 2013. Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 33 p.
- Chen, H. 2014. Chemical composition and structure of natural lignocellulose. In: Chen, H. (comp.). *Biotechnology of lignocellulose: theory and practice*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 25-71.
- Colotl, H. G. 2011. Evaluación dendroenergética de vainillo (*Inga spuria* Humb. & Bonpl. Ex Willd.) y nogal (*Juglans pyriformis* Liebm.). Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Ingeniería Forestal. Zongolica, Veracruz México, 108 p.
- Ferreira, J. A. and J. Taherzadeh M. 2020. Improving the economy of lignocellulose-based biorefineries with organosolv pretreatment. *Bioresource Technology* 299, 122695: 1-13.
- Lourenço, A. and H. Pereira. 2018. Compositional Variability of Lignin in Biomass. In: *Lignin - Trends and Applications*, M. Poletto, ed. (InTech), Chapter 3, 65-98.
- Pettersen, R. C. 1984. The Chemical Composition of Wood. In: Rowell, R., M. (Ed.) *The Chemistry of Solid Wood*. Advances in chemistry. Washington, DC: American Chemical Society, Chapter 2, 207: 57–126.
- Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Sampling and preparing wood for analysis. TAPPI Test Method T 257 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 3 p
- Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Solvent extractives in wood and pulp. TAPPI Test Method T 204 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 3 p
- Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1998. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI Test Method T 222 om-88. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. USA. 3 p.
- Vignote, P. S. e I. Martínez R. 2006. *Tecnología de la madera 3ª Ed.* Madrid. Ediciones Mundi-Presa. 678 p.
- Yoo, C. G., X Meng, Y Pu and J. Ragauskas A. 2020. The critical role of lignin in lignocellulosic biomass conversion and recent pretreatment strategies: A comprehensive review. *Bioresource Technology* 301, 122784: 1-10.
- Zevallos, T. L. A., L. Woiciechowski, A., V. O. de Andrade T., G. Karp S., L. C. Guimarães L., C. Faulds, *et al.* 2020. Lignin as a potential source of high-added value compounds: A review. *Journal of Cleaner Production* 263, 121499: 1-18.
- Jin, H., F. Shiyu, and G. Lin. 2019. Structure and Characteristics of Lignin. In *Lignin Chemistry and Applications*, (Elsevier), Chapter 2, 25–50.



## PROTOCOLO PARA EL MANEJO Y PREPARACIÓN DEL FRUTO DE *Bursera linanoe* PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL

Martha Elena Fuentes López<sup>1\*</sup>, Edna Elena Suárez Patlán<sup>1</sup> y Consuelo Blancas Hernández<sup>2</sup>

### Resumen

*Bursera linanoe* es una especie de lento crecimiento y difícil propagación, su estatus en la norma oficial mexicana NOM-059 se encuentra como especie en peligro de extinción. El presente estudio se llevó a cabo en tres ejidos del estado de Puebla (Teutla, Teotlalco y Chiauhtla de Tapia) con el fin de implementar un protocolo de manejo y preparación del fruto de linaloe para incrementar rendimiento en la extracción del aceite esencial. Se capacitó a los productores y se realizaron ensayos de extracción de la esencia a partir del fruto, empleando un destilador con capacidad para 30 L, fabricado en acero inoxidable y en laboratorio utilizando un equipo Goldfish. En el protocolo se describen brevemente las etapas de preparación, dado que, el 80% de productores de aceite esencial de linaloe, no aplican un manejo previo al fruto para maximizar rendimiento y garantizar la calidad de la esencia. Las malas prácticas tradicionales, inducen al empleo de mayor cantidad de frutos por unidad de volumen de esencia, lo que lleva a menores rendimientos y al incremento de los costos de producción hasta en 30%. Las etapas del protocolo consisten en: una capacitación a productores, colecta del fruto, limpieza del fruto, trituración del fruto, destilación del fruto y evaluación del rendimiento. Se determinó el contenido de humedad del fruto empleando una temperatura de 40°C hasta obtener el peso constante. Los porcentajes de humedad se registraron entre 62% a 65%, lo que señala que la turgencia del fruto, merma en el transcurso del tiempo y el aceite contenido se evapora con rapidez. En el destilador industrial se obtuvo un volumen total 600 mL de aceite en 10 kg de fruto en un tiempo de destilación de 4 h. Estos resultados se consideraron altos en rendimiento, confirmando que un manejo y preparación adecuados del fruto, aunque implica tiempo y trabajo adicional, se compensa con el incremento en volumen

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIR-Golfo Centro. C.E. San Martinito. [fuentes.martha@inifap.gob.mx](mailto:fuentes.martha@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Asesor técnico independiente.



que se obtiene, ya que el precio comercial del aceite esencial de linaloe se estimó entre seis y ocho mil pesos por litro. Se concluye que el protocolo para la destilación por arrastre de vapor, sólo es aplicable durante la época de producción del fruto de linaloe, con la madurez señalada y las consideraciones marcadas en la metodología. Se recomienda aplicar un fungicida de hidróxido cúprico, inmediatamente después de cada cosecha, con la finalidad de prolongar la vida de anaquel del fruto y evitar la presencia de hongos y la contaminación del fruto.

**Palabras clave:** linaloe, hidróxido cúprico, destilación

## Introducción

El linaloe (*Bursera linanoe*) se conoce mundialmente por el fino aroma alimonado de su aceite esencial. Es una especie de lento crecimiento y de difícil propagación, se encuentra en un estatus de especie en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana 059 (2001). En México se ha explotado de forma intensiva desde el siglo XIX, lo que provocó un declive en el crecimiento de sus poblaciones ya que la obtención de madera requería talar grandes cantidades de árboles (Fuentes *et al.*, 2014). El aprovechamiento comercial de la especie se destina a la fabricación de piezas artesanales y a la producción de aceite esencial. Ante la falta de materia prima para desarrollar las actividades productivas de poblaciones indígenas en los estados de Puebla, Morelos, Guerrero y Oaxaca, diversas instituciones, dependencias y productores han realizado esfuerzos para el cultivo y el establecimiento de la especie con resultados pobres. Las plantaciones de linaloe con propósitos comerciales, sólo pueden ser certificadas cuando la multiplicación se realiza por medios vegetativos o por cultivo de tejidos (Cruz *et al.*, 2016).

La producción de piezas artesanales con madera de linaloe se realiza en Guerrero y Oaxaca cuyo mercado es de ámbito nacional y la distribución es realizada por instituciones como FONART. Los aceites esenciales se producen en los cuatro estados antes citados y tienen un mercado más amplio con ámbito nacional e internacional, siendo Francia e Inglaterra los principales consumidores. en México desde fines del siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX, se destiló el aceite exportado a Estados Unidos de América y Europa con fines de



utilización en la industria de la perfumería. En el periodo de los años 40 a 60, el auge de este producto aromático tuvo lugar principalmente para su exportación a Estados Unidos y Alemania, entre otros (Cruz *et al.*, 2009). Así mismo, los ingleses se llevaron propágulos de plantas mexicanas de *B. delpechianum* a la India para su cultivo comercial, produciendo anualmente cerca de 50 toneladas de aceite en la década de los años 2000-2010, lo que les permitió abastecer de linaloe a las industrias especializadas en todo el mundo y desplazar al aceite proveniente de México (Hussain, 1993; Hersch, 2005).

En América del Norte y Europa, los aceites esenciales tuvieron un enfoque terapéutico y en menor medida se emplearon en la elaboración de productos cosméticos (Hurtado, 2018). En los últimos años, el consumo mundial de aceites esenciales se estimó en 70% de las exportaciones, en las cuales Estados Unidos y Francia mantienen el 43% de predominio, en menor porcentaje se encuentran China, Argentina y Reino Unido que equivalen al 21%. Otros aceites que se exportan por su aumento en uso son ylang-ylang, lavanda, naranja, eucalipto, sándalo, nuez moscada y limón (Hurtado, 2018).

En México, hasta los años 2000, el aceite se obtenía de la madera de ramas y del fuste del arbusto con un alto requerimiento de materia prima. En los años subsecuentes se inició el aprovechamiento del fruto para la obtención del aceite esencial cuyos usos potenciales son cosmetológicos, farmacéuticos, terapéuticos, medicinales como desinflamatorios, desinfectantes, repelentes, antimicrobianos, por señalar algunos (Ayala *et al.*, 2009). Sin embargo, la técnica de manejo del fruto desde la cosecha hasta la obtención del aceite esencial sigue siendo rudimentaria con bajo grado de pureza y bajos rendimientos en la producción, además que el equipo de destilación con que cuenta la mayor parte de los productores no cumple con las especificaciones mínimas de calidad para competir en mercados nacionales e internacionales. Se detectó que los productores adolecen de capacitación en la colecta, manejo y acondicionamiento del fruto, así como de los apoyos económicos para modernizar sus equipos de destilación.

El 80% de productores de aceite esencial de linaloe, no le aplican al fruto, un manejo previo al fruto para maximizar rendimiento y garantizar la calidad de la esencia (Solares *et al.*, 2009). El fruto se colecta sin la selección de su madurez, se destila sin realizar una limpieza, no le aplican un proceso de compresión o molienda, se almacena en forma inapropiada, se acumulan las cosechas de diferentes fechas antes de su destilado, lo cual favorece la fermentación del fruto



y la presencia de hongos, que reducen la calidad de la esencia. Las malas prácticas inducen al empleo de mayor cantidad de frutos por unidad de volumen de esencia, es decir, obtienen menor rendimiento e incremento hasta en 30% de los costos de producción. El presente trabajo se refiere al protocolo de manejo del fruto para incrementar rendimiento y calidad del aceite esencial de linaloe. Para evaluar el rendimiento se obtuvo aceite esencial mediante la extracción con un destilador industrial y en laboratorio empleando un equipo Goldfish.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó un destilador fabricado en acero inoxidable con capacidad para 30 litros, de procedencia alemana. Un equipo Goldfish, cestos de mimbre, charolas, agua destilada, arena de sílice, cristalería de laboratorio y hornos de secado.

Se llevaron a cabo entrevistas con los productores de esencia de linaloe en el estado de Puebla, con la finalidad de conocer la técnica tradicional empleada en el manejo del fruto y en la obtención del aceite de linaloe. El protocolo de manejo y preparación del fruto para la extracción de aceite esencial de *B. linanoe*, consistió en las siguientes etapas:

**Obtención de la materia prima.** La colecta de *B. linanoe* se realizó en tres comunidades pertenecientes al Estado de Puebla, México; la primera muestra se colectó en terreno ejidal de la localidad de Teutla, municipio de Jolalpan, Puebla (Figura 1), en las coordenadas de latitud norte 18° 29' y de longitud oeste -98° 94' 8333", a una altitud de 960 m sobre el nivel del mar; la segunda muestra se obtuvo en terrenos comunales, en la localidad de Teotlalco, Puebla (Figura 2), sus coordenadas geográficas son 18° 22' - 18° 31' de latitud norte y 98° 45' - 98° 57' de longitud oeste, su altitud fluctúa entre los 900 y 1900 m; la tercera muestra se obtuvo en terrenos de la UMA (Unidad de Manejo Ambiental de Vida Silvestre) del predio ubicado en Chiautla de Tapia, Puebla (Figura 3), sus coordenadas geográficas son 18° 06' - 18° 28' de latitud norte y 98° 23' - 98° 49' de longitud oeste, su altitud varía entre los 800 a 2000 m.





**Figura 1. Localidad Teutla, Jolalpan, Puebla de Tapia.**



**Figura 2. Localidad de Teotlalco, Puebla.**



**Figura 3. Localidad de Chiautla de Tapia.**

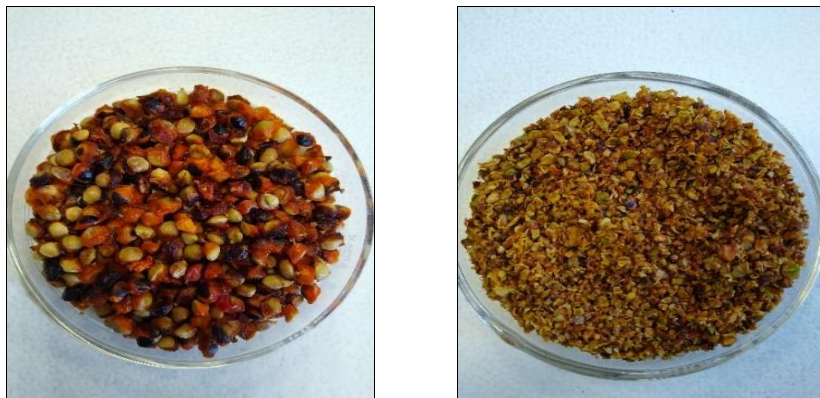


1. Capacitación. A cada productor se le capacitó en el manejo y preparación del fruto para la extracción de aceite esencial de *Bursera linanoe*, que consistió en las siguientes etapas para asegurar mayor rendimiento de aceite a partir del fruto. Los conocimientos impartidos se reforzaron durante la colecta del fruto.
2. Colecta del fruto. misma que se realizó en forma manual durante los meses de agosto a septiembre cuando el fruto mostró una coloración roji-verde, lo cual fue indicativo de su madurez. La colecta se realizó en forma manual para controlar las impurezas como tierra, piedras, hojarasca y fruto fermentado, se cosechó en la cantidad suficiente para procesarlo el mismo día. Una vez cortado, se colocó en canastos de mimbre con el fin de permitir la ventilación y evitar la fermentación acelerada.



**Figura 4. Fruto fresco de linaloe sin limpieza, colocado en cestas de mimbre.**

3. Limpieza. Todo el fruto fresco se extendió sobre hojas de papel de estraza, sobre cartón o en rejillas de lámina para facilitar el tratamiento de limpieza, donde se eliminaron los residuos e impurezas que pudieron agregarse durante la cosecha. Una vez limpio, se le determinó el contenido de humedad.
4. Trituración de la materia prima. En el proceso de molienda se utilizó un molino manual para granos industrial para separar la pulpa y abrir el arilo.



**Figura 5. Semilla entera y triturada de linaloe.**

5. Destilación. Se utilizó un destilador Industrial con capacidad para 30 kg de materia prima. Previo a la destilación, el equipo se lavó perfectamente con jabón y después con vapor de agua para eliminar olores, residuos y sustancias de otros productos. La pulpa obtenida de la molienda se depositó en el canasto de acero inoxidable del equipo de destilación, sometiéndose a un precalentamiento de 80°C con agua destilada para su posterior proceso de destilación.

6. Evaluación del rendimiento. Una vez concluida la destilación, se evaluó el rendimiento de acuerdo con el método de extracción seleccionado. Es decir, con el equipo industrial y en laboratorio para hacer un comparativo de resultados.

## **Resultados y Discusión**

Trituración de la materia prima. En este proceso se obtuvieron mejores resultados al utilizar un molino de alimentación manual, ya que el control de las revoluciones permitió reducir la pérdida de aceite al mínimo. Una práctica incluida en la molienda fue la incorporación de arena de sílice (cuarzo) para recuperar un volumen adicional de aceite en la molienda del fruto.

Determinación de humedad del fruto de *Bursera linanoe*. Este proceso se llevó a cabo en laboratorio. Para ello, se colocaron dos muestras en el horno a 40°C hasta obtener el peso constante. Al inicio y cada tres horas se tomó el peso del fruto, en el registro de humedad número 6, se observó poca variación y al cabo de 24 h transcurridas, se alcanzó el peso



constante. Los porcentajes obtenidos estuvieron en el rango de 62 a 65% de contenido de humedad (Cuadro 1), lo que señala que la turgencia del fruto, merma en el transcurso del tiempo y el aceite contenido se evapora con rapidez. De ahí la relevancia de procesar el fruto lo más pronto posible.

**Cuadro 1. Contenido de humedad de las muestras de fruto de lináloe.**

No. muestra	Procedencia	Contenido de humedad (%)
1	Chiautla	62.12
2	Teutla	63.14
3	Teotlalco	65.53

### **Extracción de esencia en un destilador industrial**

Se colocaron 10 kg de fruto fresco de linaloe en el destilador y se realizó el sellado hermético. El condensador se llenó con agua y se le inyectó vapor de agua a una temperatura de 80°C.



**Figura 6. Equipo con el fruto triturado.**

Al término de 4 horas de destilación, se obtuvo el volumen total de aceite esencial. Posteriormente se colocaron en el mismo destilador 1.5 kg de semilla triturada de linaloe realizando el mismo proceso anterior, con una temperatura entre 40 y 60°C. El proceso fue realizado durante dos horas con resultados poco satisfactorios. Cuando se destapó el destilador y se palpó la muestra, se pudo apreciar que la materia prima (fruto completo triturado y semilla triturada) aún contenían una textura aceitosa, pero su extracción habría implicado un mayor tiempo de uso del equipo.

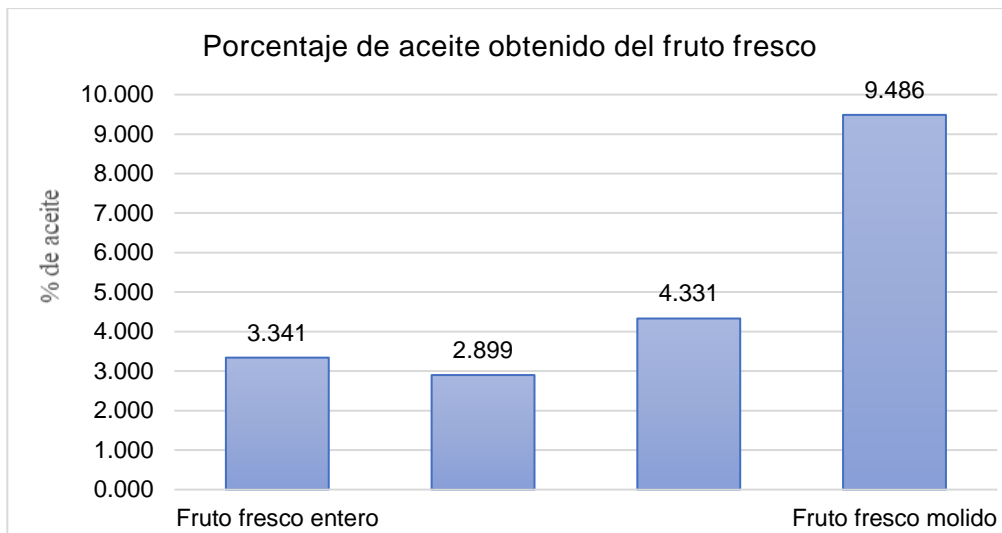


**Figura 7. Equipo de destilación y vaso receptor del aceite.**

En el destilador industrial se obtuvo un volumen total 600 mL de aceite por cada 10 kg de fruto en un tiempo de 4 h. Tradicionalmente, los productores han obtenido de 1 a 1.5 litros de aceite por cada 40-50 kg de fruto. Lo que equivale a obtener 250-260 mL de aceite esencial por cada 10 a 15 kg de fruto. Los resultados obtenidos en este estudio se consideran altos en rendimiento, esto certifica que un manejo y preparación adecuados del fruto, puede implicar tiempo y trabajo adicional al inicio, pero se compensa con el incremento en volumen que se obtiene, ya que el precio comercial del aceite esencial de linaloe se estima en promedio en seis mil pesos por litro con presentaciones de 7 mL que se comercializan en MX\$280.00. La información obtenida de este estudio fue compartida con los productores cooperantes y recibida con agrado, dado que esto les permitirá con fundamentos lograr mayores rendimientos y mejores ingresos.

En relación con los resultados obtenidos de laboratorio, estos se presentan en la Figura 8, donde se muestran los porcentajes comparativos en el rendimiento de esencia del fruto fresco entero y del fruto fresco molido.

De estos resultados, se observó que los rendimientos porcentuales del destilado de fruto entero son menores en una proporción de 1:3 del volumen posible de obtener, cuando el fruto se procesa triturado o machacado. Entre los productores visitados, sólo uno realiza parcialmente el machacado del fruto.



**Figura 8. Comparación del rendimiento en porcentaje de aceite obtenido del fruto fresco entero, versus fruto fresco triturado, en pruebas de laboratorio.**

## Conclusiones

1. Se concluye que una destilación por arrastre de vapor de agua puede presentar mayores rendimientos al utilizar una mayor cantidad de fruto.
2. Los residuos de la destilación pueden comercializarse como agua perfumada.
3. En la extracción realizada en laboratorio con el equipo Goldfish se obtuvieron buenos resultados en la extracción de esencia y se comprobó que es necesario darle al fruto un pretratamiento de secado.
4. Dado que el fruto no se expuso a fuentes de contaminación, se consideró que la calidad resultante del aceite esencial es buena.
5. El manejo y la forma de extracción que aplican los productores al fruto de linaloe no es la adecuada, debido a que el gasto invertido en materia prima es elevado para obtener volúmenes pequeños de aceite esencial.
6. La destilación por arrastre de vapor sólo es aplicable durante la época de producción del fruto de linaloe, con la madurez señalada y las consideraciones marcadas en la metodología.



7. Se recomienda aplicar un fungicida de hidróxido cúprico, inmediatamente después de cada cosecha, con la finalidad de prolongar la vida de anaquel del fruto y evitar la presencia de hongos que pudieran contaminar el fruto y mermar la calidad del aceite.

### Literatura Citada

- Ayala, Z. J. F., G. A. González A., G.A. y L. Del Toro S. 2009. Enhancing safety and aroma appealing of fresh-cut fruits and vegetables using the antimicrobial and aromatic power essential oils. *Journal Food Science*, 74(7):84-91.
- Cruz, C. E., D. Vargas A., A. Damián N. y F. Palemón A. 2016. Compuestos en resina de lináloe (*Bursera linanoe*). Univ. Autónoma de Guerrero. México. *TLAMATI*. 7(2):5-8.
- Cruz, C. E., V. Mariles F., M. Gómez C. y D. Vargas A. 2009. Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de lináloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina) en México. Publicación especial No. 50. INIFAP. C.E. Valles Centrales de Oaxaca.
- Fuentes, L. M. E., J. A. Honorato S., R. Flores V., J.C. Tamarit U. 2014. Características anatómicas de la madera de linaloe (*Bursera linanoe*) Folleto técnico No. 78. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México. 59 p.
- Hersch, M. P. 2005. Linaloe *In*: López C., S. Chanfón, G. Segura (Ed). La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT-CONAFOR pp. 40-47.
- Hurtado, L. Y. 2018. Efecto de los aceites esenciales en los síntomas emocionales de la ansiedad, Depresión y estrés. Una revisión literaria. Univ. Cs. Aplicadas y Ambientales (UDCA).
- Hussain, S. A. 1993. Linaloe (*Bursera delpechiana* Poisson ex Engl.) Family Burseraceae. *In*: Essential oil plants and their cultivation. CIMAP Lucknow, India. Pp.11-13.
- Solares, A. F., E. Cruz C., M. Gómez C., D. Vargas A., A. Borja de la R., V. Mariles F., *et al.* 2009. El proceso de extracción de aceite de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en los estados de Morelos y Guerrero. *In*: Cruz-Cruz, E., V. Mariles-Flores, M. Gómez-Cárdenas y D. Vargas-Álvarez (Ed.). Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México, Libro Técnico. INIFAP. Oaxaca. pp.177-196.



## DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN CAFETALES BAJO SOMBRA DIVERSIFICADA

Rolando M. Tlaxcala Méndez<sup>1\*</sup>, Selomit J. Díaz Rojas<sup>2</sup>, M. del Carmen Pablo Mendoza<sup>1</sup>,  
Martín Aquino Ramírez<sup>3</sup>, Olga Santiago Trinidad<sup>1</sup> y Carlos R. Monroy Rivera<sup>1</sup>

### Resumen

Los cafetales de altura (*Coffea arabica* L.) conservan una gran cantidad de especies de árboles nativos que proporcionan refugio y alimentos a otros organismos por lo que promueven el incremento de la biodiversidad en diferentes grupos funcionales. El conocimiento de la estructura y diversidad arbórea de los sistemas agroforestales de café (SAFC) de la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Ver., es limitado, por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar la estructura y la diversidad alfa y beta del estrato arbóreo en tres microrregiones cafetaleras de Coapa Pinopa, Zongolica, Ver. En mayo del 2020 en los SAFC de la localidad se establecieron 24 unidades de muestreo (UM) de 400 m<sup>2</sup>: 9 en la microrregión norte (MN), 8 UM en la microrregión centro (MC) y 7 UM en microrregión Sur (MS). En las UM a todos los árboles (DN>5 cm) se le identificó su identidad taxonómica, se les midió el diámetro normal (DN en cm), la altura total (H en m) y el diámetro de copa (DC en m). Por microrregiones, se evaluó la estructura arbórea empleando el índice de valor de importancia (IVI), el índice de valor forestal (IVF) y el índice de valor de importancia familiar (IVIF); se estimó la diversidad alfa con el índice de Shannon (IS) y se le aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y se cuantificó la diversidad beta con los índices de similitud florística de Sorensen (S<sub>i</sub>) y Jaccard (C<sub>j</sub>). En las tres microrregiones las especies con mayor importancia estructural fueron *Cordia alliodora*, *Diphysa robinoides* e *Inga vera*; y a nivel familiar fueron las fabáceas, boragináceas y lauráceas. A nivel global el IS indicó diversidad alta (3.4) y a nivel microrregión expresó diversidad media (de 2.10 a 2.31), estadísticamente no hubo diferencias significativas

<sup>1</sup>Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental El Palmar. Tezonapa, Veracruz, México. \*tlaxcala.rolando@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>Estudiante, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Campus Tezonapa.

<sup>3</sup>Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Edzná. Campeche, Campeche, México.





entre microrregiones. La similitud florística entre microrregiones fue alta, del 72 a 77% en  $S_i$  y del 56 al 63% en  $C_j$  debido al alto número de especies compartidas. Por lo anterior, se concluye que los SAFC de la localidad son tecnologías tradicionales importantes en la conservación de la estructura y la diversidad arbórea nativa.

**Palabras clave:** Shannon, Sorensen, Jacard, SAFC

## Introducción

Los estudios científicos generados en las últimas dos décadas sustentan la importancia de los cafetales bajo sombra en la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales que proporcionan, sin embargo, las fluctuaciones internacionales de sobreproducción y precios bajos en el café han impactado fuertemente a los pequeños productores en los últimos años, obligándolos a abandonar, migrar o reconvertir sus cafetales a otros usos de suelo en espera de rendimientos mejores en el corto plazo, sin embargo, estas acciones empobrecen las regiones cafetaleras en términos ambientales, culturales y socioeconómicos (Manson *et al.*, 2018). En la actualidad la superficie con vegetación arbórea no perturbada en Veracruz abarcan solo el 4% del territorio del estado (INEGI, 2007), el remplazo de esta vegetación y de las fincas de café bajo sombra diversificada en las zonas media y alta de las cuencas por usos de suelos más intensificados, están amenazando la gran biodiversidad del estado y causando ciclos de inundaciones y sequías cada vez más intensos, con graves consecuencias para los poblados de las zonas costeras (Bruijnzeel, 2001; Bubb *et al.*, 2004).

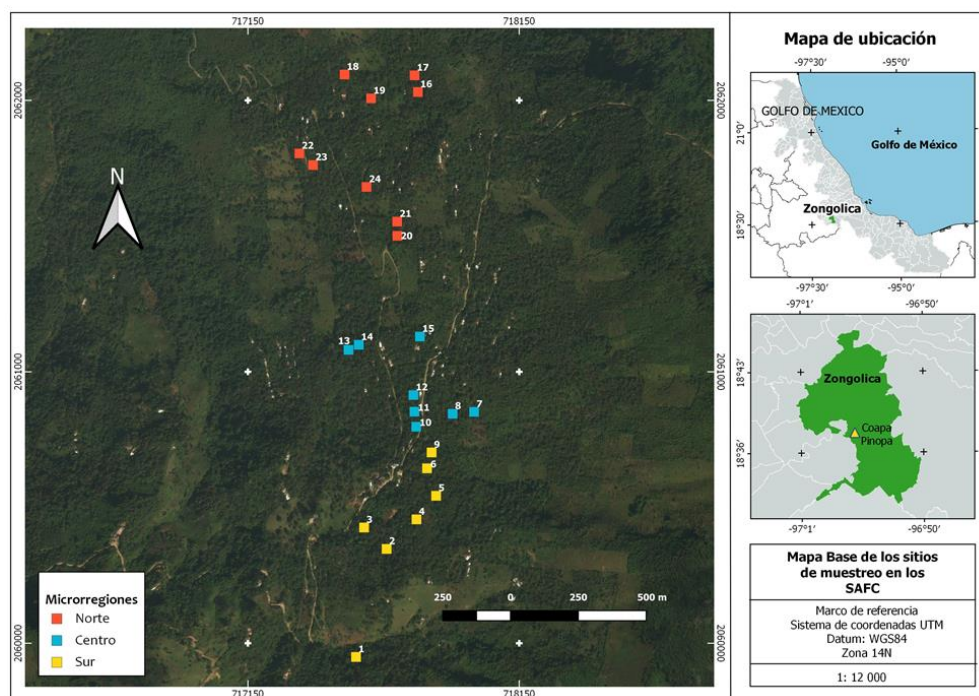
Además, la sustitución de los cafetales por usos de suelo más intensificados no solo agrava las condiciones de pobreza, sino también influye en el deterioro ambiental por la remoción de la cubierta arbórea, afectando a especies diversas, pues la gran variedad de especies de árboles en los cafetales promueve que la biodiversidad aumente, al proveer de sombra, frutos, flores, néctar, polen, madera y otros productos a diversos organismos tanto vegetales (hierbas del sotobosque, epífitas y helechos), como animales (mamíferos, aves, anfibios, reptiles o artrópodos (Manson, 2008; Perfecto *et al.*, 1996). Frente a lo anterior, el objetivo general del presente trabajo consistió en caracterizar la estructura y la diversidad alfa y beta del estrato



arbóreo en tres microrregiones cafetaleras de la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Ver., considerando que en la región no se han realizado estudios sobre el tema y que los resultados podrían ser una línea base para determinar el potencial de estos SAFC en la conservación de la diversidad y provisión de servicios ambientales y una herramienta para fortalecer el manejo.

## Materiales y Métodos

**Zona de estudio.** El estudio se realizó en los SAFC de la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Veracruz (Figura 1).



**Figura 1. Zona de estudio y distribución de los sitios de muestreo por microrregión.**

Las condiciones ambientales de la región son las siguientes, clima semicálido húmedo con lluvias todo el año (Acf), temperaturas de 14 a 26°C, precipitaciones de 2,400 a 3,100 mm, la altitud es de 850 a 1140 m, la topografía es de sierra de cumbres tendidas, los tipos de suelos predominantes son luvisoles y acrisoles (INEGI, 2009), la vegetación es selva alta perennifolia en la parte norte y bosque mesófilo de montaña en la parte sur.



**Toma de datos.** En mayo del 2020, de manera aleatoria se establecieron 24 unidades de muestreo (UM) de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>), distribuidos en tres microrregiones, en el Norte (MN) 9 UM, en el Centro (MC) 8 UM y en el Sur (MS) 7 UM (Figura 1).

En las UM se registró la identidad taxonómica de cada árbol a nivel género y en su caso hasta nivel especie, mediante los nombres comunes y empleando el manual de identificación de Pennington y Sarukhán (2005). A los árboles se les midió el diámetro normal (DN en cm) con una cinta diamétrica, la altura total con un clinómetro electrónico y el diámetro de copa (DC en m) con una cinta métrica a través de la proyección de la copa en el suelo.

**Análisis para la estructura arbórea por microrregiones.** Se le determinó a cada especie arbórea su abundancia, según el número de árboles; su dominancia, en función del área basal y su frecuencia según la presencia en las UM. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel especie conocido como Índice de Valor de Importancia (IVI) (Ecuación 1), que toma valores porcentuales en una escala de 0 a 100% (Soler *et al.*, 2012; Graciano *et al.*, 2017).

$$IVI = \text{Abundancia relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa} \quad (1)$$

Así mismo se determinó la importancia ecológica a nivel taxonómico de familia a través del Índice de Valor de Importancia Familiar (IVIF) (Ecuación 2), la cual también considera por familia de árboles, la abundancia, la dominancia y la diversidad relativa (número de especies por familia). Las variables relativizadas se emplearon para obtener un valor ponderado de 0% a 100% a nivel familia (Silva *et al.*, 2008; Graciano *et al.*, 2017).

$$IVIF = \text{Abundancia relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Diversidad relativa} \quad (2)$$

Con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea se consideró el Índice de Valor Forestal (IVF) (Ecuación 3) que toma en cuenta tres medidas, la primera al nivel del estrato inferior en el plano horizontal que es el diámetro normal, la segunda incluye a los estratos inferior y superior en el plano vertical siendo la altura total y la tercera al nivel del estrato superior en el plano horizontal a la cobertura. Las variables relativizadas se emplearon para obtener un valor ponderado de 0% a 100% a nivel especie (Zarco *et al.*, 2010; Graciano *et al.*, 2017).

$$IVF = \text{Diámetro normal relativo} + \text{Altura total relativa} + \text{Cobertura relativa} \quad (3)$$

Para facilitar los cálculos de los índices estructurales (IVI, IVIF e IVF) se empleó la función de tablas dinámicas de Excel.



**Análisis de la diversidad alfa por microrregiones.** La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea (Moreno, 2001), para estimar la diversidad alfa por microrregión se empleó el índice de Shannon (IS), que es uno de los más usados en ecología y en los SAFC, el IS considera no solo el número de especies (riqueza específica) sino también su representación o equitatividad (número de individuos por especie) (Soler *et al.*, 2012), el IS (Ecuación 4) se expresa como un número positivo, y en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0.5 a 5.0, aunque su valor normal está entre 2 y 3, los valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies (Briceño, 2021).

Por otro lado, la riqueza específica (S) se cuantificó mediante el conteo del número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de la importancia de las mismas (Ecuación 5) y la equitatividad se estimó con la fórmula de Pielou (J) (Ecuación 6) que es valorada a partir de abundancia de las especies más dominantes, su valor se acerca a 0 cuando en la población pocas especies dominan sobre las demás y se acerca a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares (Soler *et al.*, 2012).

$$IS = -\sum p_i \times \ln p_i \quad (4)$$

$$S = N_e \quad (5)$$

$$J = IS / \ln S \quad (6)$$

Dónde:  $\sum P_i$  es la sumatoria de las abundancias relativas de cada especie y  $\ln$  es el logaritmo natural y  $N_e$  es el número total de especies presentes.

Para comparar los valores del IS entre las microrregiones se realizó un análisis de varianza (ANOVA), sin embargo, previamente se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas a los datos de los IS, para ello, se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk (<50 datos) y de Bartlett (para datos normales), ambas a una probabilidad de rechazo de 0.05. Para los análisis se empleó el software RStudio y los paquetes de Agricolae, Biodiversity y Vegan.

**Análisis de la diversidad beta por microrregiones.** La diversidad beta expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas (Moreno, 2001). Para determinar la diversidad beta entre microrregiones se emplearon dos índices de similitud, el primero fue Jaccard ( $C_j$ ) (Ecuación 7) este se basa en la relación presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el total de especies y, el segundo Sorensen ( $S_i$ )



(Ecuación 8) el cual relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sistemas comparados (García, 2014).

$$C_j = \frac{C}{(A+B-C)} \quad (7)$$

$$S_i = \frac{2C}{(A+B)} \quad (8)$$

Dónde: A es el número de especies encontradas en la microrregión A; B es el número de especies encontradas en la microrregión B y C es el número de especies comunes en ambas microrregiones.

El rango de valores en ambos índices varía de 0% cuando no hay especies compartidas en ambas poblaciones y hasta 100% cuando las dos poblaciones tienen la misma composición de especies, la desventaja de estos índices es que no consideran el grado de participación de cada especie en la dominancia ecológica (Moreno, 2001; Soler, 2012).

## Resultados y Discusión

**Estructura arbórea por microrregiones.** Los SAFC se clasificaron en policultivos tradicionales de acuerdo a su complejidad vegetativa y estructural y en el grado de intensificación de manejo (Moguel y Toledo, 1999). De forma global se registraron 27 familias, 44 géneros y 51 especies arbóreas pertenecientes a la vegetación nativa. El IVI y el IVF (Figura 2 y 3) muestran que la especie arbórea más importante en la estructura horizontal y vertical en las tres microrregiones es *Cordia allidora*, dado que son árboles muy abundantes y dominantes, en la MN *Diphysa robinoides* es la segunda especie más importante por tener individuos dominantes, en la MC y MS *Inga pavoniana* es la segunda más importante debido a la alta abundancia de árboles; las otras especies de árboles tienen diferente orden de importancia en cada microrregión debido a la preferencia particular que tienen los productores a sus especies de árboles presentes en sus unidades de producción, ya que los árboles tienen distintos usos, como por ejemplo para la obtención de madera, postes, leña, frutos y para la sombra de los cafetos.

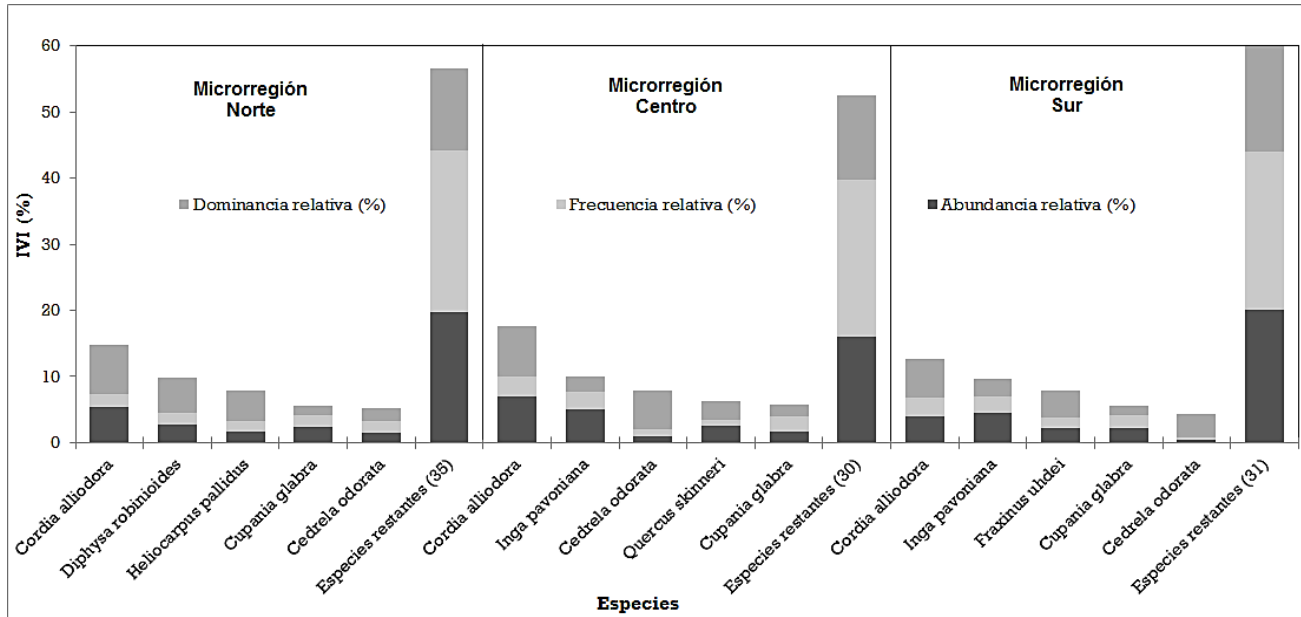


Figura 2. IVI de las especies arbóreas en los SAFC por microrregiones.

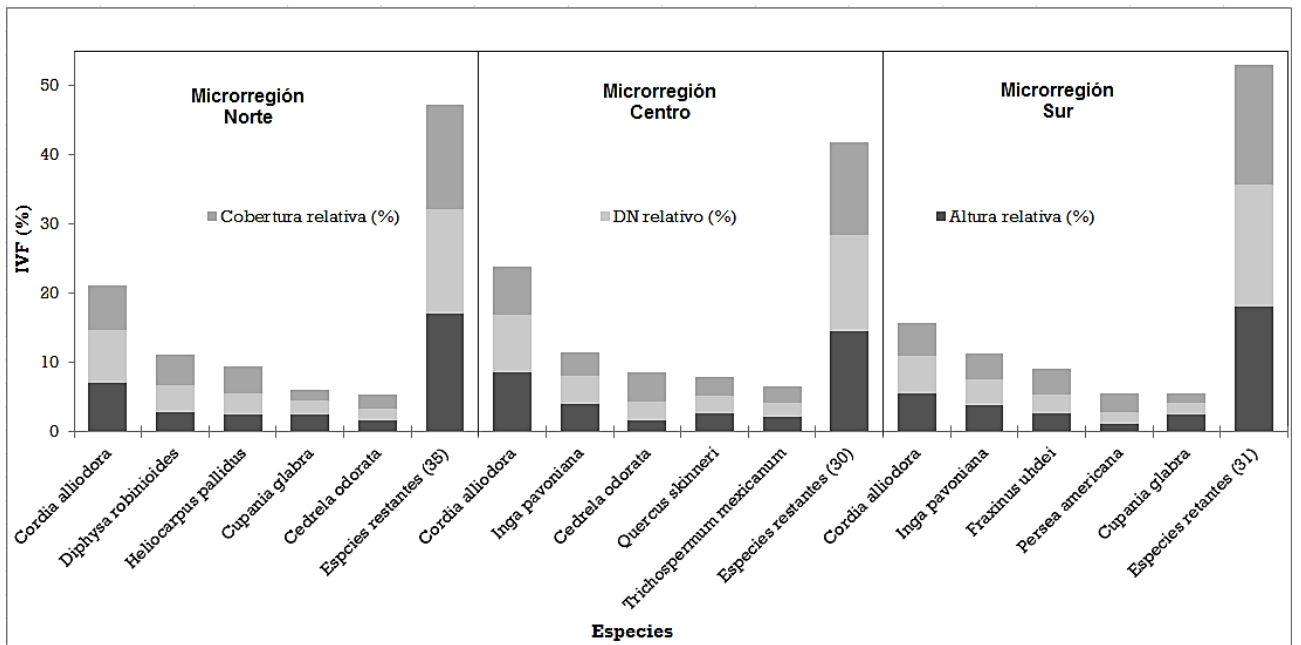


Figura 3. IVF de las especies arbóreas en los SAFC por microrregiones.

Estudios realizados en SAFC de México y Colombia indican que *Cordia alliodora* es la especie arbórea con la mayor importancia ecológica relativa (Villavicencio y Valdez, 2003; García, 2014; Zapata, 2019).



A nivel familia, los árboles pertenecientes a la familia de las fabáceas son las que tienen mayor importancia ecológica relativa en las tres microrregiones, dada su alta abundancia, dominancia y riqueza de especies, seguido de la familia de las boragináceas en la MN y MC por alta abundancia y dominancia de *Cordia alliodora*. En la MS la familia de las lauráceas también es la segunda más importante por la alta dominancia de las especies arbóreas pertenecientes a esta familia (Figura 4). En un estudio realizado en los SAFC de la Sierra de Atoyac, Veracruz se determinó que las familias arbóreas más importantes también son las fabáceas, boragináceas y lauráceas, además, las otras familias siguen un orden de importancia similar al presente estudio (García, 2014). Así mismo, Zapata (2019) determinó que la familia de las fabáceas es la más importante en algunos SAFC de Colombia.

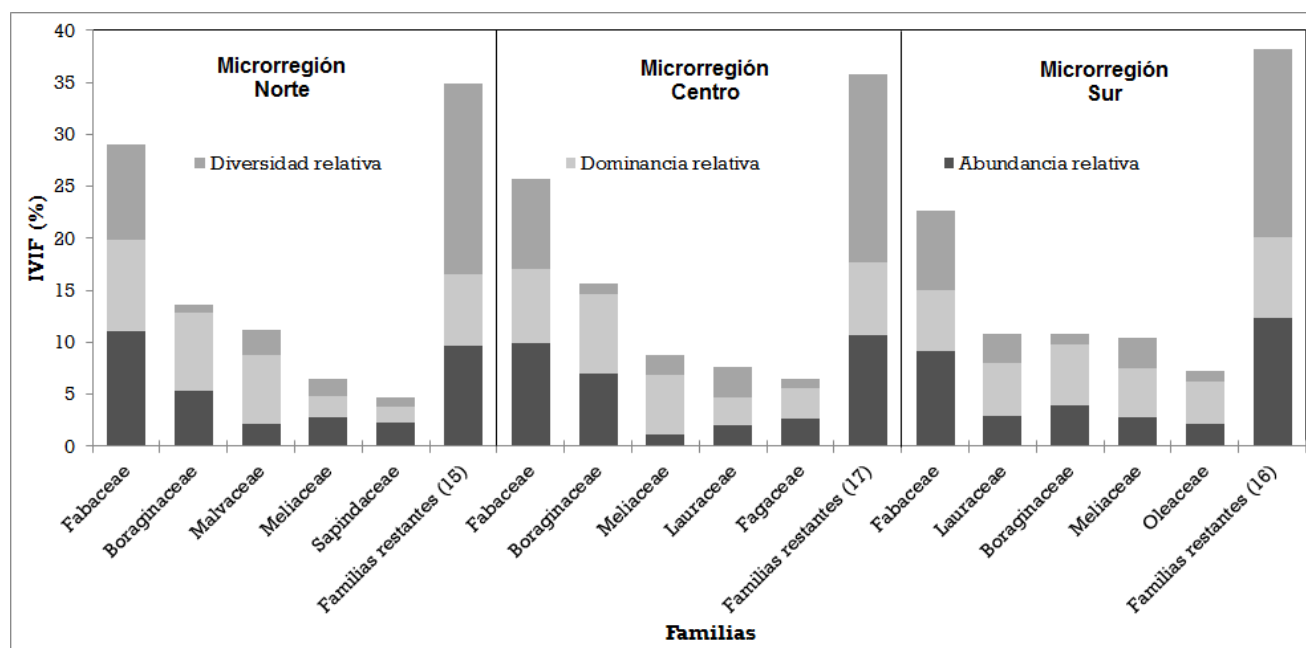


Figura 4. IVIF de las especies arbóreas en los SAFC por microrregiones.

**Diversidad alfa por microrregiones.** De forma global el IS fue de 3.41 considerado como diversidad alta. A nivel de microrregiones el IS obtuvo valores de 2.10 a 2.31 calificado como diversidad media (Graciano *et al.*, 2017) debido a la alta abundancia de árboles de *Cordia alliodora* en comparación a las demás especies arbóreas (Cuadro 1). Los valores del IS a nivel global y por microrregión son similares a los reportados por García *et al.* (2015) de 2.40 a 3.58 para sistemas rústicos y policultivos tradicionales, también son parecidos a los reportados por

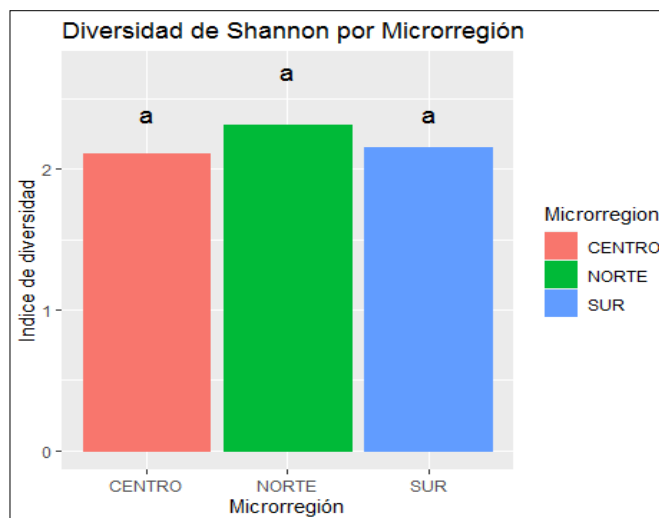


Villavicencio y Valdez (2003) para cafetales rusticanos con valores de 2.51 a 3.44, no obstante, son superiores a los encontrados por Zapata (2013) en algunos SAFC de Colombia (0.7 a 1.6).

**Cuadro 1. Valores de la diversidad alfa por microrregiones.**

Microrregión	Riqueza (S)	Equitatividad (J)	Diversidad (IS)
Norte	40	0.62	2.31
Centro	35	0.59	2.10
Sur	36	0.60	2.15

Los datos de los IS en las tres microrregiones presentaron normalidad ( $p= 0.79$ ) y homogeneidad de varianzas ( $p= 0.47$ ), así mismo, el ANOVA indicó que no existen diferencias significativas en los valores de diversidad entre microrregiones a una probabilidad de rechazo de  $p<0.5$ , y esto se comprobó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (Figura 5).



**Figura 5. Prueba de Duncan en los valores de diversidad entre microrregiones.**

**Diversidad beta por microrregiones.** La cantidad de especies arbóreas presentes por microrregión fue de 40 en la MN, 35 en la MC y 36 en la MS, en relación a la semejanza florística se obtuvieron resultados elevados del 72 al 77% según el  $S_i$  y del 56 al 63% en el  $C_j$ , debido al alto número de especies arbóreas compartidas (Cuadro 2), los SACF de la localidad contienen especies de árboles tanto de selva alta perennifolia como de bosque mesófilo de montaña, siendo una zona de transición florística.





**Cuadro 2. Índices de semejanza florística en los SAFC por microrregión.**

Microrregiones comparadas			Especies			Coeficiente de semejanza (%)	
A	vs	B	En A	En B	Compartidas	Sorensen (S <sub>i</sub> )	Jaccard (C <sub>j</sub> )
Norte	-	Centro	40	35	29	77.33	63.04
Centro	-	Sur	35	36	27	77.14	62.79
Sur	-	Norte	36	40	27	72.00	56.25

La importancia de los SAFC es que ayudan a conservar la diversidad de especies arbóreas nativas (Moguel y Toledo, 1999), creando corredores biológicos que fomentan el movimiento de la fauna y amortiguan cambios abruptos de microclimas en sus bordes, así mismo, cada microrregión y finca cafetalera juega un papel único e importante en la conservación de la diversidad arbórea total de la localidad, al aportar una parte del total especies presentes en la comunidad, a esto se le conoce como complementariedad (Manson *et al.*, 2018).

## Conclusiones

- 1.- Las fincas cafetaleras de las tres microrregiones se clasificaron en policultivos tradicionales debido a la diversidad de especies arbóreas presentes (51 especies en total), la estructura y la intensidad de manejo aplicado. En las tres microrregiones las especies de árboles con mayor importancia ecológica relativa son *Cordia alliodora*, *Diphysa robinoides* e *Inga Jinicuil* y a nivel de familias las más importantes correspondieron a las especies de árboles pertenecientes a las fabáceas, lauráceas y boragináceas.
- 2.- El IS a nivel global obtuvo un valor 3.41 considerado como diversidad alta, por microrregiones al valor fue de 2.10 a 2.31 calificado como diversidad media, el ANOVA indicó que no existen diferencias significativas de diversidad entre microrregiones.
- 3.- Así mismo, la similaridad florística entre las tres microrregiones fue alta debido al gran número de especies compartidas.



4.- En efecto, los SACF de la localidad de Coapa Pinopa conservan una gran cantidad de especies de árboles de la vegetación nativa y fungen como conectores de fragmentos de vegetación primaria permitiendo el movimiento de las especies.

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los productores de café de la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Veracruz, por permitir la toma de datos en sus fincas de café.

## Literatura Citada

- Briceño, V. A. E., E. Ávila, M. A. Rodríguez S. and A. Ruiz M. 2021. Macrofaunal assemblages associated with two common seagrass-dwelling demosponges (*Amorphinopsis atlantica* and *Haliclona implexiformis*) in a tropical estuarine system of the southern Gulf of Mexico. *Helgoland Marine Research* 75: 1-10.
- Bruijnzeel, L. A. 2001. Hydrology of tropical montane cloud forests: A reassessment. *Land Use and Water Resources Research* 1: 1-18.
- Bubb, P., I. May, L. Miles and J. Sayer. 2004. *Cloud forest agenda*. UNEP-WCMC. Cambridge, UK. 33 p.
- García, M. L., 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, 69-82.
- García, M. L. E. 2014. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Texcoco. 81p.
- Graciano, A. G., E. Alanís R., O. A. Aguirre C., M. A. González T., E. J. Treviño G. y A. Mora O. 2017. Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y bosques* 23: 137-146.
- INEGI. 2007. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV escala 1: 250 000. México, D.F.



- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zongolica, Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Manson, R. H., V. Hernández O., S. Gallina y K. Mehlreter. 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología, A.C. e Instituto Nacional de Ecología, México.
- Manson, R. H., F. López B., V. Sosa F. y A. Ortega P. 2018. Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales. Manual de mejores prácticas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. 88 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moguel, P. and V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology* 13, 11-21.
- Pennington, T. D., y Sakurán. 2005. Manual para la identificación de Campo de los Principales Árboles Tropicales de México. Tercera ed. Inst. Nal. Invest. Forest. SAG. México. 523 p.
- Perfecto, I., A. Rice R., R. Greenberg and E. van der Voort M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598 – 608.
- Silva, K. E. D., D. A. Matos F. D. y M. Ferreira M. 2008. Composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica*, 38, 213-222.
- Soler, E., P. Berroterán, J. Gil y R. Acosta. 2012. Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical* 62: 25-38.
- Villavicencio, E. L. y J. I. Valdez H. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37, 413-423.
- Zapata, A. P. C. 2019. Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciência Florestal* 29, 685-697.
- Zarco, E. V. M., J. I. Valdez H., G. Ángeles P., y O. Castillo A. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y ciencia* 26: 1-17.



## PROPAGACIÓN DE *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES COMERCIALES

Areli Madai Guzmán Pozos<sup>1\*</sup> y Efraín Cruz Cruz<sup>1</sup>

### Resumen

El linaloe (*Bursera linanoe*) es uno de los copales más importantes de la Selva Baja Caducifolia, se caracteriza por el aroma a lima-limón de su aceite esencial del grupo de los terpenos, presente en todo el árbol, especialmente en la madera y en los frutos. La madera se usa para postes, cercas vivas y elaboración de artesanías tales como cajas y baúles. Las actividades antrópicas son una amenaza para la permanencia de las poblaciones naturales de esta especie. El objetivo del presente trabajo fue identificar en las estacas de linaloe el mejor diámetro y tratamiento químico para el enraizamiento de las mismas. Las estacas de linaloe se cortaron de 20 árboles de una plantación del Campo Experimental Zacatepec, Morelos, en el mes de abril. Se cortaron alrededor de cuatro ramas por árbol de aproximadamente uno a dos metros, se seccionaron en fragmentos de 30 cm de largo y así, obtener hasta cuatro estacas por rama, las cuales se obtuvieron con diferentes diámetros. El establecimiento del experimento consistió de siete tratamientos, con tres dosis de hormonas del ácido indol-3-butírico (0, 1,500, y 10,000 ppm). Cada tratamiento constó de 16 estacas, cuatro estacas por repetición, con cuatro repeticiones, en un diseño de bloques completamente al azar. Las estacas se sembraron en bolsas negras de polietileno de 15 x 30 cm, en un sustrato a base de tierra de monte y ocochal (hoja de pino) en proporción 1:1. El riego se realizó cada tercer día, el registro de las variables se realizó a los 12 meses. Los tratamientos T7 y T5 obtuvieron arriba del 80% de estacas vivas y de estas sólo el T7 tuvo actividad morfológica por arriba del 80%, siendo el único tratamiento que estadísticamente fue significativo. Los diámetros <2 cm presentaron mayor mortalidad en las estacas. Los mejores diámetros fueron los de 2 a 4 cm.

<sup>1</sup> INIFAP-Zacatepec-Galeana s/n Centro, 62780, Zacatepec de Hidalgo, Mor. \*forestal\_areli22@hotmail.com



La dosis 10,000 ppm de ácido indol-3-butírico estimuló e incrementó la generación de raíces en un 50%.

**Palabras clave:** linaloe, estacas, yemas

## Introducción

El linaloe (*Bursera linanoe*) es uno de los copales más importantes de la selva baja caducifolia, se aprecia por el aroma a lima-limón de su aceite esencial del grupo de los terpenos (Rzedowski *et al.*, 2004), presente en todo el árbol, especialmente en la madera, en la resina y en los frutos. El linaloe se distribuye en altitudes entre los 600 y 1200 m; en lomeríos, montañas y terrenos de ladera, con pendientes entre 25 y 60%; predominantemente se localiza en exposición sur (frecuencia 52%), en sustrato metamórfico (frecuencia 48%) e ígneo (frecuencia 45%); terrenos pedregosos entre 20 y 30%; en suelos con un pH de 5 a 8, materia orgánica de 1.8 a 8%, bicarbonatos de 0.7 a 4.7 meq/L y calcio de 4.4 a 39.7 meq/100 g (Cruz *et al.*, 2009). El aceite esencial se utiliza para la elaboración de jabones, velas, inciensos, shampoos, geles, perfumes, aromatizantes ambientales y aceites para masaje, entre otros. La gran mayoría de especies de *Bursera* presentan un porcentaje alto de semillas vanas y dificultad para germinar por algún problema de latencia que puede variar en cada especie (Bonfil *et al.*, 2008). En el género *Bursera* se han realizado estudios limitados en la reproducción por estacas (Bonfil *et al.*, 2007; Castellanos y Bonfil, 2010; Hernández *et al.*, 2013; Castellanos y Bonfil, 2013), mediante esta forma de reproducción es posible acortar los tiempos de producción de planta y obtener clones de la planta madre de interés, de acuerdo con el objetivo final de las plantaciones. Especies del género *Bursera* presentan dificultades en la reproducción por estacas, por ejemplo, se ha registrado los siguientes valores de enraizamiento: *B. lancifolia* (Schltd.) Engl., (27%), *B. longipes* (Rose) Standl., (9%), *B. fagaroides* (H. B. K.) Engl., (70%), *B. bicolor* (Willd ex Schltd.) Engl., (11%), *B. glabrifolia* (H.B. K.) Eng., (51%), *B. copallifera* (DC.) Bullock (18%) y *B. bipinnata* (DC.) Engl., (29%), (Bonfil *et al.*, 2007). La edad de las estacas y la aplicación de Auxinas como tratamiento para el desarrollo de raíces han mostrado porcentajes positivos (Castellanos y Bonfil, 2013), aunque



los resultados aún son bajos. En estos casos se requiere un mayor número de estudios para encontrar los mejores resultados. El objetivo del presente trabajo fue identificar el mejor diámetro y tratamiento químico para el enraizamiento de las estacas de lináloe.

## **Materiales y Métodos**

Las estacas de linaloe se cortaron de 20 árboles de una plantación de 11 años de edad del Campo Experimental Zacatepec, Morelos. Las estacas se recolectaron en árboles con alturas entre 3 y 5 m y diámetros entre 10 y 15 cm, sin evidencias de presencia de plagas y/o enfermedades. Una etiqueta con un número consecutivo se colocó en cada árbol para llevar un control y orden en la recolecta de las estacas. La recolección de las estacas se realizó cuando éstas tuvieron la presencia de yemas cerradas o latentes (del 15 al 30 de abril).

Se seleccionaron alrededor de cuatro ramas por árbol de aproximadamente uno a dos metros, para poder obtener de dos a cuatro estacas por rama en fragmentos de 30 cm y, las cuales se cortaron con diferentes diámetros (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos aplicados a las estacas de linaloe y dosis de enraizador.**

Tratamiento	Diámetro de las estacas	AIB_ppm
1	2 a 3 cm	0 ppm
2	< 2 cm	1,500 ppm
3	< 2 cm	10,000 ppm
4	2 a 3 cm	1,500 ppm
5	2 a 3 cm	10,000 ppm
6	3 a 4 cm	1,500 ppm
7	3 a 4 cm	10,000 ppm

Posterior a la selección de ramas y corte de estas, las estacas se llevaron al vivero. Cada tratamiento constó de 16 estacas, cuatro estacas por repetición, con cuatro repeticiones, en un diseño de bloques completamente al azar. Las estacas se colocaron en recipientes que contenían una solución de agua y N-(triclorometiltio) ciclohex-4-eno-1,2-dicarboximida (2 gramos por litro de agua) durante 30 minutos, como tratamiento preventivo para evitar la



proliferación de hongos. Posteriormente, la base de la estaca se impregnó con ácido indol-3-butírico (AIB) (0 ppm, 1,500 y 10,000 ppm) y se sembraron en bolsas negras de polietileno de 15 x 30 cm, en un sustrato a base de tierra de monte y ocochal (hoja de pino) en proporción 1:1. El riego se realizó cada tercer día, el registro de las variables se realizó a los 12 meses. Los datos registrados de las estacas fueron: número de estacas vivas, muertas y con actividad morfológica, estos datos se analizaron mediante la prueba de ji-cuadrada.

## Resultados y Discusión

A mayor diámetro de estaca (entre 2 a 4 cm) y mayor concentración de AIB (1500 a 10,000 ppm) se tiene un mayor porcentaje de estacas vivas (68 a 78%). Dentro de esos intervalos la estaca con menor diámetro requiere mayor concentración de AIB; así mismo, cuando la estaca tuvo el mayor diámetro y se le aplicó la máxima concentración de AIB se logró mantener una relación de estacas vivas respecto a las muertas de 7:1.

De 112 estacas que se sembraron, se encontró que después de 12 meses, el 19.6% de estas se mantuvieron vivas, permanecieron en algún tipo de quiescencia o letargo (sin brotes ni yemas) y sólo el 42.9% iniciaron actividad morfológica (brotes y raíces) y el 37.5% no lo hicieron (murieron). Los tratamientos T7 y T5 obtuvieron arriba del 80% de estacas vivas y de estas sólo el T7 tuvo actividad morfológica por arriba del 80%, siendo el único tratamiento que estadísticamente fue significativo.

Valores registrados en otras especies del género *Bursera* spp., muestran una gran variación en la respuesta de las estacas como lo menciona Bonfil *et al.* (2007) donde encontraron que el rango en la formación de callo fue de entre 40 y 100% en siete especies de *Bursera*, mientras que el de raíces osciló entre 18 y 70%. Estos resultados comprueban que el género *Bursera* en algunas especies es de difícil enraizamiento, aun con las condiciones favorables. Además, esta dificultad se agrava cuando se parte de material adulto que procede de áreas naturales. Los resultados mostraron que el tamaño en el diámetro de la estaca en linaloe es favorable si se corta de dos a cuatro cm. Estacas menores a dos cm presentaron bajos valores de enraizamiento y mayor cantidad de estacas muertas. Aunque Bonfil *et al.* (2007) mencionan no haber encontrado diferencias en los resultados de presencia de raíces por efecto del



diámetro. De acuerdo con Castellanos y Bonfil (2010), hacen mención que en la especie de *B. simaruba* el exceso de humedad en el suelo ocasiona la pudrición de las estacas. La respuesta de las estacas de linaloe a la dosis del enraizador estuvo relacionada con el diámetro y lignificación de estas. Aunque en otras especies como *B. fagaroides* y *B. glabrifolia* la respuesta sin enraizador es favorable en la formación de callos y raíces (Bonfil *et al.*, 2007).

## Conclusiones

Los diámetros de estacas de linaloe <2 cm presentan mayor mortalidad. Los mejores diámetros para las estacas de linaloe son los de 2 a 4 cm. La dosis de 10,000 ppm con ácido indol-3-butírico, estimuló e incrementó la generación de raíces en un 50%.

## Literatura Citada

- Bonfil, S. C., I. Cajero L. y R. Y. Evans. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia* 42: 827-834.
- Bonfil, S. C., P. E. Mendoza H. y J. A. Ulloa N. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. *Agrociencia* 41: 103-109.
- Castellanos, C. C. and C. Bonfil. 2013. Propagation of three *Bursera* species from cuttings. *Botanical Sciences* 91: 217-224.
- Castellanos, C. C. y C. Bonfil S. 2010. Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera* Jacq. ex L. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 01: 93-108.
- Cruz, C. E., V. Mariles F., F. Solares A., M. Gómez C., V. Serrano A., D. Ayerde L., *et al.* 2009. Adaptación ecológica y climática de linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina). *In: Fundamentos Técnicos para el Manejo de Poblaciones Naturales de Linaloe (Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. E. Cruz C., V. Mariles F., M. Gómez C. y D. Vargas Á. (comps.). INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, ETLA, Oaxaca. México. Libro técnico 14: 1-31.





Hernández, V. R., E. Cruz C., G. O. Díaz Z., M. I. Pérez L., S. Lozano T. y V. A. Velasco V. 2013. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en estacas de linaloe (*Bursera linanoe*) Andresen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1119-1128.

Rzedowski, J., R. Medina L. y G. Calderón de R. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66: 23-151.



## SELECCIÓN TEMPRANA DE CLONES DE HULE (*Hevea brasiliensis*), EN TEZONAPA, VERACRUZ

Elías Ortiz Cervantes<sup>1</sup>

### Resumen

En Tezonapa Veracruz, bajo un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y 98 plantas por unidad experimental se evaluó el comportamiento de 32 clones de hule, originarios de Malasia (PB-260, RRIM-600, PB-2859, PB-217, PB-280, PB-312, PB-314, PB-235, PB-330, RRIM-712, PB-252, PB-310, RRIM-901 y RRIM-921), Indonesia (GT-1, PR-255, PR-261, BPM-24 y GV-31), Sri Lanka (RRIC-100, RRIC-102 y RRIC-110), Costa de Marfil (IRCA-130, IRCA-109, IRCA-41 e IRCA-230), Brasil (IAN-710 y IAN-873, testigos) y Guatemala (GU-198). Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, número de ciclos foliares, sanidad del follaje y rendimiento mediante pruebas tempranas. A los diez meses, el clon más sobresaliente en altura de planta fue PB-314 con 2.84 m, con diferencias significativas con el resto ( $p < 0.05$ ), le siguieron IAN-873, PB-312 y PB-217 con promedios de 2.64, 2.50 y 2.49 m, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ). En diámetro del tallo sobresalió IAN-873 con 2.267 cm, con diferencias significativas con el resto ( $P < 0.05$ ); le siguieron IAN-710, PB-314, PB-217 y PB-330, con promedios de 2.063, 2.036, 2.033 y 2.023 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ). El mayor número de ciclos foliares correspondió a PB-314 con 8.01 ciclos, con diferencias significativas con el resto ( $P < 0.05$ ), le siguieron PB-217, RRIM-600, RRIC-110 y PR-261 con 7.214, 7.206, 7.0591 y 6.976 ciclos, respectivamente, sin diferencias significativas ( $P < 0.05$ ); IAN-710 presentó 6.911 ciclos, con diferencias significativas con los anteriores ( $P < 0.05$ ). Respecto a sanidad del follaje, sobresalieron GU-198, BPM-24, IRCA-230, IAN-873 y IAN-710, con promedios de 0.013, 0.053, 0.072, 0.090 y 0.091, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ); mientras que el clon más susceptible fue PB-235, con promedio de 1.14, exhibiendo diferencias

<sup>1</sup> Campo Experimental El Palmar, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Correo: ortiz.elias@inifap.gob.mx.



significativas con los demás ( $P < 0.05$ ). El mayor rendimiento de hule seco correspondió a PB-280 con 0.380 g por árbol, con diferencias significativas con el resto ( $P < 0.05$ ), le siguieron IAN-710, RRIM-712, PB-310, IRCA-230 y IAN-873, con promedios de 0.265, 0.260, 0.253, 0.250 y 0.171 g, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Aparte de los testigos IAN-710 y IAN-873, los clones con mejores características fueron PB-280, PB-314, RRIM-712, PB-310 y IRCA-230, aunque la información es insuficiente para una recomendación técnica.

**Palabras clave:** pruebas tempranas, rendimiento precoz, selección de clones

## 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).

En México, el hule se cultiva tradicionalmente entre los 14° y 19° N de latitud y comprende principalmente los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Picón *et al.*, 1997). La superficie establecida es de 30 mil hectáreas, de las cuales 26,000 mil (86%) están en etapa productiva y 4 mil en etapa de desarrollo (14%). La región sur del estado de Veracruz concentra alrededor del 52% de la superficie nacional (SIAP, 2020). La producción nacional anual se estima en 36 mil toneladas de hule seco. En 2020, se estimó una demanda de 120,000 t, de la cual la producción nacional abastece el 30%, por lo que se importan alrededor de 84,000 t anuales, con la consecuente fuga de divisas por 146 millones de dólares.

Durante muchos años, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha introducido clones reportados por Centros Internacionales de Investigación en Hule como altamente productivos, producto de las evaluaciones actualmente



existen recomendaciones técnicas de material genético adecuado para establecimiento de plantaciones en diferentes regiones del país (Picón *et al.*, 1997).

El INIFAP cuenta con un grupo de clones de hule introducidos al país, los cuales no han sido evaluados en las condiciones ecológicas nacionales, por lo tanto, no pueden liberarse para su establecimiento en plantaciones comerciales, ya que el desempeño de un clon puede ser diferente cuando se evalúa en condiciones ecológicas diferentes al sitio donde fue generado. Se evaluaron durante la etapa inicial de su crecimiento 32 clones de hule, reportados en su lugar de origen como altamente productivos, con el objetivo de evaluar su comportamiento en crecimiento, sanidad del follaje y rendimiento mediante pruebas tempranas.

## **Materiales y Métodos**

**Descripción del área de estudio.** El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental el Palmar (CEPAL) del INIFAP, ubicado en el municipio de Tezonapa, Ver., a los 18° 32' de latitud norte y 96° 47' de longitud oeste, a una altitud de 180 m. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con una precipitación de 2,885 mm anuales. La temperatura promedio anual es de 24.4°C, con 16.1 y 35.4°C, como mínima y máxima, respectivamente (Rodríguez, 1993).

**Preparación del terreno.** Se utilizó un terreno con una plantación de hule de más de 30 años. La preparación consistió en el derribo de los árboles viejos, aprovechamiento de la madera, arranque de los tocones y limpia de troncos pequeños. Después se realizó un barbecho, dos pasos de rastra, trazo, estaquillado y hoyadura.

**Clones evaluados (tratamientos).** Se evaluaron 32 clones, de los cuales 14 son originarios de Malasia, cinco de Indonesia, tres de Sri Lanka, tres de la India, cuatro de Costa de Marfil, dos de Brasil y uno de Guatemala (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Clones de hule evaluados (tratamientos), progenitores y país de origen.**

Clones	Progenitores	Origen
RRII-105	TJIR-1 x Glenshiel-1	India
PB-260	PB-5/51 x PB-49	Malasia
RRII-430	RRII-105 x RRIC-100	India
RRII-414	RRII-105 x RRIC-100	India
RRIM-600	TJIR-1 X PiIB-86	Malasia
GT-1	Clon Primario	Indonesia
PB-2859	Clon Primario	Malasia
PB-217	PB-5/51 x PB-6/9	Malasia
PB-280	PBIG (semilla)	Malasia
PB-312	RRIM-600 x PB-235	Malasia
PB-314	RRIM-600 x PB-235	Malasia
PR-255	TJIR-1 x PR-107	Indonesia
PR-261	TJIR-1 x PR-107	Indonesia
PB-235	PB-5/51 x PB-S/78	Malasia
PB-330	PB 5/51 x PB-32/36	Malasia
RRIM-712	RRIM-605 x RRIM-71	Malasia
RRIC-100	RRIC-52 x PB-86	Sri Lanka
RRIC-102	RRIC-52 x RRIC-7	Sri Lanka
IRCA-130	PB 5/51 x IR-22	Costa de Marfil
BPM-24	GT-1 x AVROS-1734	Sumatra (Indonesia)
GU-198	GT-711 x FX-16	Guatemala
IRCA-109	PB-5/51 x RRIM-600	Costa de Marfil
IRCA-41	GT-1 x PB-5/51	Costa de Marfil
IAN-710	PB-86 x F-409	Brasil
PB-252	PB-86 x PB-32/36	Malasia
GV-31	Clon primario	Indonesia
PB-310	PB-5/51 x RRIM-600	Malasia
RRIM-901	PB-5/51 x RRIM-600	Malasia
IAN-873	PB-86X F-1717	Brasil
IRCA-230	GT-1 x PB-5/51	Costa de Marfil
RRIM-921	PB-5/51 x FORD-351	Malasia
RRIC-110	LCB-1312 x RRIC-7	Sri Lanka

**Arreglo de plantación y diseño experimental.** La plantación se trazó en marco real con 6 m entre hileras y 3 m entre plantas. La unidad experimental constó de 98 plantas, distribuidas en



7 hileras de 14 plantas y una superficie de 1,764 m<sup>2</sup>. Se usó un diseño experimental bloques al azar, con 32 tratamientos (clones de hule), tres bloques y 98 plantas por unidad experimental. La superficie total del experimento fue de 16.934 ha.

**Modelo estadístico.** El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij} \quad i=1,\dots,32 \quad j=1,2 \text{ y } 3.$$

Donde:  $Y_{ij}$  = Respuesta observada en el  $i$ -ésimo clon del  $j$ -ésimo bloque;  $\mu$  = media general;  $T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo clon;  $B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque; y  $\epsilon_{ij}$  = error experimental del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

**Variables evaluadas.** El experimento se estableció en octubre del 2011. Las variables evaluadas fueron sobrevivencia, altura de planta, número de ciclos foliares, diámetro del tallo, sanidad del follaje y rendimiento mediante pruebas tempranas.

**Sobrevivencia, altura de planta y diámetro del tallo.** La sobrevivencia se evaluó realizando el conteo bimestral de las plantas vivas hasta los 10 meses de establecido el experimento. La altura de planta se midió semestralmente de la unión del injerto-patrón hasta el ápice. El diámetro del tallo se midió a 20 cm de altura de la unión injerto-patrón, al año de establecida la plantación.

**Número de ciclos foliares.** El número de ciclos foliares (verticilos) se determinó contando el número de ciclos maduros, más una fracción decimal de acuerdo con el grado de madurez del último ciclo (0 al 9), en donde 0 es el ciclo maduro, 0.1 es el ciclo recién emitido, ... y 0.9 es el ciclo próximo para madurar.

**Sanidad del follaje.** Aun cuando la principal enfermedad de las hojas en México es la mancha sudamericana de la hoja causada por el hongo *Pseudocercospora ulei*, en la escala se consideraron también daños causados por la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*). La escala de evaluación utilizada fue: 0, ataque nulo o resistencia: sin signos de fructificación del hongo, con menos del 1% de la superficie foliar dañada; 1, ataque leve: fructificaciones del hongo en el borde de las lesiones, con 1 a 5% de la superficie foliar dañada; 2, ataque moderado: fructificación del hongo parcial en toda la superficie, del 6 al 15% del área foliar afectada; 3, ataque severo: fructificación del hongo abundante solamente en el envés de la hoja, 16 a 30% de la lámina foliar afectada; y 4, ataque muy severo: fructificaciones del hongo abundantes en el haz y envés de la hoja, más de 30% de la superficie foliar afectada.



**Rendimiento de hule.** A los 10 meses de establecida la plantación fueron seleccionados seis árboles por unidad experimental para la evaluación del rendimiento precoz, mediante la técnica de Mendes (p-MTP) (Mendes, 1971). La apertura de los árboles se realizó a 20 cm de la unión injerto-patrón, en donde se fijaron tapa-roscas como tasas recolectoras. Los cortes se realizaron diariamente en forma descendente, dejando 0.5 mm entre ellos, hasta completar una serie de 10 cortes. Al final de la serie de 10 picas se pesó el coágulo para obtener el rendimiento de hule fresco, después se colocaron los coágulos en estufa a 70°C, para obtener el peso seco. Se realizaron tres series de 10 picas, con periodo de descanso de 10 días entre ellas y para el análisis se utilizó el promedio.

**Análisis de la información.** A los resultados obtenidos se les realizó el análisis de varianza (ANAVA) y cuando las diferencias resultaron significativas ( $\alpha=0.05$ ) se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan ( $\alpha=0.05$ ). El paquete estadístico utilizado fue SAS versión 8 (Statistical Analysis System, 1999).

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se presenta el ANAVA para las variables sobrevivencia (%), altura de planta (cm) y diámetro del tallo (cm). De acuerdo con el ANAVA, no se encontraron diferencias significativas entre clones para la variable sobrevivencia de los árboles ( $p=0.05$ ); pero si se encontraron diferencias altamente significativas entre clones para las variables altura de planta y diámetro del tallo ( $p<0.0001$ ). En el Cuadro 3 se presenta el ANAVA para las variables número de ciclos foliares, sanidad del follaje y rendimiento precoz, en donde se presentan diferencias altamente significativas entre clones ( $p<0.0001$ ).



**Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables sobrevivencia, altura de planta y diámetro del tallo para 32 clones de hule en el municipio de Tezonapa, Ver.**

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios		
		Sobrevivencia	Altura de planta	Diámetro del tallo
Bloques	2	23.4479167 *	289508.883***	13.6717967***
Clones	31	6.5752688 ns	123054.018***	4.7431182***
Error	4761	5.5984543	4576.14	0.271667
Total	4794			
CV (%)		2.457227	31.46017	28.36460

GL: Grados de libertad, \*\*\*altamente significativo al 0.01% de probabilidad de error, ns: no significativo, C.V.: Coeficiente de variación.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables número de ciclos foliares, sanidad del follaje y rendimiento precoz para 32 clones de hule en el municipio de Tezonapa, Ver.**

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios		
		Número de ciclos foliares	Sanidad del follaje	Rendimiento
Bloques	2	13.623064 ***	20.6070059 ***	0.00878243 ns
Clones	31	54.017136 ***	16.154024 ***	0.06244004 ***
Error	4761	1.365600	0.250441	0.01214078
Total	4794			
CV (%)		18.23	28.03897	69.70450

GL: Grados de libertad, \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad de error, ns: no significativo. C.V.: Coeficiente de variación

**Sobrevivencia.** A los 10 meses de establecida la plantación el porcentaje promedio de sobrevivencia fue de 96.3%, osciló de 92.3% en IRCA-130 a 98% en GV-31, sin diferencias significativas entre clones ( $P < 0.05$ ). Las diferencias encontradas (no significativas) pueden atribuirse principalmente a la calidad de las plantas en vivero y manejo inicial en campo, no a la interacción genotipo x ambiente. En el Cuadro 4, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

**Altura de planta.** A los 10 meses de la plantación la media general de altura de planta en el experimento fue 214.413 cm. El clon con mayor altura fue PB-314, con 284.40 cm, con diferencias altamente significativas con el resto de los clones ( $P < 0.05$ ). Le siguieron los clones IAN-873, PB-312 y PB-217 con alturas promedio de 264.49, 250.98 y 249.90 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ). Un tercer grupo sobresaliente de clones fue el constituido por RRIM-901, PR-261, PB-2859, PB-330, RRIM-414 y RRIM-600,





con altura promedio de 243.57, 238.54, 238.15, 232.49, 231.27 y 227.27 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ). Los clones RR11-105 y GT-1 tuvieron el menor desarrollo en altura de planta, con promedios de 145.44 y 154.29 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí, pero si con el resto de los clones ( $P < 0.001$ ).

Los clones testigo IAN-873, RR11-600 y IAN-710 presentaron crecimientos en altura de planta arriba de la media, que los mantiene como altamente competitivos; mientras que el clon PB-314 se ubica entre los posibles clones sobresalientes y el clon RR11-105 recomendado en la India a gran escala, presenta problemas de desarrollo. En el Cuadro 4 se presentan la prueba de comparación de medias de Duncan para la variable ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 4. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para las variables sobrevivencia, altura de planta y diámetro del tallo de 32 clones de hule en el municipio de Tezonapa, Ver.**

Clon	Sobrevivencia (%)	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)
BPM-24	97 ab	214.41 ghijkl	1.917 cdef
GT-1	92.3 b	154.29 q	1.551 kl
GU-198	97 ab	218.84 fghij	1.582 jkl
GV-31	98 a	199.89 klmno	1.834 fgh
IAN-710	96 ab	221.1 fghi	2.063 b
IAN-873	97.7 a	264.49 b	2.268 a
IRCA-109	96.7 ab	205.5 ijklmn	1.829 fgh
IRCA-130	92.3 b	190.74 no	1.696 hij
IRCA-230	96.7 ab	185.9 op	1.659 ijk
IRCA-41	96.3 ab	196.26 lmno	1.661 ijk
PB-217	95.7 ab	249.9 bc	2.033 bc
PB-235	97.3 a	213.57 ghijkl	1.611 jk
PB-252	97.3 a	219.4 fghij	1.985 bcde
PB-260	97.3 a	192.35 mno	1.644 ijk
PB-280	97.3 a	207.72 ijklmn	1.921 bcdef
PB-2859	97.3 a	238.15 cde	1.975 bcde
PB-310	97 ab	216.34 fghijk	1.961 bcdef
PB-312	93.3 ab	250.98 bc	1.764 hi
PB-314	96.3 ab	284.4 a	2.036 bc
PB-330	97 ab	232.49 def	2.023 bcd
PR-255	97.3 a	218.31 fghijk	1.931 bcdef



**Continúa Cuadro 4...**

Clon	Sobrevivencia (%)	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)
PR-261	96 ab	238.54 cd	1.868 efg
RRIC-100	97.3 a	173.66 p	1.774 ghi
RRIC-102	94.3 ab	209.55 hijklm	1.674 ijk
RRIC-110	96.7 ab	212.27 hijkl	1.89 defg
RRII-105	96 ab	145.44 q	1.474 l
RRII-414	97.7 a	231.27 defg	1.942 bcdef
RRII-430	94 ab	201.82 jklmno	1.941 bcdef
RRIM-600	97 ab	227.27 defgh	1.981 bcde
RRIM-712	95.7 ab	209.81 hijklm	1.772 ghi
RRIM-901	97 ab	243.57 cd	1.77 hi
RRIM-921	96.3 ab	203.64 ijklmn	1.719 hij
Media general	96.3	214.413	1.836

Medias con la misma letra indica que no hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error.

**Diámetro del tallo.** A los 10 meses de la plantación, la media general de diámetro del tallo en el experimento fue 1.836 cm. El clon IAN-873 presentó un diámetro de 2.269 cm, con diferencias altamente significativas con el resto de los clones ( $p < 0.05$ ). Le sigue un grupo de 12 clones, compuesto por IAN-710, PB-314, PB-217, PB-330, PB-252, RRIM-600, PB-2859, PB-310, RRII-414, RRII-430, PR-255 y PB-280, con diámetro promedio de 2.063, 2.036, 2.033, 2.023, 1.985, 1.981, 1.975, 1.961, 1.942, 1.941, 1.931 y 1.921 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ), los cuales superaron al diámetro promedio. Los clones con menor diámetro del tallo fueron RRII-105, GT-1 y GU-198, con 1.474, 1.551 y 1.582 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Los clones testigo IAN-873 y IAN-710 fueron los más sobresalientes en diámetro del tallo, consolidándose como materiales altamente competitivos, considerando las variables relacionadas con el vigor. El clon RRIM-600, está ampliamente distribuido en las regiones productoras del mundo, se mantiene en la séptima posición en diámetro del tallo y presenta crecimientos arriba del promedio. Los clones PB-314 y PB-217, recomendados en la India para el establecimiento de plantaciones a mediana escala, presentan buen comportamiento en diámetro del tallo, el primero se ubica en la segunda posición general y es sobresaliente en la mayoría de las variables relacionadas con el crecimiento, el segundo se ubica en la tercera posición y en



experimentos anteriores ha manifestado un excelente vigor. En el Cuadro 4 se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

**Número de ciclos foliares.** A los 10 meses de la plantación, la media general de ciclos foliares en el experimento fue 6.402. El clon PB-314 presentó 8.015 ciclos foliares, con diferencias altamente significativas con el resto de los clones ( $P<0.05$ ). Le siguen PB-217, RRIM-600, RRIC-110 y PR-261 con 7.214, 7.206, 7.059 y 6.976 ciclos foliares, sin diferencias significativas entre sí ( $p<0.05$ ). Un tercer grupo estuvo constituido por IAN-710, IAN-873, RRII-414 y GU-198, con 6.911, 6.892, 6.864 y 6.772 ciclos foliares, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p<0.05$ ). El clon RRII-105, tuvo 4.813 ciclos foliares y fue el de menor desarrollo, con diferencias altamente significativas con los demás clones ( $P<0.05$ ).

Los clones testigo RRIM-600, IAN-710 e IAN-873, se mantienen como sobresalientes, el primero produce el mayor número de ciclos foliares, aunque el segundo y tercero compiten fuertemente con el grupo puntero en desarrollo de ciclos foliares, ubicándose arriba del promedio. Los clones PB-314 y PB-217, han resultado sobresaliente para todas las variables relacionadas con el crecimiento y debe considerarse su evaluación a pequeña escala en las diferentes regiones. En el Cuadro 5, se presentan la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 5. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para las variables número de ciclos foliares, sanidad del follaje y rendimiento precoz de 32 clones de hule en el municipio de Tezonapa, Ver.**

Clon	Número de ciclos foliares	Sanidad del follaje	Rendimiento (g)
BPM-24	6.328 ghi	0.053 l	0.191 bcdefg
GT-1	5.568 cde	0.594 gh	0.151 bcdefgh
GU-198	6.772 efgh	0.013 l	0.041 h
GV-31	6.48 cd	0.662 fg	0.135 defgh
IAN-710	6.911 cd	0.09 l	0.265 ab
IAN-873	6.892 ghi	0.091 l	0.171 bcdefg
IRCA-109	6.349 mno	0.118 l	0.224 abcde
IRCA-130	5.687 hij	0.738 def	0.071 gh
IRCA-230	6.228 ghi	0.072 l	0.252 abc
IRCA-41	6.271 b	0.691 efg	0.109 efgh
PB-217	7.214 hijk	0.564 gh	0.095 gh
PB-235	6.195 ghi	1.135 a	0.074 gh



**Continúa Cuadro 5...**

Clon	Número de ciclos foliares	Sanidad del follaje	Rendimiento (g)
PB-252	6.321 no	0.855 cd	0.095 gh
PB-260	5.603 def	0.785 cdef	0.098 fgh
PB-280	6.701 efg	0.82 cde	0.308 a
PB-2859	6.548 ijkl	0.812 cde	0.123 efgh
PB-310	6.056 def	0.114 l	0.253 abc
PB-312	6.733 a	1.021 b	0.118 efgh
PB-314	8.015 fgh	0.43 ij	0.177 bcdefg
PB-330	6.44 ghi	0.137 l	0.171 bcdefg
PR-255	6.334 bcd	0.727 def	0.183 bcdefg
PR-261	6.976 jklm	0.664 fg	0.044 h
RRIC-100	5.952 lmn	0.101 l	0.25 abcd
RRIC-102	5.868 bc	0.29 k	0.181 bcdefg
RRIC-110	7.059 cd	0.727 def	0.117 efgh
RRII-105	4.813 klm	0.593 gh	0.143 cdefgh
RRII-414	6.864 b	0.534 hi	0.111 efgh
RRII-430	5.909 jklm	0.301 k	0.214 abcdef
RRIM-600	7.206 ghij	0.887 c	0.115 efgh
RRIM-712	5.965 fgh	0.913 bc	0.26 ab
RRIM-901	6.234 o	0.401 jk	0.082 gh
RRIM-921	6.38 p	0.436 ij	0.093 gh
Media general	6.402	0.512	0.154

Duncan (0.05). Medias con la misma letra indica que no hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error.

**Sanidad del follaje.** Considerando el promedio de tres evaluaciones, el promedio general de los clones fue 0.513. Los clones con mayor tolerancia al daño de enfermedades foliares fueron GU-198, BPM-24, IRCA-230, IAN-710, IAN-873, RRIC-100, PB-310, IRCA-109 y PB-330, con promedios de 0.013, 0.053, 0.072, 0.090, 0.091, 0.101, 0.114, 0.118 y 0.137, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0.05$ ). El clon PB-235, ampliamente recomendado para el establecimiento de plantaciones comerciales en la India y Malasia (Sivakumaran, 2011; IRB, 2011) presentó el mayor grado de susceptibilidad al daño de enfermedades foliares, ubicándose con valor de 1.135 y con diferencias significativas con el resto de los clones ( $p < 0.05$ ); le siguen PB-312 y RRIM-712 con valores de 1.021 y 0.913, respectivamente, sin



diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Los clones IAN-873 y IAN-710, se ubicaron dentro del grupo sobresaliente en tolerancia a enfermedades y vigor, compitiendo con los mejores de la evaluación, reafirmando su bondad y reforzando la recomendación de clones para las regiones productoras de México. El clon RRIM-600, aún cuando se presenta en la posición cuarta, como un clon altamente susceptible a enfermedades, mantiene tasas de crecimiento arriba del promedio y sería prematuro sacarlo de las recomendaciones técnicas del país. Los clones PB-314 y PB-217, sobresalientes en crecimiento en altura de planta, circunferencia del tallo y número de ciclos foliares, se ubicaron arriba del promedio en la sanidad del follaje, con valores de 0.430 y 0.564, respectivamente. En el Cuadro 5 se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la variable.

**Rendimiento mediante pruebas tempranas.** La media general de rendimiento de hule seco fue de 0.154 gramos. Los clones más productivos fueron PB-280, IAN-710, RRIM-712, PB-310, IRCA-230, RRIC-100, IRCA-109 y RRII-430, con rendimiento promedio de 0.308, 0.265, 0.260, 0.253, 0.252, 0.250, 0.224 y 0.214, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Los clones PB-314, IAN-873 y RRIM-600, se ubicaron en las posiciones 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> y 21<sup>a</sup> con rendimiento promedio de 0.177, 0.171 y 0.115 gramos, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). El clon PB-314, solamente presenta diferencias significativas con PB-280 ( $p < 0.05$ ). Dentro de los clones sobresalientes, el PB-280 se recomienda en Malasia para el establecimiento de plantaciones a escala comercial (clase II), mientras que IAN-710 es muy estable y ha presentado buenos rendimientos en las condiciones agroecológicas de México (Picón *et al.*, 1997). En el Cuadro 5 se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la variable.

## Conclusiones

El clon IAN-710, es sobresaliente, se ubica en la segunda posición en rendimiento de hule, segunda posición en diámetro del tallo, altura de planta arriba del promedio y dentro del grupo de clones con mayor tolerancia a enfermedades.

El clon IAN-873, es sobresaliente, se ubica entre los clones con rendimiento de hule arriba del promedio, el segundo lugar en altura de planta, el primer lugar en diámetro del tallo, número



de ciclos foliares arriba del promedio y en el bloque de clones con mayor tolerancia a enfermedades. El clon PB-280 presentó el mayor rendimiento de hule, pero presenta altura de planta abajo del promedio, diámetro del tallo ligeramente arriba del promedio y sanidad del follaje arriba del promedio; aun cuando no tiene buen crecimiento se presenta como promisorio para el establecimiento de plantaciones comerciales. El clon PB-314 se ubica con rendimiento de hule arriba del promedio, el primer lugar en altura de planta, primera posición en diámetro del tallo, séptima posición en número de ciclos foliares (arriba del promedio) y con tolerancia a enfermedades arriba del promedio. El clon PB-712, se ubica en la tercera posición en rendimiento de hule seco, aunque en altura de planta se ubica abajo del promedio, diámetro del tallo abajo del promedio, ciclos foliares abajo del promedio y dentro del grupo de clones más susceptibles a enfermedades. El clon RRIM-600, recomendado para el establecimiento de plantaciones en México, al momento de la evaluación no se ubica dentro del grupo de clones promisorios para el establecimiento de plantaciones. En esta etapa del desarrollo de los clones, no se puede concluir sobre su potencial de crecimiento y rendimiento, la sugerencia es hacer la evaluación en etapas más avanzadas del desarrollo de los árboles.

### **Literatura Citada**

- Denduang, P., N. Korakot and N. Charassri. 2015. Performance and genetic assessment of rubber tree clones in Southern Thailand. *Sci. Agric.* v.72, n.4, p.306-313, July/August 2015.
- Indian Rubber Board. 2011. Rubber planting materials approved for 2011 (en línea). Consultado el 03 de marzo del 2013. Disponible en <http://rubberboard.org.in/tenders/Plantingmaterial2011.pdf>
- Mendes, L. O. T. 1971. Poliploidização da seringueira: um novo teste para determinação da capacidade de produção de seringueira jovem. *Polímeros (Brasil)* 1(1): 22-30.
- Picón, R. L., E. Ortiz C. y J. M. Hernández C. 1997. Manual para la producción de hule en México. Manual técnico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. 98 p.
- Rodríguez, P. M. A. 1993. Metodología estadística para evaluar clones de hule a largo plazo. INIA. Folleto Misceláneo No. 2. México. 30 p.



SAS Institute Inc. 2002. SAS 9.1.3. Cary, North Caroline, USA.

Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2020. Hule hevea, productor de látex. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/hule-hevea-productor-de-latex?idiom=es> (30 de julio de 2020).

Sivakumaran, S. 2011. Clones establecidos en los países altamente productores de hule en el mundo. Greenyield Berthad, Malaysia. Ponencia en XI Jornadas Latinoamericanas y IX Iberoamericanas del Caucho. Medellín Colombia.



## FRECUENCIAS DE PICA Y USO DE ETHEPHON EN HULE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. EN UXPANAPA, VERACRUZ

Elías Ortiz Cervantes<sup>1</sup>

### Resumen

En una plantación de hule de 11 años plantada con el clon IAN-710, bajo las condiciones de un agricultor cooperante del ejido Almanza, municipio de Uxpanapa, Ver., se validaron algunos componentes del paquete tecnológico para plantaciones adultas, destacando la frecuencia de pica y la aplicación de ethephon. Las variables evaluadas fueron incremento en circunferencia del tallo, consumo de corteza, rendimiento de hule en kg/ha/año, rendimiento en g/árbol/pica, número de árboles agotados y beneficio neto de los sistemas tradicional (PTT) y la tecnología validada (PVT). Después de tres años de evaluación se encontró que los árboles de las PVT y PTT presentaron incremento en circunferencia del tallo de 12.05 y 11.84 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). En la PVT se realizaron 237 picas comparado con 291 picas de la PTT, con un consumo de corteza de 47.4 y 58.2 cm, respectivamente. El rendimiento de la PVT y PTT fue 4,115 y 2,636 kg/ha, respectivamente, que correspondió a un incremento del 56%; mientras que el rendimiento por pica fue de 20.08 y 10.65 kg/ha, respectivamente. El rendimiento en g/árbol/pica promedio fue de 47.93 y 24.78 g para las PVT y PTT, respectivamente. Respecto al número de árboles agotados, no hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), en la PVT hubo 8 árboles agotados, mientras que en la PTT hubo 11 árboles. En la PVT se obtuvieron ingresos netos superiores en 250%, respecto a la PTT. Se concluye la bondad y alta rentabilidad de la tecnología propuesta por el INIFAP.

**Palabras clave:** ethephon, sistemas de pica, productividad de hule

<sup>1</sup> Campo Experimental El Palmar, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. Correo: ortiz.elias@inifap.gob.mx.





## Introducción

El cultivo del hule representa una alternativa productiva para las condiciones agroecológicas del trópico húmedo, pues además de ayudar a la reforestación de las selvas perturbadas por el hombre, le permite al productor el arraigo a sus tierras, al brindarle un empleo permanente y bien remunerado durante su ciclo productivo, que llega a ser superior a los 30 años.

Actualmente México cuenta con una superficie de 29,929 hectáreas en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, de las cuales 25,668 hectáreas (85%) se encuentran en etapa productiva y aportan una producción nacional de 36,036 toneladas anuales, que cubren menos del 30% de los requerimientos de la industria hulera nacional. El establecimiento de plantaciones de hule en la región de Uxpanapa, inició en 1977 con el apoyo financiero de la Comisión del Papaloapan, dependiente de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), continuó de 1978-1992 con el apoyo del Fideicomiso para la Investigación el Cultivo y Comercialización del Hule natural (FIDHULE), dependiente del Banco de Crédito Rural (BANRURAL) y en los últimos años el fomento al cultivo ha sido a través de los programas de la actual Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Actualmente en Uxpanapa existe una superficie de 5,422 ha, de las cuales se cosechan 5,322, con una producción anual de 22,134 toneladas de hule, con valor de 205 millones de pesos (SIAP, 2019). En México, desde 1941 el INIFAP ha generado tecnología adecuada para plantaciones en pica, la cual no ha sido adoptada en su totalidad por los productores, repercutiendo en los bajos rendimientos unitarios y en el rápido deterioro de las plantaciones (Picón *et al.*, 1997). Un aspecto fundamental para el adecuado manejo de las plantaciones, son los sistemas de pica y el uso de estimulantes de la producción. El objetivo del presente trabajo fue demostrar bajo las condiciones de los productores locales, la bondad de la tecnología para plantaciones de hule en producción.

## Materiales y Métodos

**Descripción del área de estudio.** El tipo de clima predominante en Uxpanapa, según la clasificación de Köppen, modificado por García (1971) es Af (m) W" (e) g, el cual es cálido



húmedo con lluvias abundantes; la precipitación del mes más seco es mayor a los 60 mm. La lluvia invernal es menor del 18% de la total anual. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales varía entre 19 y 28°C; las más altas temperaturas se registran en el mes de mayo. Los suelos son del tipo laterítico, ácidos, arcillosos, de color café rojizo y rojo amarillentos, profundos y en general de excelente drenaje. Los principales tipos de suelos son Luvisol (43%), Acrisol (26%), Nitosol (18%), Umbrisol (6%), Regosol (5%) y Leptosol (1%)

Para el establecimiento de la parcela de validación de tecnología, se seleccionó un productor cooperante del ejido Almanza, Uxpanapa, Ver. La plantación utilizada tiene 11 años y está plantada con el clon IAN-710, bajo un diseño de plantación de marco real con 6 m entre hileras y 3 m entre plantas. Al iniciar la evaluación, la plantación tiene un total de 416 árboles/ha; se dividió en dos fracciones de 208 árboles para obtener dos parcelas, la información obtenida fue extrapolada a una población de 416 árboles por hectárea.

**Descripción de la tecnología.** El paquete tecnológico utilizado es el que ha generado y validado el INIFAP en las condiciones de las regiones productoras de hule de México (Picón *et al.*, 1997). Los principales componentes tecnológicos se resumen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Tratamientos aplicados en la validación de tecnología para plantaciones de hule en producción en Uxpanapa, Ver.**

Componente	Parcela de tecnología tradicional (PTT)	Parcela de validación de tecnología (PVT)
Sistema de pica	10 picas/mes (S/2 d/2 6 d/7)	8 picas/mes (S/2 d/3 6 d/7)
Consumo vertical de corteza	2.5 cm/mes	1.6 cm/mes
Profundidad del corte	A 1 mm del cambium	A 1 mm del cambium
Ángulo de inclinación	30° respecto a la horizontal	30° respecto a la horizontal
Control de enfermedades	Benomilo 0.01%	Benomilo 0.01%
Aplicación de estimulantes	No se aplica	1 g de ethrel al 2.5% mensual

**Diseño experimental.** Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en dos parcelas de 208 árboles cada una, los resultados fueron calculados para una hectárea con 416 árboles. El periodo de evaluación fue de tres años.

**Medición en blanco.** Antes del inicio del experimento se realizó la medición de la circunferencia del tallo de los árboles (cm) a la altura de 1.0 m para determinar si existían diferencias significativas antes de aplicar las tecnologías. De igual forma, durante dos meses



se obtuvo el rendimiento de las parcelas antes de la aplicación de las tecnologías, no existiendo diferencias significativas entre estas ( $p < 0.05$ ).

**Variables evaluadas.** La circunferencia del tallo (cm) se midió a la altura de 1.0 m antes del establecimiento de la prueba de validación y posteriormente cada seis meses hasta el término del trabajo. El consumo de corteza (mm) se marcó en el árbol mensualmente con una plantilla, de acuerdo con el sistema de pica evaluado, también se midió al finalizar cada año de pica.

**Rendimiento de hule.** El rendimiento se obtuvo mensualmente en kilogramos de látex por parcela (208 árboles), luego se multiplicó por dos, para obtener el rendimiento en kg/ha de látex. Después se tomó una muestra de látex por unidad experimental para obtener el porcentaje de hule seco mensual. El rendimiento de látex se multiplicó por el porcentaje de hule seco para obtener el rendimiento en kg/ha de hule seco mensual. Al final, se sumó la producción mensual para obtener el rendimiento en kg/ha/año de hule seco. Para obtener el rendimiento en g/árbol/pica, se dividió la producción mensual de hule seco, entre el número total de árboles y entre el número de picas del mes. El número de árboles agotados se registró conforme se fueron presentando durante el periodo de prueba.

**Costos, beneficios brutos y beneficios netos.** Se registraron los costos de las tecnologías al inicio de la prueba y mensualmente, considerando la mano de obra e insumos aplicados. Se registró la producción total obtenida en coágulos y se multiplicó por el precio corriente del producto para obtener los ingresos brutos. A los beneficios brutos se les restaron los costos de producción para obtener el beneficio neto.

**Análisis estadístico de la información.** Los datos se capturaron en Microsoft Office Excel (Microsoft, 2007), luego se exportaron al Programa SAS versión 9.1 (Statistical Analysis System, 1999) para realizar los análisis de varianza y la prueba de comparación de t-student.

## Resultados y Discusión

**Circunferencia del tallo.** La circunferencia promedio inicial de los árboles en la PVT y PTT fue de 64.33 y 66.13 cm, respectivamente; no hubo diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ), se registró un coeficiente de variación del 15%. Después de tres años de aplicación de los tratamientos, el promedio de circunferencia del tallo fue de 76.38 y 77.97 cm, para la PVT y



PTT, respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). El incremento en circunferencia del tallo durante el periodo de prueba para la PTT y PVT fue de 12.05 y 11.84 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Los resultados indican que no se presentaron efectos adversos en el crecimiento en circunferencia del tallo por la aplicación de las tecnologías (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Efecto de la aplicación del estimulante ethrel en el desarrollo del árbol del hule en Uxpanapa, Ver.**

Tecnología	Circunferencia (cm)			
	Inicial	1er. año	2do. año	3er. año
Parcela de validación de tecnología (PVT)	64.33	68.70	72.43	76.38
	Incremento*	4.37	8.1	12.05
Parcela de tecnología tradicional (PTT)	66.13	71.33	75.13	77.97
	Incremento	5.2	9.0	11.84

\* Incremento respecto a la circunferencia inicial (cm).

**Consumo de corteza.** Durante el periodo de prueba se registraron 291 y 237 picas para la PTT y PVT, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Número de picas registradas en la validación de sistemas de pica y uso de estimulantes de la producción en hule.**

Año	Meses	PVT	PTT	Diferencia (picas)	%
1	Abr-Dic	88	101	13	15
2	Ene-Dic	57	76	19	33
3	Ene-Dic	78	100	22	28
4	Ene-Feb	14	14	0	0
Total		237	291	54	23

En la PTT se registró un consumo de corteza de 58.2 cm, mientras que en la PVT se consumieron 47.4 cm. La diferencia entre los tratamientos fue 10.8 cm, que representa un ahorro del 23% de corteza a favor de la PVT (Cuadro 4). El número de picas fue variable entre años por la alta precipitación de la región, que dificultó seguir con exactitud las frecuencias de los sistemas de pica.



**Cuadro 4. Consumo de corteza (cm) de la tecnología de validación (PVT) y la tecnología tradicional (PTT).**

Variable	PVT	PTT	Diferencia	%
Consumo de corteza (cm)	58.2	47.4	10.8	23

**Rendimiento.** El rendimiento (kg/ha/año) de hule seco (Cuadro 5) para el periodo de ensayo fue de 4115 y 2636 para la PVT y PTT, respectivamente, con diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ). Se obtuvieron 1478.35 kg más con la PVT, que significó 56% más rendimiento que con la PTT.

**Cuadro 5. Producción en kg por hectárea por año de hule seco registrada en las parcelas de validación de tecnología (PVT) y de tecnología tradicional (PTT).**

Año	Meses	PVT	PTT	Diferencia (kg)	%
Año 1	Abril-diciembre	1239.22	845.91	393.31	46
Año 2	Enero-diciembre	1102.20	840.84	261.36	31
Año 3	Enero-diciembre	1360.92	727.32	633.60	87
Año 4	Enero-diciembre	412.50	222.42	190.08	85
Total		4114.84	2636.49	1478.35	56

**Rendimiento en kg/ha por pica.** La producción promedio diaria del periodo fue de 20.08 kg/ha en la PVT, comparado con 10.65 kg para la PTT. Se obtuvo un incremento de rendimiento de 9.43 kg/ha con la PVT, que corresponde a 88.5% de incremento respecto a la PTT (Cuadro 6). Al aumentar a 100 el número de picas anuales, se podrían obtener rendimientos de 1063.00 y 2008 kg de hule seco/ha/año con la PTT y PVT, respectivamente.

**Cuadro 6. Producción diaria promedio registrada durante el periodo de prueba en kg de hule seco por hectárea.**

Mes	Parcela de validación de tecnología (PVT)					Parcela de tecnología tradicional (PTT)				
	Años				Media	Años				Media
	1	2	3	4		1	2	3	4	
Enero		24.92	29.98	28.38	27.76		14.01	13.46	12.54	13.34
Febrero	7.92	18.89	21.65	30.55	19.75	9.24	11.15	11.97	20.35	13.17
Marzo	11.72	1.98	9.16		7.62	8.94	1.32	6.09		5.45
Abril	8.99	5.54	13.01		9.18	6.65	3.56	5.79		5.33



**Continúa Cuadro 6...**

Mes	Parcela de validación de tecnología (PVT)					Parcela de tecnología tradicional (PTT)				
	Años				Media	Años				Media
	1	2	3	4		1	2	3	4	
Mayo	10.10		7.70		8.90	7.13		3.12		5.13
Junio	10.35	9.24	10.72		10.10	4.99	8.58	4.08		5.88
Julio	14.14	6.73	19.23		13.37	7.74	4.40	7.66		6.60
Agosto	15.05	12.65	15.84		14.50	7.33	7.83	6.13		7.10
Septiembre	18.70	17.16	20.33		18.73	9.24	9.64	7.48		8.79
Octubre	17.71	23.32	22.11		21.05	8.33	11.47	7.43		9.80
Noviembre	23.60	30.76	24.09		26.15	11.81	14.92	7.48		11.40
Diciembre	23.01	30.11	26.93		26.68	11.85	14.92	9.02		11.93
Media	14.08	19.34	17.45	29.46	20.08	8.38	11.06	7.27	15.89	10.65

**Producción.** La producción en gramos por árbol por pica promedio (Cuadro 7) para la PVT fue de 47.93 g, mientras que para la PTT fue de 24.78 g. El rendimiento durante el año, en la PVT osciló de 18.48 a 67.37 g (marzo y enero, respectivamente), mientras que en la PTT fue de 10.79 a 31.75 g (junio y enero, respectivamente).

**Cuadro 7. Producción en gramos por árbol por pica de hule seco, registrada en las parcelas de validación de tecnología (PVT) y de tecnología tradicional (PTT).**

Mes	PVT					PTT				
	Años				Media	Años				Media
	1	2	3	4		1	2	3	4	
Ene		60.47	72.77	68.88	67.37		33.36	32.05	29.85	31.75
Feb	19.23	45.85	52.54	74.14	47.94	22.00	26.55	28.51	48.45	31.37
Mar	28.43	4.80	22.22		18.48	21.27	3.14	14.49		12.96
Abr	21.82	13.45	31.58		22.28	15.84	8.48	13.79		12.70
May	24.50	22.42	18.68		21.86	16.96	20.42	7.42		14.93
Jun	25.13	nsp*	26.09		25.58	11.87	nsp	9.71		10.79
Jul	34.32	16.33	46.68		32.44	18.42	10.47	18.22		17.70
Agos	36.44	30.70	38.44		35.19	17.44	18.63	14.59		16.88
Sept	45.38	41.65	49.33		45.45	22.00	22.94	17.80		20.91
Oct	42.98	56.60	53.66		51.08	19.83	27.30	17.67		21.60
Nov	57.26	74.65	58.47		63.46	28.12	35.51	17.80		27.14



**Continúa Cuadro 7...**

Mes	PVT					PTT				
	Años				Media	Años				Media
	1	2	3	4		1	2	3	4	
Dic	55.83	73.08	65.35		64.75	28.21	35.51	21.47		28.39
Media	35.57	40.00	44.64	71.51	47.93	20.17	22.02	17.80	39.15	24.78

nsp=No se picó.

**Número de árboles agotados.** El número de árboles agotados durante el periodo de prueba fue similar en la PVT y PTT, lo cual indica que no se presentó una respuesta adversa a la aplicación de los tratamientos, más bien fue una respuesta fisiológica normal a las condiciones adversas de explotación. El número de árboles agotados fue de 7 en la PVT, comparado con 13 árboles en la PTT. La mayoría de los árboles agotados tanto en la PTT como en la PVT, ya mostraban signos de agotamiento al inicio de la prueba.

**Costos, beneficios brutos y beneficios netos.** El costo de la producción total de la explotación de la PVT fue \$66,450.00 contra \$69,050.00 de la PTT (Cuadro 8). La disminución de los costos de la PVT se debió principalmente al ahorro de jornales por concepto de mano de obra para la explotación.

**Cuadro 8. Costo de la explotación de las plantaciones durante el periodo.**

Concepto	Parcela de validación de tecnología (PVT)		Parcela de tecnología tradicional (PTT)	
	Cantidad	Costo (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Cuchilla de pica	3	900.00	3	900.00
Fungicida (Promyl)	1 kg	350.00	1 kg	350.00
Ethrel	1 litro	300.00	-	-
Aceite vegetal	20 litros	700.00	-	-
Aplicación de ethrel	36 jornales	7200.00	-	-
Mano de obra para pica	237 jornales	47,400.00	291 jornales	58,200.00
Limpia general (6)	48 jornales	9,600.00	48 jornales	9,600.00
Total		66,450.00		69,050.00



La producción total de coágulo durante el periodo fue 5,272 kg y 8,229 kg en las PTT y PVT, respectivamente. El precio de venta actual del producto es de \$17.00/kg, lo que arroja beneficios brutos de \$89,624.00 y \$139,893.00 para la PTT y PVT, respectivamente.

**Cuadro 9. Producción de coágulo, ingresos brutos e ingresos netos obtenidos en la validación de tecnología.**

Tecnología	Producción de coágulo (kg)	Precio kg de coágulo (\$)	Ingresos brutos (\$)	Ingresos netos (\$)	% de PTT
PVT	8229	17.00	139,893.00	73,443.00	356
PTT	5272	17.00	89,624.00	20,574.00	100

Los beneficios netos fueron de \$74,443.00 y \$20,574.00 para la PVT y PTT, respectivamente. A costos actuales el beneficio neto por el uso de la tecnología (PVT) es del 256%.

## Conclusiones

Con la aplicación del paquete tecnológico (PVT) se obtuvieron incrementos en rendimiento en kg/ha/año del 56% y se aumentaron los ingresos netos por hectárea en 256% durante el periodo. La aplicación de la tecnología no provocó la reducción del crecimiento en circunferencia de los árboles durante el periodo de pica. No se observaron efectos adversos por el componente tecnológico “aplicación de estimulantes de la producción”, pues la presencia de agotamiento fisiológico (dryness) se presentó con menor intensidad en la PVT. Es importante realizar eventos de transferencia de tecnología permanentes para técnicos y productores sobre la correcta aplicación de la tecnología, que ayude a aumentar la adopción de la tecnología y por lo tanto el rendimiento, productividad y vida útil de las plantaciones. Se reafirma la bondad del paquete tecnológico generado y validado por el INIFAP para las regiones productoras de hule de México.





## Literatura Citada

Picón, R. L., E. Ortiz C. y J. M. Hernández C. 1997. Manual para la producción de hule en México. Manual técnico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. 98 p.

SAS Institute Inc. 2002. SAS 9.1.3. Cary, North Caroline, USA.

Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2019. Hule Hevea, productor de látex. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/hule-hevea-productor-de-latex?idiom=es> (30 de julio de 2020).



# LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE RAICES DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.

Olga Santiago Trinidad<sup>1\*</sup>, María del Carmen Pablo Mendoza<sup>1</sup>, Rolando M. Tlaxcala Méndez<sup>1</sup> y Carlos R. Monroy Rivera<sup>1</sup>

## Resumen

El medio de crecimiento es un factor que influye en el desarrollo de las plantas y sus características están estrechamente relacionadas con la arquitectura de raíz. El objetivo fue evaluar las propiedades físicas y químicas de los sustratos que intervienen en la arquitectura de la raíz y el crecimiento de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., producidas en contenedor de 1.5 L. El experimento se estableció en vivero bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos e igual número de repeticiones. A los 11 meses después de la siembra, se evaluó el crecimiento del sistema radical de las plantas en los sustratos compuestos por turba (peat moss), fibra de coco, compostas de cachaza y cascarilla de café. Mediante un análisis de correlaciones canónicas se determinó la relación entre las propiedades de las mezclas y las variables de la arquitectura de raíz. Así también, se realizó un análisis de varianza para determinar la mejor mezcla para el crecimiento de las variables evaluadas. Los resultados mostraron que la longitud de raíces adventicias, número de raíces primarias, raíces secundarias, biomasa radical, fibrosidad y densidad de raíces primarias mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los valores más altos se presentaron en las mezclas con mayor proporción (50%) de peat moss y de fibra de coco, mientras que los valores en las compostas fueron menores. En la caracterización de las mezclas, las formadas por compostas se distinguieron por presentar valores altos en conductividad eléctrica (CE), retención de humedad, densidad aparente (DA) y menor porosidad. Aquellas con mayor proporción de peat moss y fibra de coco presentaron  $\text{pH} > 6$ . En las correlaciones canónicas las variables DA, pH, CE y Porosidad de humedad, son las que mayormente están asociadas con las variables de la arquitectura de raíz.

<sup>1</sup>Investigadores, Campo Experimental El Palmar, CIRGOC-INIFAP. \*[santiago.olga@inifap.gob.mx](mailto:santiago.olga@inifap.gob.mx)



**Palabras clave:** composta, contenedores, fibra de coco, arquitectura de raíz

## Introducción

Generalmente la calidad de las plantas se determina con la medición de variables que están enfocadas al crecimiento del tallo (diámetro, altura, hojas, brotes, etc.), así como la biomasa. Sin embargo, las características del sistema radical, que influyen en la absorción de agua y nutrientes y en otros procesos ecofisiológicos relacionados con el establecimiento y crecimiento inicial de la planta, han sido poco estudiadas (Arias, 2004).

En el proceso de establecimiento las plantas requieren de un sistema de raíces funcional con la capacidad de exploración y colonización del medio de crecimiento, para abastecer adecuadamente agua y nutrientes a las mismas (Tsakaldimi, 2009). En los sistemas de producción en contenedor las raíces tienden a ser muy susceptibles tanto a las características de los sustratos como al tamaño y forma del contenedor, por lo que éstos son los principales factores que influyen sobre el crecimiento de las plantas en vivero y, en particular, en las características y estructura del sistema radical (South *et al.*, 2005).

El sistema inicial de raíces en las plantas de *Hevea brasiliensis* está formado por una raíz pivotante y raíces adventicias que aseguran el anclaje del árbol y contribuyen al suministro de agua y nutrientes que extraen desde las capas profundas del suelo, especialmente en la época de menos humedad. Las raíces laterales nacen por debajo del cuello y desarrollan abundantes pelos absorbentes que se encargan de explorar las capas superficiales del suelo donde se encuentra la materia orgánica, extendiéndose varios metros y llegan a entrelazarse con los árboles vecinos (Compagnon, 1998). Para el árbol del hule la distribución espacial del sistema radical y su interacción con el medio de crecimiento es determinante para la conformación de un cepellón que pueda ser extraído del contenedor sin problemas y en lo posible se reduzca el estrés que sufre la planta cuando es llevada y establecida en el sitio de plantación.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características físicas y químicas de diferentes mezclas de sustratos con uso potencial para la producción de planta de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en vivero y su relación con la arquitectura de raíz de las plantas producidas en contenedor.



## Materiales y Métodos

**Localización y condiciones 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, Ver., localizado en el kilómetro 16 de la carretera municipal Tezonapa-Palmar (18° 31' 13" N y 96° 47' 40" O, a 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 (INIFAP, 2015).

La semilla se colectó de las plantaciones de hule dentro del campo y se almacenó a temperatura ambiente hasta el momento de la siembra. La semilla se puso a germinar en un sustrato compuesto de cachaza y cascarilla de café (30:70) y se cubrió con malla sombra al 50% colocada a una altura de 1.5 m. En el momento que apareció la radícula, la semilla se trasplantó a los contenedores para iniciar el ensayo; se colocó una semilla por cavidad a una profundidad no mayor al tamaño de la misma y se cubrió con sustrato. Dos meses después del trasplante se aplicó fungicida Mancozeb® en dosis de 2 g/L cada semana como preventivo de *Microcyclus ulei*, y en la época de mayor humedad (junio-diciembre) se aplicó Benomil® (2 g/L), una vez por semana, como preventivo para los hongos de raíz.

Siete meses después del trasplante se injertaron las plantas; las yemas se obtuvieron de brotes de 8 semanas de edad del clon IAN-710, en el jardín clonal del campo experimental. Se seleccionaron las yemas y se homogeneizó lo más posible el proceso de injertado. A las 2 y 3 semanas después del injerto, cuando se observó el brote de la yema, se retiró el amarre (cubierta con plástico) y 2 semanas después se eliminó la parte terminal del patrón y el corte se cubrió con pintura para evitar pudriciones.

**Diseño experimental y tratamientos.** El experimento se estableció con un diseño completamente al azar constituido por cinco tratamientos (mezclas de sustratos) con cinco repeticiones cada uno. La unidad experimental estuvo constituida por 25 plantas. Las mezclas evaluadas fueron: M<sub>1</sub> (50% turba de musgo, 30% vermiculita y 20% agrolita), M<sub>2</sub> (50% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita), M<sub>3</sub> (75% cachaza y 25% cascarilla de café composteados), M<sub>4</sub> (50% cachaza y 50% cascarilla de café composteados) y M<sub>5</sub> (25% cachaza y 75% cascarilla de café composteados). La cachaza composteada se adquirió en el ingenio Motzorongo, ubicado en la comunidad con el mismo nombre. La cascarilla de café se obtuvo



de la majadora (beneficio en seco del café) ubicada en la comunidad de Cachapa, ambas comunidades se localizan en el municipio de Tezonapa, Veracruz. Los demás sustratos como el peat moss, fibra de coco, agrolita y vermiculita, se compraron en una tienda de insumos.

En cada mezcla se aplicaron 7 g/L de Osmocote®, fertilizante de liberación controlada con fórmula 9-6-12 (N-P-K) y con un periodo de liberación de 12 a 14 meses. Además, en todos los tratamientos se hicieron aplicaciones foliares de Gro-green® 20-30-10, a razón de 3 ml/L, 2 veces por semana durante 3 meses.

**Caracterización de los sustratos.** La caracterización de los sustratos se realizó en el laboratorio de física de suelos localizado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Las muestras analizadas se obtuvieron de diferentes partes del montículo de los sustratos preparados, se tomaron cinco repeticiones de 2 kg por cada mezcla preparada, en total se analizaron 25 muestras. Las propiedades físicas se determinaron de acuerdo con las metodologías propuestas por Ansorena (1994), e incluyeron: granulometría, porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), porosidad de retención de humedad (Phu), densidad aparente (Da), diámetro medio de partículas (Dm), índice de grosor de las partículas (lg). Para clasificar el agua en los sustratos, De Boodt, Verdonck y Cappaert desarrollaron la curva de liberación de agua para sustratos orgánicos y desarrollaron la nomenclatura para la clasificación (Burés, 1997) que se compone de CA: capacidad de aireación, es el porcentaje en volumen de agua que se libera a una tensión de 10 cm de columna de agua. AFD: agua fácilmente disponible, es el porcentaje de agua que se libera bajo una tensión de 10 a 50 cm de columna. AR: agua de reserva, porcentaje de agua que se libera bajo una tensión de 50 a 100 cm de columna. ADD: agua difícilmente disponible, es la que se queda retenida en el sustrato después de aplicar una tensión de 100 cm de columna de agua. EPT: espacio poroso total, es el volumen del sustrato no ocupado por partículas, está formado por la suma de CA, AFD, AR y ADD. MS: materia sólida del sustrato (De boodt *et al.*, 1974).

Las propiedades químicas se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta por Warncke (1986), las cuales fueron: MO: materia orgánica, pH: potencial de iones hidronio, C.E: conductividad eléctrica, C.I.C: capacidad de intercambio catiónico, % de cenizas, nitrógeno total, CO: carbono orgánico y Relación Carbono/Nitrógeno.

**Variables evaluadas.** A los 11 meses después del trasplante se realizó un muestreo destructivo de 4 plantas por parcela (20 plantas por tratamiento), en las que se midió la



biomasa de las raíces de primer y segundo orden. Para describir la arquitectura de la raíz se midieron y contaron las raíces adventicias y sus raíces primarias y secundarias. La raíz pivotante se dividió en dos secciones (superior e inferior) y en una muestra de 5 cm de cada sección se midieron y contaron las raíces primarias y secundarias y se extrapoló a toda la raíz. Para cuantificar la biomasa radical, se lavaron con cuidado las raíces de la planta y se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron y se metieron a la estufa de secado a 80 °C por 72 h. Pasado ese tiempo se sacaron las muestras y se obtuvo por separado el peso seco de la raíz pivotante (principal), y de las raíces primarias y secundarias incluidas las raíces adventicias. Las variables evaluadas fueron: LON: longitud de la raíz principal, DIARP: diámetro, NRAD: Número de raíces adventicias, LONRAD: longitud de las raíces adventicias, NRPRI: número de raíces primarias, LRPRI: longitud de raíces primarias, NRSPRI: número de raíces secundarias, PSR: peso seco del sistema radical, FIBR: fibrosidad que se obtuvo de la división del peso seco de las raíces secundarias/peso seco de la raíz pivotante, DENPR: densidad de raíces primarias, se obtuvo de la división del número de raíces secundarias/longitud de la raíz pivotante.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos de las variables de arquitectura de raíz, así como los de la caracterización física y química de las mezclas evaluadas, se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y en los casos en que se encontraron efectos significativos de los sustratos, se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey) con  $p < 0.05$ .

Para determinar la relación entre las variables que determinan la arquitectura de raíz (variables X) con las características físicas y químicas de los sustratos (variables Y), se realizó un análisis de correlaciones canónicas. Mediante este procedimiento se buscó la combinación lineal entre las variables:  $X (V_1 = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p)$  y otra combinación entre las variables Y ( $U_1 = a_1Y_1 + a_2Y_2 + \dots + a_qY_q$ ), de tal manera que la correlación entre las variables  $U_1$  y  $V_1$  sea la máxima. Las variables V correspondieron a las dependientes de la arquitectura de raíz (LON, DIARP, NRAD, LONRAD, NRPRI, LRPRI, NRSPRI, PSTR, FIBR y DENPR) y las variables U las variables independientes que correspondieron a las características físicas y químicas de los sustratos (MO, Ph, C.E., C.I.C., Da, PT, PA, Phu, Dm y Ig).



## Resultados y Discusión

**Propiedades físicas y químicas de las mezclas.** Los resultados de la caracterización de las mezclas de sustratos se presentan en el Cuadro 1. Los sustratos con fibra de coco ( $M_2$ ) y con 50% de compostas ( $M_3$ ) presentaron los valores extremos de la  $D_a$  y porosidad, ambas características inversamente relacionadas, ya que cuando aumenta la primera disminuye la segunda (Landis, 2014; Pastor, 1999). Con excepción de la  $M_3$ , los valores obtenidos en las demás mezclas estuvieron dentro de los rangos recomendados ( $<0.4 \text{ g/cm}^3$ ) (Abad *et al.*, 1993). En la porosidad total, las mezclas formadas por turba y fibra de coco ( $M_1$  y  $M_2$ ) presentaron valores por arriba del 90%, mientras que las compostas estuvieron entre 70 y 80% ( $M_3$ ,  $M_4$  y  $M_5$ ); todos los valores estuvieron dentro del rango recomendado para sustratos de 80 a 95% (Abad *et al.* 1993; Landis y Morgan, 2009). En la porosidad aireación los valores obtenidos en todas las mezclas estuvieron por arriba del rango recomendado para sustratos que va de 25 a 35% (Landis y Morgan, 2009). El tamaño de partícula está definido por el diámetro de la misma y el grosor óptimo va de 0.25 a 6.0 mm (Abad *et al.* 1993; Landis, 2014); los tamaños de partículas de todas las mezclas estuvieron dentro del rango óptimo. El porcentaje de índice de grosor fue menor en las mezclas 1 y 2 y mayor en las compuestas por compostas ( $M_3$ ,  $M_4$  y  $M_5$ ). El rango para esta característica fue de 48.6 a 69.2%. Los valores obtenidos en las diferentes mezclas de sustratos estuvieron dentro de los rangos recomendados por diferentes autores, lo que les da la capacidad para utilizarse en la producción de plantas.

En el Cuadro 2, se muestran los componentes de la curva de liberación de agua, las mezclas compuestas por compostas ( $M_3$ ,  $M_4$  y  $M_5$ ) presentaron menor capacidad de aireación (CA), que implica mayor porcentaje de agua difícilmente disponible, menor porosidad total, mayor materia sólida y en consecuencia menor porcentaje de agua disponible para la planta. En esas mezclas se observa que al aumentar el porcentaje de la cascarilla de café la CA disminuyó ( $M_5$ ), lo cual indica que este material tiende a retener agua no disponible para la planta cuando rebasa el 50% en la mezcla, lo mismo ocurrió cuando aumentó el porcentaje de cachaza, mientras que en la mezcla con 50% de cada sustrato los valores fueron mejor equilibrados y tuvo mayor porcentaje de agua disponible y mejoró la porosidad total. Es evidente que por las características físicas de estos materiales se deben equilibrar los porcentajes en la mezcla.



En las mezclas no composteadas (M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>) y la formada por 50% de fibra de coco presentó el mayor porcentaje de CA con la mayor porosidad total, pero menores valores de agua fácilmente disponible y agua de reserva en comparación con la mezcla de 50% de turba, lo que indica que la combinación de altos porcentajes de CA y porosidad total disminuyen el porcentaje de agua de reserva y la disponible para la planta.

**Cuadro 1. Valores promedio de las características físicas evaluadas en las mezclas de sustratos.**

Mezclas	Da (g/cm <sup>3</sup> )	PT (%)	PA (%)	Phu (%)	Dm (mm)	Ig (%)
M <sub>1</sub>	0.154	90.1	31.00	59.15	1.62	48.60
M <sub>2</sub>	0.115	91.2	46.10	44.15	1.64	50.70
M <sub>3</sub>	0.460	79.7	13.35	66.35	2.23	69.25
M <sub>4</sub>	0.391	80.9	10.98	69.93	1.85	61.95
M <sub>5</sub>	0.321	82.3	31.55	50.75	1.95	66.65

Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos. M<sub>1</sub>: 50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>2</sub>: 50% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>3</sub>: 75% cachaza y 25% cascarilla de café, M<sub>4</sub>: 50% cachaza y 50% cascarilla de café, M<sub>5</sub>: 25% cachaza y 75% cascarilla de café. Da: densidad aparente, PT: porosidad total, PA: porosidad de aireación, Phu: porosidad de humedad, Dm: diámetro medio de partículas, Ig: índice de grosor de las partículas.

**Cuadro 2. Componentes de la curva de liberación de agua de diferentes mezclas de sustratos utilizadas para la producción de plantas de *Hevea brasiliensis*.**

Sustrato	CA (% / Vol.)	AFD (% / Vol.)	AR (% / Vol.)	ADD (% / Vol.)	EPT (% / Vol.)	MS (% / Vol.)
M <sub>1</sub>	35.15 b	12.08 b	12.43 a	30.49 e	90.15 b	9.85 d
M <sub>2</sub>	46.12 a	8.75 c	4.57 d	31.76 d	91.20 a	8.80 e
M <sub>3</sub>	20.35 d	6.50 d	9.90 c	43.00 b	79.75 e	20.25 a
M <sub>4</sub>	31.89 c	12.38 a	3.79 e	32.13 c	80.19 d	19.81 b
M <sub>5</sub>	16.42 e	2.79 e	10.90 b	52.00 a	82.31 c	17.69 c

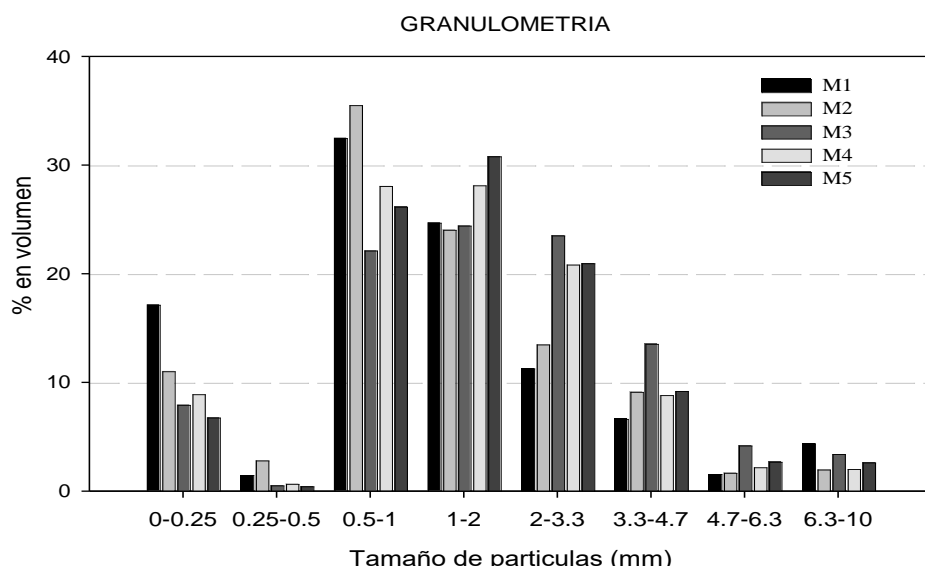
M<sub>1</sub>: 50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>2</sub>: 50% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>3</sub>: 75% cachaza y 25% cascarilla de café, M<sub>4</sub>: 50% cachaza y 50% cascarilla de café, M<sub>5</sub>: 25% cachaza y 75% cascarilla de café. ADD: agua difícilmente disponible, AFD: agua fácilmente disponible, AR: agua de reserva, CA: capacidad de aire, EPT: espacio poroso total, MS: materia sólida.

Las propiedades físicas descritas dependen en gran medida de la distribución del tamaño de las partículas (Ansorena, 1994), las mezclas a base de compostas presentaron los mayores porcentajes de partículas de mayor tamaño que van de 0.5 a 4.7 mm (Figura 1), ocasionando



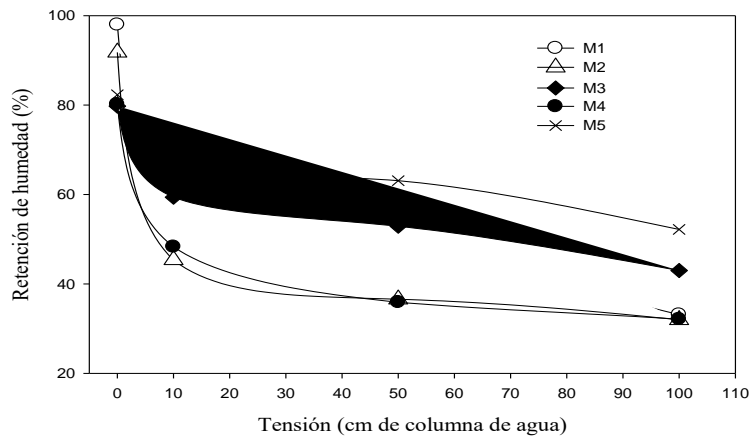


una mayor retención de humedad no disponible para las plantas y que puede traer como consecuencia la pudrición de raíces por falta de oxígeno. Aun cuando las partículas de esas mezclas fueron de mayor tamaño la baja PA indica que tienen pocos macroporos o que estos fueron cubiertos por las partículas de menor tamaño, ya que la presencia de partículas muy pequeñas disminuye la porosidad y aumenta la capacidad de retención de agua (Peñuelas y Ocaña, 1996). Generalmente los sustratos están constituidos por partículas de distintos tamaños, estas pueden variar considerablemente en función de la distribución porcentual de los tamaños de las partículas que se definen por el tamaño del rango de los tamices, por lo que, un buen medio de cultivo será una mezcla con diferentes tamaños y características de las partículas (Landis, 2014).



**Figura 1. Porcentaje en volumen de los diferentes tamaños de partícula para cada mezcla de sustrato.**

La retención de humedad se mide por el porcentaje en volumen de sustratos a diferentes tensiones. En la Figura 2, se muestra como las características físicas de cada mezcla repercute en la retención o liberación de humedad indispensable para el crecimiento de las plantas. Las mezclas 3 y 5 con los mayores porcentajes de cachaza (M3) y cascarilla de café (M5) retuvieron mayor porcentaje de humedad a una tensión de 100 cm, mientras que la mezcla 4 con 50% de ambos materiales presentó valores muy similares a los de las mezclas no composteadas (M1 y M2).



**Figura 2. Curva de retención de humedad en cinco mezclas de sustratos para la producción de plantas de *Hevea brasiliensis*.**

Las características químicas de las mezclas se muestran en el Cuadro 3, donde se puede observar que las M4 y M5 con mayor porcentaje de cascarilla de café, presentaron los valores más altos de contenido MO y que ésta se relaciona con la CIC, CO, y relación C/N, ya que cuando aumentó la MO también aumentaron los valores de esa característica, al respecto Landis *et al.* (1990) y Burés (1997) indican que la MO tiende a tener alta CIC, y el CO con la relación C/N son indicadores del grado de madurez de la MO, un nivel optimo para esta característica es mayor a 80% (Abad *et al.*, 1993). Con respecto al Nt la M3 con mayor porcentaje de cachaza (75%) presento la mayor concentración (1.12) y a medida que el porcentaje de esta disminuyó en la mezcla, bajó la concentración del Nt, por lo que el mayor aporte de Nt lo proporciona la cachaza. De manera general el contenido de Nt estuvo por abajo del límite recomendado (0-20) (Abad *et al.*, 1993). El pH está relacionado con la CIC, ya que interviene en la disponibilidad de nutrientes minerales (Landis *et al.* 1990; Burés, 1997), en las M1 y M2 los valores del pH estuvieron por arriba del recomendado para sustratos de 5.5 a 6.5 (Landis *et al.* 2009) y en consecuencia la CIC disminuyó cuando el pH aumentó. Las mezclas formadas por compostas (M3, M4 y M5), presentaron valores entre 5.6 y 5.7. Landis *et al.* (1990) indican que valores de pH bajos (4.0) pueden ocasionar problemas por enfermedades de raíz y por el contrario valores por arriba de 7.0 pueden ocasionar problemas con Fusarium. La conductividad eléctrica presentó un amplio rango, de 0.46 a 6.22 ds/m; las mezclas formadas por compostas (M3, M4 y M5), estuvieron por arriba del nivel recomendado para sustratos (<



1.0) (Abad *et al.*, 1993), lo cual indica que esas mezclas presentan un alto contenido de sales, al respecto Bunt (1988) indica que en el rango de 2.0 a 3.5 ds/m, las plantas crecen sin problemas, pero de 3.5 a 5.0 ds/m la concentración de la salinidad es elevada para la mayoría de las plantas repercutiendo en su crecimiento. Si bien las mezclas de compostas presentaron altos valores en la CE, las plantas crecieron sin problemas, toda vez que las sales se lixiviaron con los riegos ya que, de haberse acumulado en el sustrato, la respuesta de las plantas habría sido muy diferente. La mezcla 1 estuvo ligeramente por arriba (1.32) del valor recomendado y el nivel de la M<sub>2</sub> estuvo dentro del rango (0.46). En general las propiedades químicas están definidas por la composición elemental de los materiales y caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo (Pastor, 1999) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valores promedio de las características químicas de las mezclas de los sustratos.**

Sustrato	MO (%)	pH (1:1)	CE (ds-m)	CIC (meq/100g)	Nt	CO %	C/N
M <sub>1</sub>	36.90 e	6.65 a	1.32 d	59.25 b	0.68 e	21.80 e	31.46 d
M <sub>2</sub>	49.50 c	6.70 a	0.46 e	40.20 d	0.92 b	28.66 c	31.86 c
M <sub>3</sub>	44.35 d	5.67 b	6.22 a	52.10 c	1.12 a	25.43 d	22.89 e
M <sub>4</sub>	57.40 b	5.65 c	5.65 b	71.40 a	0.77 d	33.20 b	42.57 b
M <sub>5</sub>	65.95 a	5.79 b	4.14 c	70.00 a	0.81 c	38.30 a	47.30 a

M<sub>1</sub>: 50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>2</sub>: 50% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>3</sub>: 75% cachaza y 25% cascarilla de café, M<sub>4</sub>: 50% cachaza y 50% cascarilla de café, M<sub>5</sub>: 25% cachaza y 75% cascarilla de café. MO: materia orgánica, pH: potencial Hidrógeno, CE: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico, Nt: nitrógeno total, CO: carbono orgánico, C/N: relación carbono/nitrógeno.

**Arquitectura de raíz.** En el análisis de varianza realizado para las variables que forman la arquitectura de raíz se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. En las variables LONRAD, NRPRI, FIBR y DENPRI la significancia fue evidente con 0.0332, 0.0001; 0.030 y 0.0001 respectivamente, para las demás variables no se presentaron diferencias significativas. En el Cuadro 4, se presentan los resultados de la prueba de medias de las variables en los diferentes tratamientos, se puede observar que las mezclas formadas por compostas (M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> y M<sub>5</sub>) presentan menor longitud de las raíces adventicias (LONRAD), bajo número de raíces primarias y menos raíces por cm (DENPR). Las características físicas



y químicas de las mezclas repercuten de diferentes formas en el crecimiento de las plantas, las mezclas de compostas presentaron altos valores de densidad aparente que esta inversamente relacionado con la porosidad total del sustrato, por lo que la baja porosidad y la alta densidad tienen efecto sobre el crecimiento de las raíces ya que la circulación del oxígeno se ve limitada por la acumulación de humedad, compactación del sustrato y baja capacidad de aireación. Con respecto a la fibrosidad de las raíces (FIBR) que indica la abundancia de estas, las compostas presentaron mayores valores con respecto a las no composteadas (M1 y M2). Lo anterior indica que a mayor fibrosidad las plantas tienden a explorar más espacio en busca de nutrientes y humedad, adaptándose más rápido al sitio de plantación y reduciendo la mortandad, lo que se considera como la eficacia de las raíces en respuesta a su medio ambiente (Hodge, 2009).

**Cuadro 4. Valores promedio de crecimiento de las variables de arquitectura de raíz de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.**

Mezclas	Variables de la arquitectura de raíz								
	DIARP (mm)	NRAD (No.)	LONRAD (cm)	NRPRI (No.)	LRPRI (cm)	NRSPRI (No.)	PSTR (gr)	FIBR	DENPR (No./cm)
M <sub>1</sub>	12.26 a	4.70 a	10.85 a	45.55 a	9.82 a	3.94 a	6.36 a	3.91 b	1.63 a
M <sub>2</sub>	11.81 a	3.85 a	8.07 a	43.15 a	9.18 a	3.11 a	5.26 a	4.59 ab	1.52 a
M <sub>3</sub>	13.46 a	3.55 a	6.84 ab	22.45 b	8.38 a	2.88 a	4.09 a	8.68 a	0.90 b
M <sub>4</sub>	11.70 a	4.55 a	6.71 b	22.85 b	8.05 a	3.29 a	4.4 a	6.16 ab	0.85 b
M <sub>5</sub>	11.59 a	3.00 a	7.21 ab	33.55 ab	8.58 a	3.21 a	471 a	7.04 ab	1.18 ab

Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos. M<sub>1</sub>: 50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>2</sub>: 50% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita, M<sub>3</sub>: 75% cachaza y 25% cascarilla de café, M<sub>4</sub>: 50% cachaza y 50% cascarilla de café, M<sub>5</sub>: 25% cachaza y 75% cascarilla de café. LON: longitud de la raíz principal, DIARP: diámetro, NRAD: Número de raíces adventicias, LONRAD: longitud de las raíces adventicias, NRPRI: número de raíces primarias, LRPRI: longitud de raíces primarias, NRSPRI: número de raíces secundarias, PSR: peso seco del sistema radical, FIBR: fibrosidad, DENPR: densidad de raíces primarias.

Arquitectura de raíz vs sustratos. Como criterio para la interpretación se consideraron los valores iguales o superiores a 0.45, que pueden considerarse como los que relacionan mayormente las variables observadas con las variables canónicas (Sherry y Henson, 2005). Los valores indican que existe relación en diferentes porcentajes entre las variables evaluadas (Cuadro 5).



**Cuadro 5. Significancia de las variables canónicas.**

Par de variables canónicas	Correlación canónica	Correlación canónica cuadrada	Proporción	Acumulada	Pr > F
U1V1	0.959	0.920	0.490	0.490	0.602
U2V2	0.935	0.874	0.296	0.787	0.875
U3V3	0.810	0.656	0.082	0.868	0.987
U4V4	0.793	0.628	0.073	0.941	0.992

Los resultados de las correlaciones canónicas para el conjunto de variables de arquitectura de raíz y características físico químicas de los sustratos indican que existe alto grado de correlación entre las variables independientes PA, Ig, Phu, Da, MO y CE, todas son representativas de las características físicas y químicas de las mezclas en su conjunto. En las variables dependientes el PSTR, LONRAD, NRAD, DENPRI y NRPRI son las que están fuertemente relacionadas con las características físico químicas de las mezclas. Se puede observar que las características físicas tienen mayor peso que las químicas, y la de mayor peso de las físicas es la porosidad de aireación y de las químicas el contenido de MO que está relacionada con otras variables como ya se describió con anterioridad.

**Cuadro 6. Coeficientes canónicos estandarizados de las variables canónicas V y U.**

	Variables										
	FUCIÓN	LONRP	DIARP	NRAD	LONRAD	NRPRI	LRPRI	NRSPRI	PSTR	FIBR	DENPRI
U1	0.258	0.639	-4.411	-7.157	-2.135	0.538	-0.694	9.588	-0.040	2.776	
U2	0.033	-0.821	8.296	15.808	0.952	-0.932	-0.250	-19.770	-0.091	-0.241	
U3	0.226	-0.490	60.075	120.717	-1.422	-0.032	-0.029	-151.684	1.426	1.530	
U4	0.556	-0.671	21.628	42.633	-2.904	0.834	-0.855	-54.821	1.054	3.495	
	MO	pH	CE	CIC	Da	PT	PA	Phu	Dm	Ig	
V1	-1.502	0.039	-1.107	-0.076	-2.116	-0.547	-3.224	-2.672	-0.831	2.684	
V2	1.185	-1.750	2.136	-0.330	-6.318	4.430	-8.409	-4.038	2.049	-0.205	
V3	0.118	3.229	-1.874	1.139	6.049	4.442	-15.044	-11.956	-0.036	-1.963	
V4	3.366	-2.626	0.177	0.598	-0.305	-1.732	18.793	14.805	8.580	-7.472	

LONRP: longitud de la raíz principal, DIARP: diámetro, NRAD: Número de raíces adventicias, LONRAD: longitud de las raíces adventicias, NRPRI: número de raíces primarias, LRPRI: longitud de raíces primarias, NRSPRI: número de raíces secundarias, PSTR: peso seco total del sistema radical, FIBR: fibrosidad, DENPRI: densidad de raíces primarias. MO: materia orgánica, pH: potencial Hidrógeno, CE: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico, Da: densidad aparente, PT: porosidad total, PA: porosidad de aireación, Phu: porosidad de humedad, Dm: diámetro medio de partículas, Ig: índice de grosor de las partículas.



## Conclusiones

Las características físicas y químicas de los sustratos son determinantes para el desarrollo de un buen sistema radical. En la mezcla con peat moss, el pH es la característica que afecta el desarrollo de las raíces. En la mezcla con fibra de coco los bajos valores de la densidad aparente afectan la arquitectura de raíz. En las mezclas formadas con mayor porcentaje de cachaza la Da afecta las características físicas, así como la CE en las propiedades químicas que repercuten en el crecimiento de las raíces de primer y segundo orden. El uso de compostas a base de cachaza y cascarilla de café, pueden utilizarse en la producción de planta de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en contenedor, pero se deben considerar sus propiedades y mejorarlas antes de utilizarlas principalmente la CE que se puede disminuir mediante lavados previos a su utilización. Así también, la fibra de coco en lugar del peat moss es una opción para la especie en vivero, pero se debe combinar con otros materiales que mejoren su estructura. Las características físicas son las que están mayormente relacionadas con la arquitectura de raíz, principalmente la porosidad de aireación y el índice de grosor de partículas y la densidad aparente.

## Literatura Citada

- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. *In*: Cultivos sin suelo. F. Cánovas y J.R. Díaz. (eds.). Instituto de Estudios Almerienses y Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA). pp. 47-62.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 172p
- Arias, T. 2004. Arquitectura de raíces y vástagos de *Vismia baccifera* y de raíces de *Vismia macrophylla* (Clusiaceae). *Caldasia* 26(2):333-358.
- Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman. London, Great Britain. 309 p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España. 339 p.



- Compagnon, P. 1998. El caucho natural. Consejo Mexicano del hule y CIRAD. México, D.F. 710 p.
- De Boodt, M., O. Verdonck and I. Cappaert. 1974. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- Hodge, A. 2009. Root decisions. *Plant, Cell and Environment.* 32:628-640.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2015. Red nacional de estaciones meteorológicas. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>. [Consultado el 07 enero de 2020].
- Landis, T. D., D. F. Jacobs., K. M. Wilkinson., T. Luna. 2014. Growing Media. p. 101-121. *In:* Wilkinson, K. M, Landis, T. D., Haase, D. L., Daley, B. F., Dumroese, R. K. (Eds.). *Tropical Nursery Manual, a Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants.* U.S. Department of Agriculture, Forest Service. *Agriculture Handbook* 732.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1990. Containers and growing media. *The Container Tree Nursery Manual. Volumen 2. Manual USDA Forest Service, Washington.* 87 p.
- Landis, T. D. and N. Morgan. 2009. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. *In:* Dumroese, R.K., Riley, L.E. (tech. coords.) *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2008.* Proc. RMRS-P-58. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp: 26–31.
- Pastor, J. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17(3):231-235.
- Peñuelas, R. J. L. y L. Ocaña B. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 190 p.
- Sherry, A. and R. K. Henson. 2005. Conducting and interpreting canonical correlation analysis in personality research: A user-friendly primer. *Journal of personality Assessment* 84:37-48.
- South, B. D., S. W. Harris., J.P. Bennett., M. J. Hains and D. H. Gjerstad. 2005. Effect of container type and seedlings size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *For. Ecol. Manage.* 204:385–398.
- Tsakalimi, M. 2009. A comparison of root architecture and shoot morphology between naturally regenerated and container-grown seedling of *Quercus ilex*. *Plant and Soil* 324:103-113.
- Warncke, D. D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *Hort. Sci.* 21:223-225.



# ***ACUÍCOLA Y PESQUERÍA***



*Índice*  
*Clic aquí*





# POLÍTICAS PÚBLICAS PARA IMPULSAR LA PRODUCCIÓN DEL LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Alejandra Ivonne García Sánchez<sup>1\*</sup>, Alberto Asiain Hoyos<sup>1</sup> y María del Carmen Álvarez Ávila<sup>1</sup>

## Resumen

El aprovechamiento y explotación de los recursos acuáticos se remonta a épocas prehistóricas y ha persistido hasta nuestros días. La acuacultura, siendo una producción primaria, ha sido el sustento de grupos de humanos, permitiendo la domesticación de especies acuáticas, logrando cubrir la demanda creciente de alimentos sanos e inocuos de productos acuícolas producidos de manera agroecológica. Las pesquerías mexicanas de langostinos de río se basan actualmente en la explotación de cuatro especies nativas. No obstante, los esfuerzos realizados en México para la producción del langostino se han enfocado en una especie exótica, el langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*), y se remontan a los años setenta, cuando la especie fue introducida al país. Sin embargo, a pesar de ser considerada como una actividad que podría generar desarrollo económico y social, hasta la fecha no se ha podido consolidar su producción. En el presente trabajo se desarrolló un análisis documental de la producción del langostino malayo desde la llegada de los primeros ejemplares al país hasta la actualidad y las políticas públicas que coadyuvaron a su producción en México. Los resultados sugieren que a pesar de que han existido en México políticas públicas orientadas a impulsar el desarrollo de la pesca y la acuacultura, éstas no han sido suficientemente efectivas para permitir el desarrollo del cultivo del langostino malayo, pues hasta el momento no existe su pesquería y su cultivo en el país se mantiene incipiente.

**Palabras clave:** acuacultura; aprovechamiento, postlarva

<sup>1</sup> Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz Carretera Federal Xalapa-Veracruz Km. 88.5, vía Paso de Ovejas. Predio Tepetates. C.P. 91690. Veracruz de Ignacio de la Llave. [garcia.alejandra@colpos.mx](mailto:garcia.alejandra@colpos.mx).



## Introducción

El aprovechamiento y explotación de los recursos acuáticos se remonta a épocas prehistóricas y persiste hasta nuestros días (García, 2019). La acuicultura siendo una producción primaria ligada a la pesca, ha dado sustento a grupos humanos, permitiendo el desarrollo territorial en diversas áreas en el mundo.

Así como el desarrollo de la agricultura y la domesticación de animales constituyó un paso fundamental en el desarrollo de la humanidad, es de esperarse que la acuicultura haya seguido un proceso similar (Nash, 2010). Primero, el confinamiento de especies; después, el desarrollo de técnicas para su reproducción y manejo en condiciones controladas. Así lo demuestran evidencias que se remontan a más de 3,000 años antes del presente, principalmente en regiones de Asia (Rabanal y Delmendo, 1988).

La acuicultura es considerada como una estrategia para el combate del hambre. Además de crear empleos, con la demanda de insumos dinamiza el mercado interno logrando un gran impacto social y es practicada desde pequeñas unidades de traspatio, hasta las comerciales altamente tecnificadas e intensiva (Platas y Vilaboa, 2014). Actualmente, la humanidad enfrenta una demanda creciente de alimentos sanos e inocuos con la alternativa de una producción de origen agroecológico (Quispe, 2018). La acuicultura es la actividad que puede atender de manera eficaz a dicha demanda, pues es la forma de producción de proteína animal más eficiente, con una tasa de conversión alimenticia mayor que en otras más especies utilizadas con fines alimenticios.

En México, la acuicultura se encuentra en crecimiento y las características naturales que presenta el país permite que México presente un gran potencial para la producción acuícola, tanto de agua dulce como de agua salobre (Platas y Vilaboa, 2014). Además, ofrece la posibilidad de que la industria acuícola tenga un repunte y se logre un impacto mayor en los indicadores macroeconómicos del país, siendo una actividad primaria que ha contribuido a mitigar la pobreza en las áreas rurales de México, donde la subsistencia parcial o total de las familias depende de dicha actividad (García, 2010). Las pesquerías mexicanas de langostinos de río se basan actualmente en la explotación de cuatro especies, dos en la región del Golfo de México y dos en la región del Pacífico, todas ellas del género *Macrobrachium* (Cifuentes *et al.*, 1997). En el estado de Veracruz, existen tres especies de explotación comercial, dos de



ellas nativas provenientes de las pesquerías continentales y de las riberas (*M. carcinus* y *M. acanthurus*) (Lorán y Martínez, 2002) y el langostino malayo *M. rosenbergii*, especie exótica muy importante en la acuicultura mundial (Griessinger *et al.*, 1991; New, 2002). En la década de los años setenta, el langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) fue introducido al país con la idea de diversificar la oferta productiva y con ello contribuir al desarrollo económico y social. No obstante, hasta la fecha no se han visto impactos significativos, lo que obliga a cuestionar las políticas públicas asociadas a su promoción.

En años recientes, y ante un aparente desinterés de las autoridades federales cabeza de sector, el Colegio de Posgraduados - Campus Veracruz en colaboración con la asociación civil Acuacultores Veracruzanos A.C. y productores cooperantes, han generado acciones tendientes a rescatar el cultivo del langostino malayo del abandono en que se encuentra (Figura 1), y eventualmente incidir en políticas públicas que permitan su desarrollo en el país (Reta-Mendiola *et al.*, 2019).



**Figura 1. Veracruz, estado donde se lleva a cabo la producción del langostino malayo en México.**

Fuente: Elaboración propia.



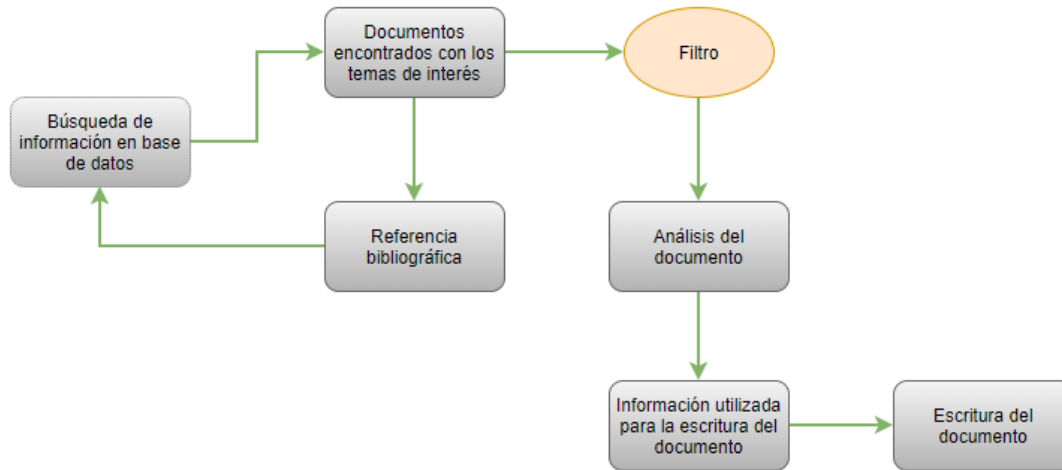
Corzo (2012) describe la política pública como “acciones de gobierno con objetivos de interés público que surgen de decisiones sustentadas en un proceso de diagnóstico y análisis de la factibilidad, para la atención efectiva de problemas públicos específicos, en donde participa la ciudadanía en la definición de problemas y soluciones”. En la estructura de nuestro país existen políticas públicas nacionales como internacionales que permiten el desarrollo económico, político, social y ambiental, con el objetivo de mejorar la calidad de vida. Podemos concluir que tanto los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas, así como el Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024, establecen políticas que propician el buen vivir de los habitantes, creando un equilibrio socioeconómico.

El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis de políticas públicas que han coadyuvado a la producción del langostino malayo, desde su llegada al país hasta nuestros días.

## **Materiales y Métodos**

La metodología del meta-análisis como herramienta para abordar el tema de estudio, implicó una síntesis cuantitativa de los estudios acumulados en los diversos documentos previamente publicados en temas de acuicultura, política pública, langostino malayo y su desarrollo en México. La revisión de la literatura se realizó con la evidencia acumulada en bibliografía tales como artículos de investigación, capítulos de libros, reportes; obtenida de bases de datos o buscadores académicos como: Conrricyt, Redalyc, Dialnet, SciELO, Academia y Science Direct.

Los documentos se revisaron en función al tema principal y secundarios, excluyendo todo aquel que no tuviese relación con los temas; se creó una base de datos con los documentos que pasaron el filtro con una revisión rápida para determinar si ingresa a la base de datos con la metodología mostrada en la Figura 2.



**Figura 2. Metodología para obtener información.**

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados y Discusión

Durante el desarrollo de la acuacultura en México en el periodo 1930 a 1970, algunas políticas públicas fueron enfocadas al aprovechamiento integral de los recursos naturales, como se observa en el documento emitido por el Banco Nacional de Crédito Ejidal en 1966. Acciones derivadas de esas políticas fueron la creación de centros acuícolas y el repoblamiento de embalses y cuerpos de agua para el desarrollo de pesquerías (Álvarez, 1999). Dicha actividad fue llamada “Piscicultura agrícola”, desarrollando además infraestructura hidráulica que fue promovida por la Comisión Nacional de Irrigación (Ibáñez y García, 2006). Además, fue aprobada la acuicultura como actividad productiva (García *et al.*, 2016).

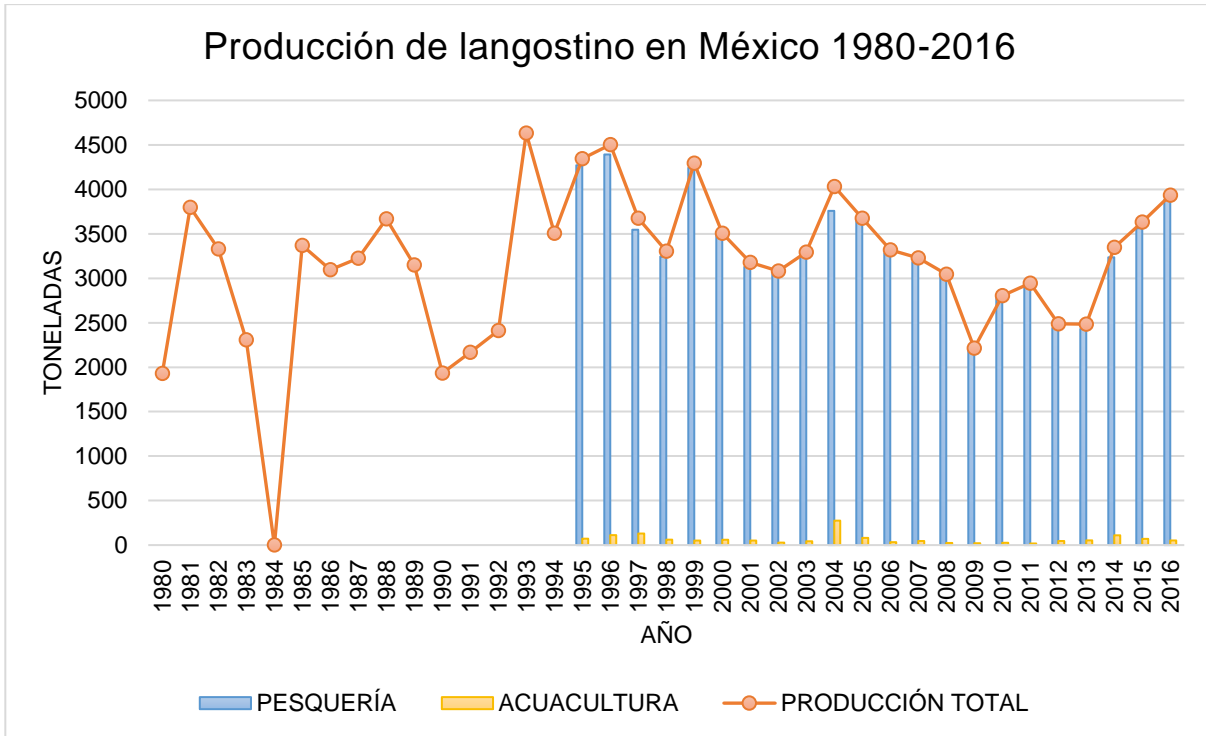
El interés por la producción del langostino malayo en México inició en la década de los años setenta y fue apoyada en 1972 por la Dirección General de Planeación y Promoción Pesqueras de la Secretaría de Industria y Comercio y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (Balbuena, 2014). En 1973 llegaron a México los primeros ejemplares de *M. rosenbergii*. En 1975, en el municipio de El Rosarito, Sinaloa, la iniciativa privada importó postlarvas con la ayuda del gobierno del presidente Luis Echeverría. Posteriormente, en 1977 por parte del Departamento de Pesca, se construyeron tres granjas en diferentes regiones del país para la producción de postlarvas mediante la técnica de agua verde: “El Real” en Veracruz,



“Chamela” en Sinaloa y “El Carrizal” en Guerrero (Asiain *et al*, 2020). En esa época, en el estado de Veracruz se creó la estación de acuicultura “Los Amates”, en donde se intentó desarrollar la producción de camarón prieto o langostino manos de carrizo (*M. acanthurus*) para impulsar su cultivo en la región (Cabrera, 1997). En 1987 se tenía registro de producción de langostino malayo en los estados de Sinaloa, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Chiapas (Río de la Loza, 1987). Existen antecedentes de una granja de los años ochenta, ubicada en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz llamada “Finca Sayula” que fue administrada por la iniciativa privada, pero cuyos resultados no fueron los esperados, teniendo complicaciones con el abasto de postlarvas, así como problemas en la limpieza de los estanques, introducción de tilapia al cultivo y el mal manejo de la producción en policultivo, por lo que al poco tiempo desapareció a pesar de tener buenas instalaciones, capital para la producción, condiciones climáticas idóneas, canales de comercialización y agua suficiente para llevar a cabo la producción (Río de la Loza, 1987). Gradualmente, todos los laboratorios del sector oficial fueron cerrando, lo que significó que la oferta de semilla (postlarvas) quedara en manos de uno o dos productores en el país.

En estado de Veracruz, durante la década de los noventa, operó en el municipio de Medellín de Bravo, la granja acuícola “La Rayana”. Durante casi dos décadas, esta granja del sector privado mantuvo la producción y oferta de postlarvas de langostino malayo a nivel regional y nacional, permitiendo la subsistencia de la especie en México.

Por otra parte, el gobierno federal emitió un documento llamado “Anuario Estadístico de la Acuicultura y la Pesca” durante los años de 1980 al 2016, en el cual se encuentra información relacionada con la producción del langostino en el país (Figura 3), reportando las cifras cosechadas por cada año. Sin embargo, la información no especifica la especie de langostino, ya que en los reportes las cifras presentadas incluyen a las especies *M. acanthurus* (acamaya), *M. tenellum* (chacal), *M. carcinus* (pigua), *M. rosenbergii* (langostino malayo) y *M. americanum* (langostino) (CONAPESCA, 2005). Dichos datos muestran una producción y consumo aparente de esta especie, pero no se tiene registro de cifras que permita verificar la magnitud de lo ofertado y lo demandado del crustáceo en el país. Además, es importante destacar que no existen datos del año 1984, por lo que la gráfica lo demuestra como 0 (cero) y los reportes del origen del langostino (pesquería o acuicultura) se reportaron a partir de 1995.



**Figura 3. Producción de langostino en México de 1980 a 2016.**

Fuente: elaboración propia con datos de los Anuarios Estadísticos de Acuicultura y Pesca de 1980 a 2016.

Desde el año 2019, en las instalaciones del Colegio de Posgraduados Campus Veracruz (municipio de Manlio Fabio Altamirano, en el estado de Veracruz-Llave en México), se consolidó un grupo interdisciplinario integrado por académicos y egresados del posgrado en Agroecosistemas Tropicales del Colegio de Posgraduados, tesis de licenciatura del Tecnológico Nacional de México Campus Huejutla, el Tecnológico de Zongolica, y la Universidad Veracruzana Campus Poza Rica -Tuxpan, que han hecho aportes significativos para el éxito de la actividad. En particular, la producción comercial de postlarvas de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) y la distribución de ellas entre productores de la región. Hasta la fecha, esta iniciativa continúa con un proceso realizado en agua clara, que inicia con el mantenimiento y cuidado de los reproductores hasta el empaque para el traslado de las postlarvas al lugar de destino. El proyecto ha tenido una gran aceptación con los acuacultores de la zona sur del país, aunque la demanda de postlarvas supera a capacidad de producción, demostrando que los acuacultores mexicanos se encuentran ávidos de nuevos proyectos acuícolas. A pesar de la demanda del mercado nacional y el interés por parte de los



acuacultores en producir esta especie, no se ha tenido el éxito esperado, por lo que en las últimas décadas el desarrollo de la actividad no ha tenido avances significativos. Esta experiencia hace visible la necesidad de la intervención del gobierno a través de políticas públicas para impulsar la producción. Los resultados obtenidos sugieren que la oferta de semilla podría detonar la producción del langostino malayo y, eventualmente, otras especies del mismo género.

Asimismo, las lecciones de esta experiencia permiten pensar en una política pública que favorezca el establecimiento de laboratorios de producción de postlarvas, estratégicamente ubicados en distintas regiones del país para abastecer la demanda insatisfecha. Dicha política pública sería congruente con las dictadas por organismos internacionales, como los Objetivos del Desarrollo Sostenible para la agenda 2015-2030 de la ONU, donde con la producción del langostino malayo se impactaría en ocho de los objetivos: erradicar la pobreza; cero hambres; igualdad de género; trabajo decente y crecimiento económico; industria, innovación e infraestructura; reducción de la desigualdad; producción y consumo responsable y alianza para realizar los objetivos. De igual manera, habría congruencia con el Decreto para el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024, pues permitiría impulsar objetivos económicos, sociales, ambientales, en donde se involucra la acuicultura como tema principal.

## **Conclusiones**

Uno de los factores determinantes que puede impulsar el desarrollo de un país, región, localidad, etc. son las ventajas naturales o en la disposición de los recursos naturales de las que se pueden tomar como principal referente en la producción o desarrollo de especies con potencial de cultivo. Dichas ventajas generan un menor costo de producción y mejoran las condiciones sanitarias del entorno de la especie. Pero eso no garantiza el éxito del emprendimiento ya que debe ir acompañado de una incorporación tecnológica y el respaldo de I+D+i además de considerar las normas regulatorias nacionales, estatales, locales y/o regionales que regulan la actividad acuícola que son otorgadas regularmente por los gobiernos.





Asimismo, se deben de considerar los aspectos socioeconómicos que prevalecen en el espacio en donde se desarrollará la producción sin dejar a un lado su entorno, considerando la cultura prevaleciente.

Actualmente, la problemática observada para el desarrollo de la actividad acuícola en México está dada por factores internos del país, como son los factores políticos, económicos, sociales y ambientales. No se tiene una normatividad en donde se establezca la diferencia de la pesca y acuicultura como actividad proveedora de alimentos, dificultando los procesos de registro y obtención de permisos para la actividad, aunado al descontrol de los apoyos sectoriales que son escasos para la acuicultura como actividad productora de alimentos en un espacio confinado.

Por otro lado, el escenario político y macroeconómico actual del país es complejo. Las medidas de austeridad en todos los ámbitos, la reducción de presupuestos de las instancias gubernamentales que pueden impulsar la creación, desarrollo o permanencia de empresas rurales, está generando incertidumbre entre los inversionistas, lo que pareciera frenar el crecimiento económico de este sector agroalimentario de México.

A pesar de la demanda del mercado nacional y el interés por parte de los acuicultores en producir esta especie, no se ha tenido el éxito esperado por la carente falta de apoyo hacia los acuicultores en los últimos años. Es urgente implementar políticas públicas eficaces en el sector acuícola que, con el apoyo de los diferentes niveles gubernamentales, permitan al sector privado y la academia hacer una buena sinergia para lograr el desarrollo de la actividad. La producción del langostino malayo (*M. rosenbergii*) en Veracruz, México permitiría impulsar diversos objetivos de las agendas internacionales y nacionales. Con una debida política pública que logre el desarrollo de la acuicultura e impulsa la actividad de la producción del langostino malayo, México podría entrar en competencia con los productores de Latinoamérica en esta especie.

Los retos para el crecimiento económico y desarrollo del país son muchos. Es necesario reformular las políticas públicas en temas eje como generación de empleos, el combate a la pobreza y la producción de alimentos de alta calidad proteica en un menor espacio con la utilización de recursos considerando el reciclaje de estos coadyuvar a la conservación de recursos y especies. En este contexto, la actividad acuícola, y el cultivo del langostino malayo



en específico, puede contribuir de forma fundamental al desarrollo de los ejes antes descritos para la propuesta de políticas públicas.

## Literatura Citada

- Álvarez, P., C. Ramírez M y A. Orbe M. 1999. Desarrollo de la acuicultura en México y perspectivas de la acuicultura rural: Taller ARPE. FAO-UCT. México. 38 p.
- Asiain, A., J.L. Reta M., A.I. García S., y J. Domínguez M. 2020. El policultivo tilapia-langostino: su desarrollo en México. *Agroproductividad* 13(11):31-36.
- Balbuena, R. 2014. Manual básico sobre procesamiento e inocuidad de productos de la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Paraguay. 70 p.
- Cabrera, G. M. 1977. Biología del cultivo de *Macrobrachium acanthurus* weigmann (1836) en el bajo Papaloapan. Instituto Politécnico Nacional. México. 148 p.
- Cifuentes, L., J. L., M. P. Torres G., y M. Frías M. 1997. IX La acuicultura y la protección de especies en peligro de extinción. p. 75-78. *In: El océano y sus recursos*. Fondo de Cultura Económica. México.
- CONAPESCA (Consejo Nacional de Acuicultura y Pesca). 2005. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. CONAPESCA-SAGARPA. México. 220 p.
- Corzo, J. F. 2013. Diseño de Políticas Públicas: Una Guía Práctica para Transformar Ideas en Proyectos Viables. IEXEI. México. 274 p.
- García, D., I. Gallego A., A. Espinoza O., A. García M., y C. M. Arriaga J. 2016. Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México. *Revista AquaTIC* (38).
- García, A. I. 2019. Factibilidad del Proyecto de Inversión del Policultivo Tilapia-Langostino a Través del Flujo de Caja Descontado. *Agroecosistemas Tropicales*. Colegio de Posgraduados. México. 69 p.
- García, M. 2010. Acuicultura rural en la Costa Sur de Jalisco: caso de estudio. *Avances en Investigación Agropecuaria* 14(2):29-42.
- Griessinger, J. M., D. Lacroix and P. Gondouin. 1991. L'élevage de la crevette tropicale d'eau douce. Ifremer. Francia. 394 p.



- Ibáñez, A., y J. García C. 2006. ¿Cuencas o entidades federativas? Los repoblamientos de peces realizados por el gobierno federal. p. 19-21. *In*: Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Querétaro, México.
- Lorán, R. y F. Martínez I. 2002. Pesquería de langostino. La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de Pesca. Universidad Veracruzana, Veracruz, México. 215 p.
- Nash, C. 2010. The history of aquaculture. John Wiley & Sons. 244 p.
- New, B. 2002. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Food & Agriculture Org. Italia 428 p.
- Platas, D. E., y J. Vilaboa A. 2014. La acuicultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios* 35:1065-1071.
- Quispe, U. 2018. Producción orgánica sostenible y su demanda en el mundo al 2030. *Kuntur*, 6(06):37-50.
- Rabanal, H. R. y M. N. Delmendo. 1988. Organization of the aquaculture industry. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-scale Coastal Fisheries Development Project. Filipinas 57 p.
- Reta, J. L., A. Asiain-H., J. Domínguez., y J. Salazar. 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(3):68-70.
- Río de la Loza, I. 1987. Estudio de Factibilidad Técnico-Económico para la Instalación de una Granja de Engorda de Langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en el Rancho Sayula, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. (Licenciada en Hidrobiología), Universidad Autónoma Metropolitana, México. 66 p.



# ACUACULTURA ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN MÉXICO

*Abimael Lagunes Domínguez<sup>1</sup>, María del Carmen Álvarez Ávila<sup>1</sup> y Alberto Asiain Hoyos<sup>1</sup>*

---

## Resumen

En México las políticas públicas se enfocan en resolver problemas sociales con el objetivo de lograr el bienestar de la población afectada. La acuacultura ha servido como un modo de obtener desarrollo económico y de lograr el bienestar social en el país, además es considerada como una excelente fuente de alimentos teniendo una tasa de conversión más eficiente que la de algunas especies pecuarias. Aunado a ello, con la acuacultura orgánica se pueden obtener alimentos saludables y libre de toxinas, esta práctica ofrece una alternativa para mejorar los ingresos económicos de los acuicultores; también son una excelente fuente de empleos y permite la creación de pequeñas, medianas y grandes empresas que se dediquen a la producción de alimentos, contribuyendo a la canasta básica del país. El objetivo del trabajo fue identificar y analizar las políticas públicas en México relacionadas con la acuacultura orgánica, así como el marco jurídico de los planes de desarrollo de los tres órdenes de gobierno. Para ello se analizaron planes de gobierno a nivel nacional, estatal y municipal, así como los principales ordenamientos jurídicos relacionados con la materia. Se encontró que la acuacultura orgánica en el país es una práctica relativamente nueva, por lo que no existen políticas públicas específicas enfocadas en esta práctica. Se concluye que la acuacultura orgánica puede incluirse dentro de todos los planes de desarrollo al ser una práctica que facilita la creación de empresas y empleos, además de ser una práctica sustentable.

**Palabras clave:** desarrollo económico, bienestar social, planes de desarrollo

---

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*[lagunes.abimael@colpos.mx](mailto:lagunes.abimael@colpos.mx)



## Introducción

Las políticas públicas son la creación de una o varias estrategias donde se involucran el gobierno y la población. Éstas tienen el objetivo de resolver problemas sociales para lograr el bienestar social a través del cumplimiento de los indicadores establecidos para lograr su objetivo (González, 2010). Por tanto, las políticas públicas tienen un ciclo de vida que consta de cinco partes: 1) diagnóstico, 2) diseño de estrategias, 3) selección y adaptación de una o varias estrategias, 4) implementación y 5) contrastación (evaluación) (Arias, 2019). El proceso que siguen las políticas públicas involucra a los actores formales e informales, en los que se encuentran: la sociedad, el gobierno, los funcionarios públicos e incluso investigadores. Además, involucra insumos financieros, técnicos y productivos; así como instituciones estatales (Arias, 2019).

En México, las políticas públicas se dan a conocer a través de los Planes de Desarrollo en sus distintos niveles de gobierno (nacional, estatal y municipal). La importancia de los Planes de Desarrollo en el país se puede observar en el Artículo 26 A., establecido el 03 de febrero de 1983 en Diario Oficial de la Federación (DOF), tuvo su última reforma el 29 de enero de 2016. El Artículo 26 A. dice: “El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación” (Cámara de Diputados, 2020).

De este modo nace el Plan Nacional de Desarrollo (PND), un documento elaborado por el gobierno de México que toma en cuenta la participación y consulta ciudadana, donde se exponen los objetivos y estrategias a seguir durante un sexenio. El PND tiene como objetivo transformar la vida pública del país para lograr un mayor bienestar para todas y todos. Los ejes sobre los que trabaja el PND son: justicia y estado de derecho, bienestar, desarrollo económico, igualdad de género, combate a la corrupción y mejora de la gestión pública, y territorio y desarrollo sostenible (Gobierno de México, 2019).

En este sentido, la acuicultura posee el potencial necesario para impulsar el desarrollo económico en el país. Esto se debe a que la producción de alimentos se ha vuelto más importante que nunca por la necesidad de lograr la seguridad alimentaria en el país. Es así como en los últimos años la acuicultura se ha convertido en una opción viable para la



producción de alimentos, esta práctica ha generado bienestar social y económico, además puede ser una excelente fuente de alimentos orgánicos saludables. Aunado a ello, se ha reportado que la acuicultura es una forma eficiente de obtener carne de alta calidad, esto se debe a que su tasa de conversión es mejor que la de algunas especies pecuarias (Platas y Vilaboa, 2014).

La producción orgánica tiene como finalidad establecer sistemas agroecológicos que no dañen al ambiente y mejoren su diversidad, que consideren el bienestar animal y produzcan alimentos saludables y de alta calidad. Como es el caso de la acuicultura orgánica, que prohíbe el uso de sustancias tóxicas que dañen al ambiente o a la salud humana. La acuicultura orgánica ofrece soluciones y beneficios a los mercados involucrados. Además, se ha considerado que la palabra orgánica en los alimentos es un detonante que influye en las elecciones de los consumidores. La principal causa por la que los consumidores optan por los productos orgánicos se debe al sabor de estos y a la seguridad que tienen de que estos productos se encontrarán libres de residuos tóxicos (Gould *et al.*, 2019).

Como se mencionó anteriormente, con base en el artículo 26 A. es como se elabora el Plan Nacional de Desarrollo (PND), el Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD) y el Plan Municipal de Desarrollo de Manlio Fabio Altamirano (PMD); por lo general los planes de desarrollo en los distintos niveles gobierno se encuentran alineados en sus ejes rectores lo cual es más evidente entre el PND y PVD, pero en algunos casos también lo es con el PMD. Dentro de estos planes de desarrollo existe un marco jurídico que puede relacionarse con la acuicultura orgánica, pero al tratarse de una actividad relativamente nueva en el país, da como resultado que no existan políticas públicas para esta actividad. Es por ello que el objetivo del presente trabajo es conocer el marco jurídico de los planes de desarrollo de los tres órdenes de gobierno para determinar si existe una política pública relacionada con la acuicultura orgánica en México.

## **Materiales y Métodos**

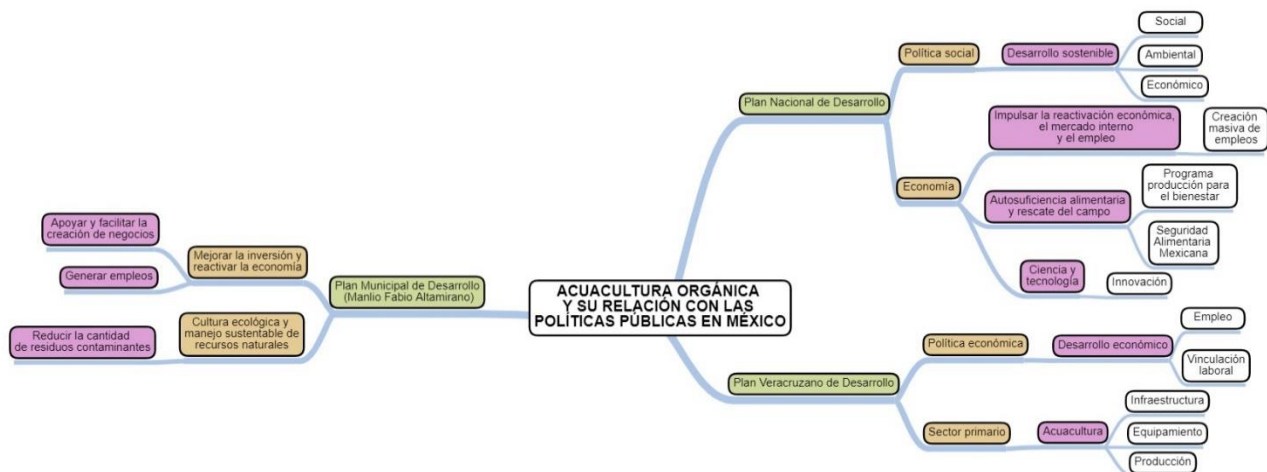
En el presente trabajo, se realizó una revisión documental a través de buscadores especializados y páginas oficiales del gobierno sobre políticas públicas y planes de desarrollo en sus diferentes niveles de gobierno. Se realizó un análisis crítico del Plan Nacional de



Desarrollo, del Plan Veracruzano de Desarrollo y del Plan Municipal de Desarrollo, y con la ayuda de la herramienta de mapa mental (Buzan, 2002), se realizó una lluvia de ideas para determinar con mayor facilidad la relación existente entre los planes de desarrollo y la acuacultura orgánica.

## Resultados y Discusión

Dentro de los planes de desarrollo existen distintos ejes rectores y con base en ellos es como se definen los objetivos, las estrategias y acciones a seguir para lograr el desarrollo y el bienestar social. Dentro de estos objetivos y estrategias existen algunos que tienen relación con la acuacultura orgánica, esta relación se encuentra principalmente en el ámbito económico y ambiental, esto puede observarse con mayor detalle en la Figura 1.



**Figura 1. Mapa mental de los planes de desarrollo.**

Los resultados obtenidos con la ayuda del mapa mental, facilitan identificar la relación existente entre los planes de desarrollo y la acuacultura orgánica, aunque dicha conexión es similar entre los distintos planes de desarrollo en sus diferentes niveles de gobierno, existen diferencias que ayudan a entrelazarlos y darle coherencia dentro de sus objetivos, estrategias y acciones, lo cual se describirá a continuación.



El PND considera dentro del apartado de política social al desarrollo sostenible, en términos: éticos, sociales, ambientales y económicos. Mientras que en el apartado de Economía se encuentran tres puntos importantes: 1) “impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo”, 2) “autosuficiencia alimentaria y rescate del campo”, y 3) “ciencia y tecnología”. Dentro del primer punto se plantea obtener un crecimiento económico a través de la generación de empleos. Mientras que en el segundo punto se considera destinar apoyos que fomenten prácticas amigables con el ambiente; además de la creación de empresas dedicadas a la producción de alimentos que contribuyan a la canasta básica, enfocándose en la población vulnerable. En el tercer punto, se fomenta la innovación en la investigación científica y tecnológica que esté en pro de la población y el desarrollo del país.

El PVD considera dentro de su apartado de política económica al desarrollo económico, punto que se relaciona con lo establecido en los apartados mencionados del PND, dentro del desarrollo económico se considera a la capacitación laboral como una estrategia para crear y formar habilidades que sirvan principalmente en el sector productivo, con el objetivo de beneficiar a las empresas y trabajadores incrementando sus ingresos económicos. En el apartado del sector primario se considerará a la acuicultura como un modo de lograr distintos tipos de desarrollo, principalmente económicos y tecnológicos.

El PMD considera dentro de sus objetivos mejorar la inversión con la ayuda de la reactivación económica a través de la generación de empleos, apoyándose con empresas; es por ello que en sus estrategias contempla el impulso a la creación de empresas que aporten al desarrollo económico y ayudar a la generación de nuevos empleos en el municipio. Otro de los objetivos del PMD es el de promover la cultura ecológica y el manejo sustentable de los recursos ambientales, donde una de sus estrategias es la disminución de la contaminación.

La relación que existe entre los planes de desarrollo en sus tres niveles de gobierno y la acuicultura orgánica se encuentra dentro de la política social y la política económica. Además, tiene relación el desarrollo económico y el cuidado del medio ambiente, esto se debe a que la acuicultura orgánica se basa en sistemas agroecológicos que no dañan al ambiente, que consideran el bienestar animal y la producción de alimentos sanos. Los sistemas de acuicultura orgánica tienen la facilidad de convertirse en pequeñas, medianas y grandes empresas, mejorando la calidad de vida de los acuicultores siendo una fuente de ingresos para





los mismos y una fuente de empleos en las cuales se puede brindar capacitación y asesoría técnica.

Las políticas públicas dentro del PND se encuentran descritas en los apartados: 1) política y gobierno, 2) política social, y 3) economía, en los cuales la acuacultura orgánica puede impactar en el desarrollo económico y social. En el primer apartado, las políticas públicas “Migración: soluciones de raíz” y “la libertad e igualdad” impactan al desarrollo económico y social a corto y mediano plazo con el desarrollo regional, la creación de empleos, y el fomento a la igualdad, ofreciendo las mismas oportunidades para todas y todos sin ninguna discriminación; el impacto a largo plazo de estas acciones será proporcionar a las personas los medios para acceder a la educación y a la salud; y a su vez se reducirá la movilidad social (migración) por falta de empleos seguros. En el segundo apartado se encuentra “construir un país con bienestar” que impactará en corto y mediano plazo a la generación de empleos, lo cual se espera que mejore los ingresos y por tanto la calidad de vida de la población. En el tercer apartado, la acuacultura orgánica impacta en el desarrollo económico y social dentro de las políticas públicas de “detonar el crecimiento”, e “impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo”. Esto se debe a que la creación de las granjas acuícolas serán fuentes de empleos que beneficiaran a todos los involucrados de la cadena productiva, impulsando la economía del país, lo cual beneficiará al mercado interno.

Para el caso del PVD en el apartado política económica la acuacultura orgánica a través de las políticas públicas “desarrollo económico” y “sector primario” aportará, en corto y mediano plazo, a la formación de personas para el sector productivo, esto permitirá a las personas involucradas estar calificadas y actualizadas en la producción orgánica, beneficiando tanto a las granjas acuícolas como a los trabajadores en el mejoramiento de sus ingresos; además tomará en cuenta la igualdad de género, el cuidado con el ambiente y el desarrollo del sector primario. Mientras que a largo plazo se estima el incremento de la actividad acuícola en el estado.

Mientras que en el apartado “estrategias para el desarrollo” del PMD, contempla dentro de sus objetivos atraer empresas y reactivar la economía, la acuacultura orgánica es una opción factible para la creación de nuevas empresas que pueden aportar al desarrollo económico y la generación de empleos dentro del municipio.



## Conclusiones

1. Dentro de los planes de desarrollo no existen políticas enfocadas en la acuacultura orgánica.
2. La acuacultura comprende políticas sociales, de desarrollo humano (éticas), ambientales y económicas por ser una práctica sostenible.
3. Con la acuacultura orgánica se puede apoyar a la reactivación económica del país generando nuevos empleos a través de la creación de pequeñas, medianas y grandes granjas acuícolas. Además, de permitir la capacitación de los trabajadores en pro de ellos mismo y las empresas, lo que propicia la innovación científica y tecnológica.
4. A pesar del potencial de la acuacultura (orgánica y tradicional), no existen apoyos económicos para los acuicultores, sino que solo se menciona la capacidad de esta práctica para lograr el desarrollo económico y tecnológico.
5. La acuacultura orgánica puede incluirse dentro de todos los planes de desarrollo al ser una práctica que facilita la creación de empresas y empleos, además de ser una práctica sustentable.
6. El impacto a corto y mediano plazo de la acuacultura orgánica con las políticas públicas actuales se refleja en la creación de granjas acuícolas/empresas, en la generación de empleos, en la reactivación económica a nivel nacional, estatal y municipal, y en el fomento a la igualdad de género y a la no discriminación.
7. El impacto a largo plazo se refleja en el bienestar social, con el incremento de ingresos económicos los cuales darán una vida digna a los dueños de las granjas y a los empleados, en la disminución de la migración, y en el incremento de la actividad acuícola.

## Literatura Citada

- Arias. R. 2019. El “ciclo de las políticas” en la enseñanza de las políticas públicas. Opera 25: 1-21.
- Cámara de Diputados. 2020. Artículo 26 constitucional. Iniciativas de reforma presentadas en las LXII, LXIII y LXIV Legislaturas de la Cámara de Diputados. <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/spi/SAPI-ISS-44-20.pdf> [consultado el 15 de julio de 2021].



- Buzan T. 2002. Cómo crear mapas mentales. Ediciones Urano. Madrid, España. 126 p.
- González T. M. 2010. El estudio de las políticas públicas: un acercamiento a la disciplina. 118 p.
- Gould, D., A. Compagnoni, and G. Lembo. 2019. Organic aquaculture: principles, standards and certification. Organic Aquaculture 22 p.
- Gobierno de México. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024. [https://www.planeandojuntos.gob.mx/es/planeando\\_juntos/preguntas\\_frecuentes#:~:text=El%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20busca%20establecer%20y%20orientar%20todo,de%20las%20y%20los%20mexicanos](https://www.planeandojuntos.gob.mx/es/planeando_juntos/preguntas_frecuentes#:~:text=El%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20busca%20establecer%20y%20orientar%20todo,de%20las%20y%20los%20mexicanos) [consultado el 15 de julio de 2021].
- 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.



# ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS CON EL BIENESTAR ANIMAL EN LA ACUACULTURA INTERNACIONAL

*José Axel Solano Aguilera<sup>1</sup>, María del Carmen Álvarez Ávila<sup>1</sup> y Alberto Asiain Hoyos<sup>1</sup>*

---

## Resumen

A nivel internacional existen políticas públicas para el bienestar animal en la acuicultura que se remontan en su mayoría a la unión europea. Estas políticas son elaboradas para que exista un trato correcto y responsable hacia los organismos utilizados en los sistemas de producción. La sociedad muchas veces piensa que los peces u otras especies son insensibles hacia el estrés o incluso al dolor por ser poco inteligentes o menos desarrolladas. Sin embargo, la Unión Europea (U.E.) considera a los peces como organismos sensibles, por lo tanto, el implementar continuamente políticas públicas resultará en un trato pertinente de estos individuos en los sistemas acuícolas. Lo anterior deriva en una buena producción, incluso de un aumento de la misma y por supuesto un producto de excelente calidad. En los últimos tiempos el bienestar animal es un tema que ha adquirido un mayor interés social, puesto que la difusión de materiales audiovisuales ha incrementado la sensibilización hacia los animales de granja y de acuicultura. Es por eso que en el presente trabajo se pretende hacer un análisis de la situación actual de las políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura internacional mediante una revisión de literatura de manera electrónica con el uso de diferentes buscadores académicos que brindan información y a su vez nos dan un panorama general sobre el bienestar animal sobre la acuicultura internacional. Como resultado tenemos las organizaciones más representativas europeas que han revelado tener más normatividad y políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura y que de manera continua generan nuevas políticas conforme la situación lo permita. A manera de conclusión se puede decir que la sociedad mexicana necesita empatizar más con el trato a los animales

---

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \* [solano.axel@colpos.mx](mailto:solano.axel@colpos.mx)



destinados a producción y el establecimiento de políticas públicas relacionadas con este tema a nivel nacional.

**Palabras clave:** bienestar, producción acuícola, sector primario

## Introducción

Las políticas públicas son un conjunto de normativas que están encaminadas a cumplir objetivos que propone un gobierno para solucionar una problemática que en determinado momento el público considera prioritario. En este caso se enfatiza la propuesta de los gobiernos para crear políticas públicas en pro del bienestar animal, esto hace referencia a los efectos que diferentes situaciones y ambientes tienen sobre los animales, es decir, a la cuantificación del efecto sobre el animal en términos fisiológicos, comportamentales y de salud. Sin embargo, dichos efectos no pueden ser tratados solamente en la línea del bienestar o malestar físico, sino que la reflexión debe involucrar los aspectos mentales y de naturalidad, es decir, involucrando indicadores biológicos que incluyen reproducción y producción, sentimientos, estados emocionales positivos y negativos y la naturalidad, es decir la satisfacción de su naturaleza (rasgos genéticos) (Quintero *et al.*, 2019). Esto ha reflejado una creciente preocupación y evidencia científica sobre la capacidad de los animales para sufrir y cómo pueden beneficiarse respecto a la forma en que son tratados mediante la creación de políticas públicas, que aseguren un bienestar y que sea interpretado como el bajo o nulo nivel de estrés del animal, en condiciones de producción, transporte o sacrificio (Silva, 2017). El bienestar animal como una ciencia formal tiene sus inicios en el Reino Unido con el reporte Brambell en el año de 1965; este informe es considerado como la investigación más influyente sobre bienestar de animales de granja en condiciones intensivas de producción en el siglo XX y ha incidido directamente sobre las políticas públicas y legislación para proteger a los animales sujetos a sistemas de producción (Ruáles, 2014). En la actualidad el bienestar animal es un asunto de suma importancia, que se debe considerar en cualquier sistema que albergue especies tanto terrestres, voladoras o acuícolas (Córdova *et al.*, 2019). En los últimos años se les ha puesto mayor atención a los organismos utilizados en piscifactoría ya que surgen



inquietudes sobre el trato a dichos organismos. En respuesta a esto la industria acuícola está tomando medidas para garantizar el bienestar de los productos acuícolas mediante el establecimiento de códigos y prácticas. Ejemplo de ello es la Federación Europea de Productores de Acuicultura. Hace falta profundizar más dicho temas por las autoridades gubernamentales internacionales, puesto que se integran normativas que hacen respetar las consideraciones de bienestar animal generando así principios rectores para una acuicultura responsable a nivel global. La incipiente actividad al respecto puede mermar información al respecto, derivando así en una falta de creación de políticas públicas relacionadas a esta área (Barreto *et al.*, 2021). Aprovechando los conocimientos científicos y técnicos sobre biología, fisiología, comportamiento animal, etc. con la ciencia del bienestar animal, se promueve mediante una continua mejora de las prácticas de aprovechamiento de los animales, de manera menos dolorosa, con menos maltrato, con de manera “humanitaria” (Leyton, 2015). Por lo antes citado, el objetivo del presente trabajo es analizar la situación actual de las políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura internacional.

## **Materiales y Métodos**

Para la elaboración de este documento se realizó una revisión de literatura exhaustiva mediante medios electrónicos que proporcionaron información respecto a políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura en un entorno global. La información fue obtenida a través de la utilización de buscadores académicos: Google Académico, Redalyc.org, Scielo y Dialnet a nivel internacional y nacional.

## **Resultados y Discusión**

A nivel internacional existen varias organizaciones que han propuesto políticas públicas destinadas a tratar los temas de bienestar animal y las actividades que se relacionan con la misma. En el Cuadro 1 se recopilaron algunas de las organizaciones más representativas que tratan en el bienestar animal a nivel mundial.



**Cuadro 1. Situación actual de las políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura internacional.**

Situación actual de las políticas públicas relacionadas con el bienestar animal en la acuicultura internacional.		
Organizaciones y Tratados	Políticas y Legislaciones	¿Que contemplan?
Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2011.	Propone directrices técnicas para la certificación en acuicultura.	Inocuidad alimentaria. Prevención de propagación a través del comercio internacional. Bienestar de los peces de cultivo de manera responsable y prudente.
Comunidad Andina de Naciones (CAN) 2014.	Creación de un plan subregional de desarrollo de bienestar animal.	Directrices y normas armonizadas que se puedan implementar según las condiciones de los Países Miembros a fin de facilitar el comercio y la movilización de animales y sus productos a nivel nacional, subregional y con terceros países.
Comisión de Bienestar Animal de la Unión Europea 2007.	Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE). Art. 13	La UE reconoce a los animales como seres sensibles y se compromete a sí misma y a sus estados miembros a tener plenamente en cuenta su bienestar al formular y aplicar las políticas de la unión en determinadas áreas clave, como agricultura o pesca.
Política pesquera común (PPC) 2017.	Conjunto de normas cuya finalidad es gestionar las flotas europeas y conservar las poblaciones de peces.	Conservación de recursos acuáticos vivos. Capacidad pesquera. Acuicultura. Relaciones internacionales. Bienestar animal.
Comisión Asesora Europea de Pesca Continental y Acuicultura (EIFAAC) 2019.	Promoción del desarrollo sostenible a largo plazo, la utilización, la conservación, la restauración y la gestión responsable de la pesca continental y la acuicultura en Europa.	Proporciona asesoramiento, información y coordinación en relación con la pesca y acuicultura. Trabaja en conjunto con la FAO exigiendo las directrices técnicas para la pesca y acuicultura responsable y el bienestar animal.
Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) 2021-2025.	La OIE ofrece normas para la mejora de la sanidad de los animales acuáticos en toda la tierra. Dichas normas se rigen por el Código Acuático.	Detección precoz de agentes patógenos. Prevención de propagación a través del comercio internacional. Bienestar de los peces de cultivo de manera responsable y prudente.



## Hallazgos en México

La Ley Federal de Sanidad Animal de 2007 contiene una serie de disposiciones relativas al bienestar de los animales de granja (sin incluir los animales acuáticos). El propósito principal de la Ley es diagnosticar, prevenir y controlar enfermedades en los animales (Cámara de diputados, 2018).

Se tiene un registro de aprovechamiento de animales acuáticos, principalmente de agua dulce, desde el siglo pasado. A partir de la década de los cincuenta se comienza el desarrollo formal con la creación de cultivos de carácter experimental (INAES, 2018). Existe un marco jurídico normativo para el desarrollo de la acuicultura en el que se mencionan temas de sanidad e inocuidad de los productos acuícolas. No obstante, en cuanto al bienestar específico de los organismos ha habido un enfoque mínimo lo cual resulta en un sesgo en la información lo que propicia un concepto erróneo de carencia de sensibilidad e inteligencia en especies acuícolas (Arechavala-Lopez y Saraiva, 2019).

## Conclusiones

A nivel mundial, principalmente en Europa, existen políticas públicas enfocadas al bienestar animal, mismas que deben tener un seguimiento constante en las actividades acuícolas y pesqueras. Las organizaciones que tienen pertinencia en el tema buscan reformar sus políticas de acuerdo a la información y a la investigación que va surgiendo con el tiempo y que tiene estrecha relación con el tema. Es posible a nivel nacional formular políticas públicas vinculadas al bienestar animal en la acuicultura, ya que en otros países se realizan constantemente como demanda de la población, además de conceder aspectos positivos en cuanto al producto en los ámbitos de consumo, como por ejemplo la calidad de la carne.

En México el poco trato sobre bienestar animal en general es evidente, y esto se debe a la falta de educación sobre el tema, si como sociedad no existe una sensibilidad entre nosotros mismos que esperamos de un bienestar para organismos destinados a la seguridad alimentaria, es por esto que se requiere la generación de políticas públicas en relación con el bienestar animal en la acuicultura a nivel nacional ya que, parte de la rentabilidad económica de los sistemas de cultivo acuícolas dependen de la calidad del producto, el cual se relaciona





directamente con la inocuidad y el trato correcto sobre la condición física y ambiental de los organismos destinados a la producción de alimentos de origen acuático. Además, es importante resaltar que la acuicultura es una actividad que produce un porcentaje alto de alimento y es necesario tener pertinencia en este ámbito ya que, por ser un tema de seguridad alimentaria, nos compete como sociedad y es importante mantenerse informados sobre el cuidado y el trato que se les da a los organismos destinados a solventar las necesidades alimentarias de la población.

Los avances científicos y tecnológicos pueden ayudar también a generar políticas y a mantener al tanto a la sociedad para implementar mejoras y sobretodo ayudar a la disminución del estrés animal en las cadenas de producción acuícola.

### Literatura Citada

- Arechavala-Lopez, P. y J. Saraiva. 2019. Welfare of Cultured and Experimental Fishes. MDPI-Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Barreto, M. O., S. Rey P., Y. Yang, C. Phillips and K. Descovich. 2021. Emerging indicators of fish welfare in aquaculture. Rev Aquac. 00:1-19.
- Córdova, I., A., C. G. Ruiz L., J. A. Saltijeral O., V. Xolalpa C., S. Cortés S., M. Mendez M. *et al.* 2009. Importancia del bienestar animal en las unidades de producción animal en México. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 10(12):-
- INAES (Instituto Nacional de Economía Social). 2018. Acuicultura historia y actualidad. <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es>
- Cámara de Diputados. 2018. Ley Federal de Sanidad Animal. Diario Oficial de la Federación. última reforma 16 de febrero del 2018 [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFSA\\_160218.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFSA_160218.pdf)
- Leyton, F. 2015. Bioética frente a los derechos animales: tensión en las fronteras de la filosofía moral.
- Quintero, O., S., O. D. Vergara P., y M. A. Quintero M. 2019. Creación de observatorio de política pública de protección y bienestar animal del municipio de Pereira.



Silva, K. 2017. Bienestar animal en acuicultura, una herramienta de ganancia productiva. Mundo Acuícola 112:6-8.

Ruáles, C. A. D. 2014. Bienestar en peces y aspectos reglamentarios en Colombia para la explotación de especies ícticas con fines experimentales y comerciales. Revista Lasallista de Investigación 11(1):169-180.



# ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA DE LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN VERACRUZ

Karla Teresa González Figueroa<sup>1\*</sup>, María del Carmen Álvarez Ávila<sup>1</sup> y Alberto Asiain Hoyos<sup>1</sup>

---

## Resumen

Las políticas públicas buscan la resolución de problemas de carácter público, con la participación de diversos actores. En este sentido, estas políticas se plasman en los planes de desarrollo en los diferentes niveles de gobierno. Los sistemas-producto, al incorporar a los actores de las cadenas productivas, contribuyen a garantizar la seguridad alimentaria, el combate a la pobreza y la integración de estas cadenas. El desarrollo de la acuicultura de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) en Veracruz no ha tenido los resultados esperados a pesar de contar con las condiciones climáticas y geográficas para la explotación de esta especie. Por lo tanto, el objetivo de este ensayo fue analizar las políticas públicas para la producción acuícola de langostino malayo en el estado de Veracruz. Para ello se analizaron los planes de desarrollo (nacional, estatal y municipal) y los programas sectoriales de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Se observó que las políticas existentes no son específicas para la producción de langostino malayo. Sin embargo, a partir de los ejes rectores y los objetivos que fijan, se puede impulsar su desarrollo hacia la seguridad alimentaria y el combate a la pobreza, tomando como base los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 20-30. Para detonar esta actividad a nivel estatal y nacional, se hace necesario involucrar a otros sectores que apoyen a la transferencia de tecnología y capacitación de técnicos y productores.

**Palabras clave:** economía, planes de desarrollo, cadena productiva

---

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*[karla.gonzalez@colpos.mx](mailto:karla.gonzalez@colpos.mx)



## Introducción

Las políticas públicas son el resultado de una red de decisiones tomadas por numerosos y diversos actores en un intrincado proceso de construcción y mediación social entre el Estado y los diferentes actores de la sociedad (Salazar, 2012). Por lo tanto, se puede considerar que las políticas públicas son el conjunto de iniciativas, decisiones y acciones del régimen político, que solucionen las situaciones socialmente problemáticas, que se presentan.

Estas políticas públicas se establecen por medio de los Planes de Desarrollo, en los diferentes niveles de gobierno, mismos que constituyen un requisito de los gobernantes en turno para plasmar los objetivos, que emanan de un diagnóstico previo de la realidad para solucionar problemáticas de índole pública. En este contexto, los sistema-producto juegan un papel importante en todo el país para contribuir a la seguridad alimentaria, combate a la pobreza y a mejorar el desarrollo al integrar las cadenas productivas (DOF, 2001). Asimismo, la aplicación de políticas públicas con enfoque integral contribuirá a fortalecer estos sistemas.

A nivel mundial, el sector acuícola genera empleo y es una fuente alimenticia. Además, este sector impulsa el desarrollo de comunidades pobres alrededor del mundo (SADER, 2019).

El langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) es originario de Malasia y fue introducido a México en el año 1973, en específico a Veracruz en el año 1978. Sin embargo, no ha mostrado los resultados esperados (INAPESCA, 2012). Actualmente, su producción está limitada por falta de laboratorios de producción de postlarvas, ya que existen solamente dos en el estado, lo cual representa un obstáculo para el desarrollo de toda la cadena, teniendo que ser solventada con langostino de importación proveniente de la India y mediante la sobre-explotación de especies nativas.

Lo anterior implica la necesidad de impulsar una mayor productividad considerando que se cuenta con las condiciones climáticas y geográficas adecuadas para esta actividad, lo que fomentaría el desarrollo económico del estado de Veracruz. El objetivo de este ensayo fue analizar las políticas públicas para la producción acuícola de langostino malayo en el estado de Veracruz.

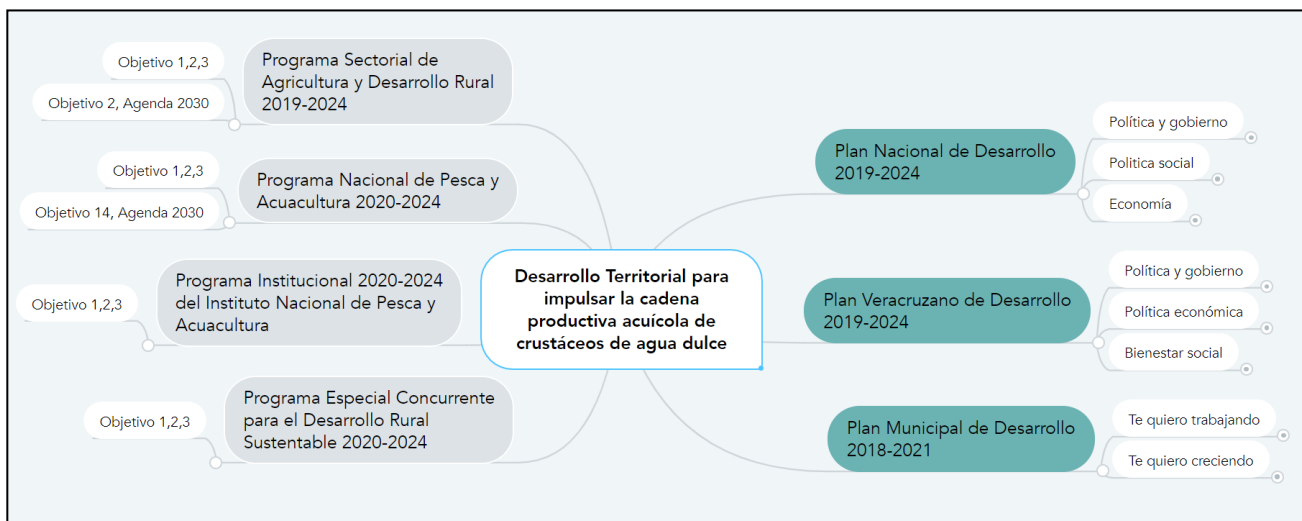


## Materiales y Métodos

Para la realización de este ensayo se analizaron documentos de políticas públicas relacionadas con el desarrollo acuícola plasmados en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND), Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD) 2019-2024 y Plan Municipal de Desarrollo de Veracruz (PMDV) 2018-2021, así como los programas sectoriales de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Se utilizó la herramienta de mapa mental (Buzan, 2008) para visualizar de forma gráfica estas relaciones. Los resultados se discutieron en el contexto de la investigación que promueve el desarrollo territorial para impulsar la cadena productiva acuícola de crustáceos de agua dulce.

## Resultados y Discusión

Las políticas públicas que se identificaron y relacionaron con el impulso de la cadena productiva acuícola de crustáceos de agua dulce se sintetizan en la Figura 1.



**Figura 1. Mapa mental de las políticas públicas relacionadas con el “Desarrollo territorial para impulsar la cadena productiva acuícola de crustáceos de agua dulce”.**



## Planes de desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (Gobierno de México, 2019) se conforma de tres ejes rectores que son: 1. Política y gobierno; 2. Política social; y 3. Economía, los cuales contribuyen en fortalecer la producción de langostino malayo. En cuanto al primer eje rector, toma en consideración la política exterior en específico el tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC) (Ríos-Ruiz, 2019), ya que al tener políticas que favorezcan la exportación entre países vecinos, se pueden aumentar los ingresos del estado, esto también favorecerá las cadenas de producción, ya que disminuirá la importación de las especies de *M. rosenbergii*. Dentro de este mismo eje se encuentra inmerso el tema de migración, ya que es de suma importancia la generación de empleos a los actores sociales de la cadena productiva. Al existir oportunidades laborales, se mitiga el efecto de la migración. Además, se debe procurar la libertad e igualdad, lo que fomentará la inclusión sin distinción de religión, raza o preferencia sexual. El segundo eje se aboca a construir un país con bienestar. En este sentido, al contar con mayores oportunidades de empleo, y diversificar el cultivo acuícola, los productores mejorarán sus ingresos y con esto la calidad de vida, tanto de ellos como de sus familias. Otro tema que contempla este eje es el desarrollo sostenible, mediante el uso eficiente de los recursos en el presente, sin comprometer a las generaciones futuras (Gómez-Gil, 2018). En este aspecto es importante desarrollar acuicultura sustentable, con mínimo recambio de agua, con sistemas eficientes e innovación para cuidar los recursos naturales en específico el recurso hídrico. El tercer y último eje rector, se enfoca en detonar el crecimiento, en este sentido el proyecto es importante para la región ya que contempla el crecimiento de la cadena productiva de langostino malayo, esto generará empleos, y contribuirá a completar la cadena productiva de este crustáceo. Asimismo, menciona la relevancia de la ciencia y tecnología para contribuir a la seguridad alimentaria y a la unión entre academia y sectores productivos.

El Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024 (Gobierno del estado de Veracruz, 2019), se constituye de cuatro ejes generales, en los cuales solamente tres de ellos pueden aportar a la producción de langostino que son: política y gobierno, política económica y bienestar social. Con respecto al primero, se tomarán en cuenta el respeto a los derechos humanos. El segundo eje comprende las políticas públicas para el desarrollo económico y de una política agropecuaria para contribuir a la seguridad alimentaria. El tercer eje comprende el desarrollo sostenible. Este plan hace énfasis en las problemáticas vinculadas a la contaminación de los



ecosistemas donde se realiza la acuicultura, así como la falta de apoyos técnicos, financieros y organización. Asimismo, menciona la urgente generación de esquemas para elevar la producción y productividad acuícola, asignando valor agregado a los diversos productos. El plan enfatiza la importancia de administrar las actividades de pesca y acuicultura y expedir las autorizaciones correspondientes para fomentar su desarrollo, mediante convenios que aseguren el cumplimiento de la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (DOF, 2001), pues hasta la fecha no existe un reglamento para esta Ley, por lo cual desde hace 14 años se utiliza el Reglamento de la derogada Ley de Pesca.

El Plan Municipal de Desarrollo de Veracruz 2018-2021 (H. Ayuntamiento de Veracruz, 2018) contempla cinco ejes rectores en los cuales dos tienen influencia para el tema que son: “te quiero trabajando”, y “te quiero creciendo”. El primero se enfoca en promover el crecimiento económico, comercial e industrial. Y el segundo en contribuir al desarrollo humano sustentable a través de la cobertura y desarrollo de los derechos sociales de cada individuo.

Es importante resaltar que estos dos últimos planes, el estatal y municipal, consideran los objetivos de la Agenda 20-30, para el desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, en comparación con el Plan Nacional que menciona solamente el desarrollo sostenible y lo abarca desde el aspecto del bienestar social, asimismo los programas sectoriales también contemplan la Agenda 20-30.

### **Programas sectoriales**

El Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2019-2024 (SADER, 2019) es un programa derivado del PND, derivado del artículo 4º Constitucional, que contribuye a garantizar el derecho a una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, así como contribuir al objetivo de Desarrollo Sostenible 2 de la Agenda 20-30. Los objetivos de este programa son: 1) lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción y la productividad agropecuaria y acuícola pesquera, 2) contribuir al bienestar de la población rural mediante la inclusión de los productores históricamente excluidos de las actividades productivas rurales y costeras, aprovechando el potencial de los territorios y los mercados locales y 3) incrementar las prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola pesquero frente a los riesgos agroclimáticos. Además, menciona la importancia de las instituciones educativas como el Colegio de Postgraduados, para impulsar una coordinación efectiva entre productores



y las distintas entidades académicas y de investigación del sector, esto para contribuir en las estrategias del objetivo 1 y 3.

Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024 (SADER, 2020). Este programa establece tres objetivos estratégicos con metas claras dirigidas al crecimiento de la producción pesquera y acuícola para contribuir a la seguridad alimentaria; al incremento de la rentabilidad de los pequeños pescadores y acuicultores para generar condiciones de bienestar para ellos y sus familias; y a la transición hacia un sector sustentable para garantizar el aprovechamiento de los recursos en el presente y el futuro. Asimismo, menciona que las nuevas políticas públicas en materia de pesca y acuicultura considerarán el enfoque territorial basado en el grado de desarrollo de dichos sectores y de la diferenciación del tipo de población que se encuentra relacionada.

El Programa Institucional 2020-2024 del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (SADER, 2020b), emana del PND, con base en el el objetivo tres del Plan sectorial de La SADER. Asimismo, coadyuva en el objetivo 14 de la Agenda 20-30, que es: conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. Los objetivos prioritarios de este programa son 1. Aumentar el conocimiento científico y tecnológico para el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, 2. Incrementar la transferencia de tecnología acuícola y pesquera priorizando las regiones de menor desarrollo y comunidades indígenas, bajo los principios de igualdad entre mujeres y hombres y 3. Mejorar el desempeño operativo del INAPESCA bajo los principios de eficacia, eficiencia y transparencia.

Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2020-2024 (SADER, 2020a), este programa emana del PND como los planes anteriormente expuestos. Los objetivos que propone son: 1) aumentar la producción de alimentos y de productos forestales en las localidades rurales, 2) impulsar medidas que favorezcan el ingreso de la población que vive en zonas rurales de México a través de la diversificación de actividades productivas que promuevan el desarrollo nacional y 3) contribuir a la disminución de los índices de pobreza de las comunidades rurales.

Estos programas coinciden en cierta medida con el PND, ya que se derivan de este mismo, sin embargo, dependiendo de que institución elabore el programa son los objetivos que establecen. Coinciden en ellos la importancia de la seguridad alimentaria, el combate a la





pobreza, la igualdad de género, el apoyo a las comunidades rurales, el impulso a los productores en pequeña escala y el uso sustentable de los recursos.

## Conclusiones

1. No existen políticas específicas para la producción de langostino malayo. Las políticas vigentes sirven de apoyo y pueden contribuir. Sin embargo, hace falta el involucramiento de otros sectores en cuestiones de acuacultura, así como de transferencia de tecnología y capacitación.
2. Faltan políticas en materia de acuacultura que apoyen a los productores en pequeña escala, así como la integración de organismos e instituciones para su regulación y fomento.
3. Los planes analizados no mencionan estrategias para detonar la actividad acuícola, solo realizan un diagnóstico de ésta.
4. Los programas hacen énfasis en la importancia de aumentar la productividad acuícola y en explotar las potencialidades del territorio. Sin embargo, falta especificar políticas públicas por cada región para atender estas problemáticas.
5. El Plan Municipal de Desarrollo sigue vigente hasta finalizar el año 2021. Se espera que el plan que abarque el siguiente periodo de gobierno, sea relevante en fomentar apoyo a la actividad acuícola y se encuentre en sintonía con los otros planes de desarrollo vigentes.

## Literatura Citada

Buzan, T. 2008. Mapas Mentales: Herramienta para potenciar nuestra creatividad.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/582236/Ley\\_de\\_Developmento\\_Rural\\_Sustentable.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/582236/Ley_de_Developmento_Rural_Sustentable.pdf)

Gobierno de México. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/plan-nacional-de-desarrollo-gobierno-de-mexico-2019-2024>



Gobierno del estado de Veracruz. 2019. Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024.

Gómez-Gil, C. 2018. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 140:107-118. [https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista\\_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf)

H. Ayuntamiento de Veracruz. 2018. Plan Municipal de Desarrollo Veracruz 2018-2021. <http://decide.veracruzmunipio.gob.mx/uploads/decidim/attachment/file/118/PMD.pdf>

INAPESCA (Instituto Nacional de Pesca). 2012. Acuicultura langostino malayo. Instituto Nacional de Pesca. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308107/02langostino\\_malayo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308107/02langostino_malayo.pdf)

Ríos-Ruiz, A. de los A. 2019. Diferencias entre el TLCAN y el TMEC y sus posibles impactos para México. Perfiles de las Ciencias Sociales, 7(13). <https://revistas.ujat.mx/index.php/perfiles/article/view/3388/2526>

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2019. Acuicultura, producción y conservación de organismos acuáticos. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-produccion-y-conservacion-de-organismos-acuaticos>

SADER (Secretaría de agricultura y desarrollo Rural). 2019. Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616555/PROGRAMA\\_SECTORIAL\\_2020\\_2024baja.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616555/PROGRAMA_SECTORIAL_2020_2024baja.pdf)

SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020. Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020a. Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2020-2024. Diario Oficial de La Federación. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609192&fecha=30/12/2020](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609192&fecha=30/12/2020)

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020b. Programa Institucional 2020-2024 del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616123/Programa\\_Institucional\\_2020-2024\\_del\\_Instituto\\_Nacional\\_de\\_Pesca\\_y\\_Acuicultura\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616123/Programa_Institucional_2020-2024_del_Instituto_Nacional_de_Pesca_y_Acuicultura_.pdf)

Salazar, C. 2012. La definición de política pública. Bien Común 18:47-52.



# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL MEDIA DEL FERTILIZANTE ULTRASOL (K<sup>+</sup>) Y SU EFECTO CELULAR Y HUMORAL DEL CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei*

Edgar Gabriel Hernández Mendoza<sup>1</sup>, Rafael López Santillan<sup>2</sup>, Luis Manuel Birrueta Flores<sup>2</sup>, Juan Carlos Bautista Covarrubias<sup>2\*</sup>, José Armando López Sánchez<sup>3</sup>, Juan Pablo González Hermoso<sup>3</sup> y Elifonso Isiordia Pérez<sup>3</sup>

---

## Resumen

Los fertilizantes comerciales se aplican al agua utilizada para el cultivo de camarón, ya sea para aumentar la población de microalgas y para elevar la concentración de K<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup> requerido para la regeneración del exoesqueleto. En el presente trabajo se utilizó el fertilizante comercial ultrasol® para evaluar el efecto sobre postlarvas y juveniles de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en agua de baja salinidad. La CL<sub>50-96</sub> horas determinada para postlarvas fue de 569.60 mg/L, mientras que a las dos concentraciones mayores (925.8 y 1296.1 mg/L) la mortalidad fue del 100%. En camarones juveniles expuestos al 15%, 35%, 50% y 70% de la CL<sub>50-96h</sub> obtenida, el mayor tiempo de coagulación fue de 110.80±34.49 segundos, a pesar del valor, no se determinaron diferencias estadísticas respecto a los valores de los camarones de los diferentes tratamientos del fertilizante. La concentración de hemocianina se incrementó conforme mayor fue el porcentaje del fertilizante, el mayor valor promedio fue de 3.33±0.34 mmol/L, el cual fue estadísticamente diferente (<0.05) a los valores promedio de hemocianina de camarones del grupo control. Los valores menores de hemocitos estuvieron presentes en camarones de los tratamientos 50% y 70% del fertilizante, el valor más bajo fue de 0.55±0.31 x 10<sup>6</sup> células m/L en el tiempo de 48 horas de exposición. Finalmente, el fertilizante ultrasol® representó toxicidad para postlarvas y juveniles, además disminuye el número total de hemocitos, lo que pudiera ocasionar que el mecanismo de defensa celular del camarón se vea alterado.

---

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias UAN

<sup>2</sup> Laboratorio de Indicadores Biológicos de Estrés Ambiental ENIP-UAN \* juanb@uan.edu.mx

<sup>3</sup> Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera-UAN



**Palabras clave:** camarón, fertilizante, potasio, tóxico

## Introducción

En México, los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit son los que aportan mayor producción de camarón (*Litopenaeus vannamei*) con el cultivo tradicional. La producción de camarón en Nayarit se posiciona en tercer lugar, con un incremento del 117% de la producción de camarón del 2008 al 2017 (CONAPESCA, 2017). El 96% de granjas de camarón de Sinaloa utilizan fertilizantes, de las cuales 10 granjas utilizan fertilizante orgánico y 21 granjas utilizan fertilizante inorgánico (Lyle-Fritch *et al.*, 2006). En granjas de camarón de Nayarit también se emplea fertilizantes, los cuales pueden llegar a ser tóxicos si se sobrepasa la capacidad de la respuesta de biotransformación y eliminación de las especies acuáticas. Los fertilizantes son sustancias naturales o sintéticas que se aplican al agua utilizada en el cultivo de camarón, ya sea para aumentar la población de micro algas, elevar la concentración de iones ( $K^+$  y  $Mg^{2+}$ ) requerido para la regeneración de exoesqueleto (Roy y Davis, 2010; Aruna y Felix, 2017) y de forma indirecta, se puede mejorar los niveles de oxígeno (Rojas *et al.*, 2005).

El cultivo de *L. vannamei* en agua a baja salinidad es una alternativa de engorda y venta de este organismo de importancia comercial ya que tolera de 0.5 a 45 unidades prácticas de salinidad (ups). Actualmente se lleva a cabo el cultivo a baja salinidad de camarón en diferentes regiones del país de México, debido principalmente a la lejanía para la toma de agua marina o salobre requerida para el cultivo, además debido también a la problemática que se presentan en los cultivos de camarones en agua salobre y que es principalmente la mortalidad ocasionada por presencia de microorganismos patógenos. El cultivo es considerado una actividad productiva que va en aumento en muchas regiones del mundo (Boyd *et al.*, 2002; Atwood *et al.*, 2003; Jaime-Ceballos *et al.*, 2012).

La incorporación de iones  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , entre otros, debe ser necesario para crustáceos decápodos cultivados en agua de baja salinidad, ya que la composición iónica del medio acuático puede ser deficiente, con esto puede que se logre buen crecimiento del camarón en agua de baja salinidad (Jahan *et al.*, 2018). Sin embargo, la aplicación continua de fertilizantes incrementa los costos de producción y pueden llegar a producir desequilibrios en la calidad de agua del



estanque, como también en el medio natural cuando son liberadas las aguas de los estanques, e inclusive pueden ser tóxicas para los organismos acuáticos en general.

Los fertilizantes pueden llegar a ser tóxicos, ya que se ha demostrado que el  $K^+$  causó mayor mortalidad que  $Mg^{2+}$  en el camarón *Americamysis bahia* (Pillard *et al.*, 2002). Los crustáceos son considerados organismos sensibles y una elevada concentración de fertilizantes les puede ocasionar efectos tóxicos que pueden afectar la supervivencia y ocasionar efectos o diferentes respuestas en ellos aún a concentraciones subletales. Por lo anterior, en el presente trabajo se determinó la concentración letal media ( $CL_{50-96}$  horas) del fertilizante comercial ultrasol® (potasio) sobre postlarvas (PL13) de *L. vannamei* y en un segundo experimento se evaluaron las respuestas humoral y celular de juveniles de camarón expuestos a concentraciones subletales del fertilizante.

## **Materiales y Métodos**

Para los experimentos se utilizaron postlarvas (PL13) de camarón blanco (*L. vannamei*), las cuales fueron donadas por el laboratorio de producción Acuicultura Integral, S.A. DE C.V. y camarones juveniles de la granja camaronera “Los Sauces” localizada en el municipio de San Blas, Nayarit México.

El experimento 1, fue estático a 96 horas de exposición, el total de las postlarvas permanecieron en aclimatación en 10 ups por un período de tres días y fueron alimentadas con alimento comercial (Api camarón S.A de C.V.). Posteriormente, 10 postlarvas tomadas al azar fueron colocadas por triplicado en recipientes de tres litros de capacidad, en total se utilizaron 15 recipientes. Las condiciones de la concentración promedio de oxígeno fue  $7.85 \pm 0.48$  mg/L, promedio de pH  $7.55 \pm 0.10$  y la temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . A partir de un experimento preliminar se determinaron las siguientes concentraciones en mililitros del fertilizante ultrasol® (10, 15, 25 y 35 ml correspondiente a 3.6, 555.5, 925.8 y 1296.1 mg/L) y un grupo control por triplicado. Una vez aplicado el fertilizante y al término de 96 h se registraron los porcentajes de supervivencia en cada tratamiento. Finalmente, los resultados fueron procesados mediante el procedimiento de la NOM-074-ECOL-1994 para determinar la concentración letal media a 96 horas ( $CL_{50-96}$  h).



El experimento 2 fue realizado con dos fuentes de variación (tiempo y diferente concentración del fertilizante) por duplicado. Se utilizaron cuatro porcentajes subletales (0,15, 35, 50 y 70%) a partir de la  $CL_{50-96}$  h determinada en el experimento 1. En cada acuario de cristal fueron colocados al azar 16 camarones juveniles ( $11.27 \pm 0.89$  y  $8.69 \pm 1.78$ , talla y peso promedio) los que en total fueron 80 los utilizados en el experimento. Se aplicó el porcentaje correspondiente de cada fertilizante y en diferentes tiempos de exposición (0, 6, 48 y 96 horas) se tomaron muestras de hemolinfa con una jeringa para insulina de 1 mL que se insertó en la base del primer segmento abdominal entre los pereiópodos. Se extrajo una muestra de 200  $\mu$ L de hemolinfa, fue colocada en un trozo de papel parafilm sobre una cama de hielo a 4°C. El tiempo de coagulación de la hemolinfa (20  $\mu$ L) fue cuantificado con la ayuda de un microtubo capilar para hematocrito de 1.55 mm de diámetro (Marca BrandSD) (Jussila *et al.*, 2001). La cuantificación de hemocianina (Hc) presente en la hemolinfa (sin anticoagulante), se llevó a cabo con la metodología de Pascual *et al.* (2006), en 10  $\mu$ L por duplicado, las lecturas de absorbancia fueron realizadas en un espectrofotómetro UV-VIS (GENESYS) a una longitud de onda de 335 nm. El resto de la hemolinfa fue vertida en un microtubo eppendorf (capacidad 2 mL) en el cual fue mezclado con un volumen igual de anticoagulante (27 mM citrato trisódico, 385 mM cloruro de sodio, 115 mM glucosa, pH 6.6) (Huang *et al.*, 2010), de esta muestra fue extraída una submuestra de 50  $\mu$ L, la cual fue fijada con igual volumen de formalina (formalina al 37%, 0.45 M de NaCl) para la realización del recuento total de hemocitos. El conteo total de hemocitos (CTH) fue realizado con un microscopio óptico; sólo 17  $\mu$ L de hemolinfa mezclada con formalina fueron utilizados (Costa *et al.*, 2009). Los conteos de cada muestra de hemolinfa fueron realizados en una cámara Neubauer a 400X, ubicando el número total de células en los cuatro cuadrantes de las esquinas y un cuadrante adicional seleccionado al azar para cada caso (Arredondo y Voltolina, 2007).

## Resultados y Discusión

### Experimento 1 (postlarvas)

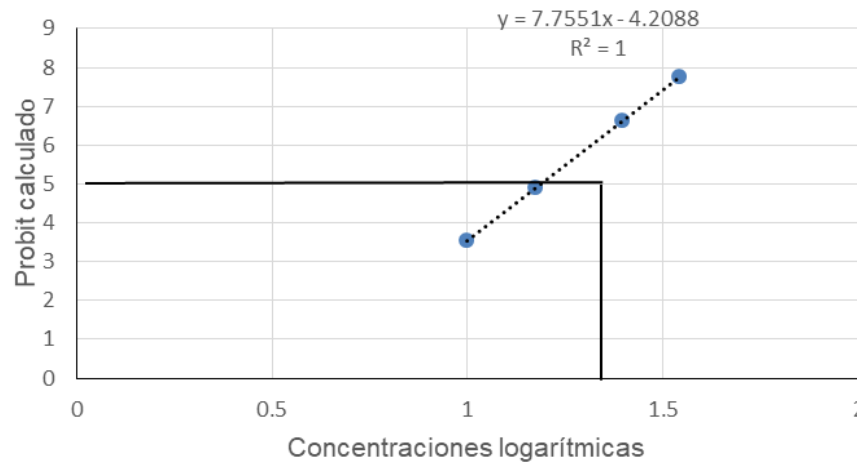
El Cuadro 1 muestra el registro de mortalidades observadas de postlarvas (PL13) expuestas al fertilizante a base de potasio, además del procedimiento para obtener la concentración letal



media (CL<sub>50</sub>-96h) y el correspondiente error patrón de acuerdo con la NOM-074-ECOL-1994. El total de organismos muertos se presentaron en las concentraciones de 25 y 35 mL de potasio. Algunos autores mencionan que al incrementar las concentraciones de fertilizantes a base de K<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup> se tiene un impacto positivo sobre la supervivencia y el crecimiento de las postlarvas durante la aclimatación (Saoud *et al.*, 2003; Davis *et al.*, 2005). Sin embargo, mencionamos en este trabajo que el fertilizante puede ser tóxico y ocasionar mortalidad en postlarvas de *L. vannamei* (PL13).

**Cuadro 1. Registro de mortalidad de postlarvas en el experimento de exposición de diferentes concentraciones del fertilizante ultrasol® y respectivos valores Probit y valores Empíricos.**

Concentración mL.	Log 10 Conc. (x)	No. de organismos expuestos (N)	Mortalidad observada. (r)	Mortalidad % (P)	Probit Empírico (EP)	Probit Calculado (CP)
35	1.544	30	30	100.000	7.330	7.765
25	1.397	30	30	100.000	7.330	6.625
15	1.176	30	11	36.666	4.670	4.911
10	1.000	30	2	6.666	3.520	3.546



**Figura 1. Representación gráfica del método Probit para obtener la CL<sub>50</sub> de fertilizante ultrasol®, valor de Log<sub>10</sub> en X.**

$$x = \frac{Y + 4.2088}{7.7551}$$

Por lo tanto, se obtuvo el siguiente resultado:



$x=1.187$

Valor de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>).

CL<sub>50</sub>= antilogaritmo 1.187

CL<sub>50-96h</sub> = 15.381 mL fertilizante ultrasol®

El valor de 15.381 representa la concentración teórica del fertilizante (K<sup>+</sup>), a la cual se detecta el 50% de mortalidad en las postlarvas expuestas.

El Cuadro 2 nos muestra el procedimiento para calcular el error patrón y lograr establecer el intervalo de confianza para el valor de la CL<sub>50-96</sub> horas obtenida para postlarvas PL13.

**Cuadro 2. Cálculo del error patrón log CL<sub>50</sub>**

Log Conc (X)	No. de organismos (N)	Probit calculado (CP)	Factor ponderado (W)	Producto (NW)	Producto (NWX)	Producto (NWX*X)
1.544	30	7.765	0.031	0.930	1.436	2.217
1.397	30	6.625	0.238	7.140	9.975	13.934
1.167	30	4.911	0.630	18.900	22.226	26.138
1.000	30	3.546	0.269	8.070	8.070	8.070
				Σ=35.040	Σ=41.707	Σ=50.359

La siguiente fórmula representa la determinación del error patrón de la CL<sub>50</sub>

$$SE_{Log10 LC50} = \left[ S^2 \left( \frac{1}{\sum NW} + \frac{\sum NW (m - z)^2}{\sum NW (\sum NWX * X) - (\sum NWX)^2} \right) \right]^{0.5}$$

S= Rango de incremento del Log<sub>10</sub> de la concentración (X) por unidad de incremento en el Probit Empírico (EP) y tiene la siguiente relación:

$$S = \frac{X_2 - X_1}{CP_2 - CP_1}$$

X<sub>1</sub> y X<sub>2</sub>, son los valores más bajos y más altos respectivamente obtenidos a partir de la concentración en Log<sub>10</sub> (X).

CP<sub>1</sub> y CP<sub>2</sub>, son los valores más bajos y más altos respectivamente obtenidos a partir del Probit calculado (CP).

Z= Es el valor que se obtiene de dividir los siguientes productos





$$Z = \frac{NWX}{NW}$$

Finalmente

$$SE_{\text{Log10 LC50}} = 1.013$$

El intervalo de confianza de la  $CL_{50}$  está dado por la siguiente relación:

$$IC = (SE \text{ Log } CL_{50}) (\text{Ln } 10)$$

Ln= Logaritmo natural

Al sustituir:

$$IC \text{ } CL_{50} = (1.013) (2.3025)$$

$$IC \text{ } CL_{50} = 2.332$$

$$CL_{50-96h} = 15.381 \pm 2.332$$

La  $CL_{50-96}$  horas de fertilizante ultrasol® se encuentra en el siguiente intervalo de confianza 13.049 mL. <  $CL_{50-96h}$  > 17.713 mL.

Al convertir el intervalo de mL a mg/L

$$\text{Tenemos } 483.24 \text{ mg/L} < CL_{50-96h}: 569.60 \text{ mg/L} > 655.97 \text{ mg/L}$$

La  $CL_{50-96h}$  determinada en este trabajo, representa una concentración alta, comparada con otras sustancias químicas, como ejemplo el DDT se requiere de 36.00 ng/L para ocasionar mortalidad en el 50% de postlarvas de camarón *L. vannamei* en un tiempo de 96 horas de exposición (Castro-Castro *et al.*, 2005). El endosulfán es un plaguicida y acaricida organoclorado que se requiere 199.00 ng/L para ocasionar mortalidad a *Metapenaeus monoceros* (Suryavanshi *et al.*, 2009). Por otro lado, para juveniles de *L. vannamei* expuestos al plaguicida organofosforado malatión, se determinó que la  $CL_{50-96h}$  fue de 0.078 mg/L (Bautista, 1996). El diquat es un herbicida utilizado para controlar la presencia de la maleza o mala hierba en lagos y ríos, igual que las sustancias anteriores, se ha evaluado su efecto sobre el crustáceo *Caridina niloaca*, el reporte indica que a 2 h de exposición a concentración  $>2.134 \times 10^8$  ng/L resulta tóxico para la especie utilizada (Kevan y Pearson, 1993). En lo que respecta al uso de fertilizantes existe poca información sobre qué tan tóxico puede llegar a ser para camarón en etapa postlarva, pero aquí demostramos que el fertilizante ultrasol® es tóxico a una concentración mayor a lo reportado para otras sustancias químicas.



## Experimento 2 (juveniles)

Los tiempos de coagulación de la hemolinfa de camarón expuesto al fertilizante a base de potasio ( $K^+$ ), se muestran en el siguiente Cuadro 3. El valor promedio mínimo fue de  $67.80 \pm 38.17$  segundos y el máximo correspondió a  $110.80 \pm 34.49$  segundos, el primer valor promedio se presentó en camarones del grupo control, mientras que el valor máximo estuvo presente en camarones del tratamiento 70% en el tiempo de 6 horas posterior a la aplicación. Sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico realizado (ANOVA dos vías), no fue posible determinar diferencias significativas entre tratamientos, tiempo y en la interacción de las dos variables.

**Cuadro 3. Tiempo promedio (segundos  $\pm$  desviación estándar) de coagulación de la hemolinfa de camarones (en 10 ups) expuestos 96 horas a cuatro porcentajes del fertilizante ultrasol®.**

Tiempo (h)	Experimento 2				
	Control	15%	35%	50%	70%
0	$80.70 \pm 5.55a$	$82.00 \pm 3.01a$	$82.95 \pm 4.02a$	$84.00 \pm 3.73a$	$83.55 \pm 4.36a$
6	$67.80 \pm 38.17a$	$75.75 \pm 38.16a$	$88.35 \pm 26.29a$	$69.00 \pm 1.69a$	$110.80 \pm 34.49a$
48	$72.45 \pm 3.83a$	$77.55 \pm 8.50a$	$79.80 \pm 2.54a$	$78.00 \pm 0.0a$	*
96	$80.25 \pm 36.58a$	$80.25 \pm 8.53a$	$69.30 \pm 4.66^*a$	$86.10 \pm 2.96a$	Nm

T0= tiempo sin aplicación del fertilizante. \* 8 camarones muertos, letras comunes representan no diferencias estadísticas. Nm= no muestra.

La rápida coagulación de la hemolinfa en crustáceos representa un mecanismo de defensa esencial (Söderhäll y Cerenius, 1992). Por lo tanto, un incremento en el tiempo de coagulación puede considerarse como una respuesta al estrés ocasionado (Jussila *et al.*, 2001). De acuerdo con Lightner y Redman (1988) señalan que el tiempo de coagulación de la hemolinfa de camarones que presentan buen estado de salud, oscila entre los 40 segundos, mientras que, en camarones utilizados en este trabajo, el tiempo de coagulación de la hemolinfa fue mayor de 40 segundos, pero no fue afectada la coagulación por los diferentes porcentajes del fertilizante. La concentración de hemocianina en la hemolinfa de camarones expuestos a ultrasol® presentó un incremento significativo a partir de las 6 horas de exposición. La tendencia de incremento fue dosis dependiente (Cuadro 4). El valor promedio mayor de hemocianina fue  $3.33 \pm 0.34$  mmol/L en la hemolinfa de camarones expuestos al 50% del fertilizante en el tiempo de 96 horas de exposición. La hemocianina de los crustáceos es



considerada una proteína respiratoria multifuncional y esencial en el mecanismo de defensa de artrópodos y moluscos (Kaiyu *et al.*, 2008). Se ha reportado cambios en la concentración de hemocianina que han sido relacionados con el efecto del factor estresante de manejo inicial y final (Mercier *et al.*, 2009), lo cual coincide con el presente trabajo con *L. vannamei* por la exposición al fertilizante.

**Cuadro 4. Concentración promedio ( $\pm$  desviación estándar) de hemocianina ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) de camarones (en 10 ups) expuestos 96 horas a cuatro porcentajes del fertilizante ultrasol®.**

Tiempo (h)	Experimento 2				
	Control	15%	35%	50%	70%
0	2.17 $\pm$ 0.26a	2.56 $\pm$ 0.26a	2.55 $\pm$ 0.43a	2.46 $\pm$ 0.21a	2.42 $\pm$ 0.31a
6	2.44 $\pm$ 0.65a	2.58 $\pm$ 0.27ab	2.98 $\pm$ 0.33bc	3.16 $\pm$ 0.37c	3.08 $\pm$ 0.37c
48	2.46 $\pm$ 0.08A	2.58 $\pm$ 0.14A	2.73 $\pm$ 0.16AB	3.11 $\pm$ 0.05B	Nm
96	2.71 $\pm$ 0.78A	2.84 $\pm$ 0.25A	3.00 $\pm$ 0.04AB	3.33 $\pm$ 0.34B	Nm

Letra minúscula comparación solo 0 h con 6h. Letra mayúscula comparación solo 48 h con 96h.

El número de total de hemocitos disminuyó en camarones de los diferentes tratamientos del fertilizante con respecto a camarones del grupo control. Debido a los eventos de mortalidad y de no haber obtenido muestra, el análisis estadístico fue realizado por separado (ANOVA una vía y ANOVA dos vías). El valor promedio menor de hemocitos fue de  $0.55\pm 0.31 \times 10^6$  células m/L registrado en camarones expuestos al 50% del fertilizante, el cual fue significativamente diferente al número de hemocitos presentes en camarones de los tratamientos de 15 y 35% del fertilizante y a los contabilizados en camarones del grupo control en el tiempo de exposición de 48 horas (Cuadro 5). En el tiempo de exposición de 96 horas fue registrado el segundo valor promedio más bajo de hemocitos ( $1.95\pm 0.88 \times 10^6$  células m/L) en camarones expuestos al 15% y su valor fue estadísticamente diferente ( $p=0.05$ ) a los valores promedio presentados en camarones de los tratamientos con 35 y 50% y a los valores promedio de hemocitos de camarones del grupo control. La variación en el número de hemocitos puede ser debido al tipo y a la concentración de la sustancia química utilizada, al tiempo de exposición y a la especie de organismo utilizada (Yeh *et al.*, 2004). En los camarones utilizados en este estudio fue observado una disminución de hemocitos con respecto a los camarones del grupo control, así mismo ha sido observado disminución de hemocitos debido al efecto ocasionado por la



presencia de metales (Bautista-Covarrubias *et al.*, 2014; Wei y Yang, 2016), además de la disminución de hemocitos por la presencia del virus síndrome de la mancha blanca (WSSV) (Abad-Rosales *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018).

**Cuadro 5. Valores promedio ( $\pm$  desviación estándar) del total de hemocitos ( $10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) de camarones expuestos a cuatro porcentajes del fertilizante ultrasol®.**

Tiempo (h)	Experimento 2				
	Control	15%	35%	50%	70%
0	4.04 $\pm$ 1.63a	4.11 $\pm$ 3.53a	Nm	2.40 $\pm$ 1.95a	3.56 $\pm$ 2.78a
6	5.20 $\pm$ 5.40BC	4.91 $\pm$ 2.87BC	5.16 $\pm$ 7.84BC	2.72 $\pm$ 2.54ABC	5.86 $\pm$ 5.95C
48	7.35 $\pm$ 6.09C	5.90 $\pm$ 2.93BC	4.46 $\pm$ 2.46BC	0.55 $\pm$ 0.31A	3.06 $\pm$ 0.78AB
96	4.01 $\pm$ 2.20b	1.95 $\pm$ 0.88a	5.30 $\pm$ 0.83c	2.67 $\pm$ 0.54b	Nm

Tiempo 0, ANOVA de una vía ( $p = 0.100$ ). Tiempo 6 y 48h ANOVA de dos vías y Holm-Sidak ( $p = 0.05$ ). Tiempo 96 h ANOVA una vía y Holm-Sidak ( $p=0.05$ ).

## Conclusiones

1. Actualmente el cultivo de camarón se lleva a cabo con agua de baja salinidad, y se ha obtenido buenos rendimientos, debido principalmente a la experiencia en el cultivo y a la tecnología empleada. El uso de los fertilizantes es recomendado para obtener buen crecimiento de los organismos de cultivo. Sin embargo, puede llegar a ser tóxico, como se muestra en este trabajo realizado. Conocer la concentración letal media es de importancia ya que los productores de camarón deben de conocer antes de aplicar al agua y no ocasionar un efecto de mortalidad en los organismos. Además, se demostró que los fertilizantes aún en concentraciones subletales ocasionan un efecto sobre la respuesta celular y por consecuencia los camarones puedan ser más susceptibles a microorganismos patógenos.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó con recurso proveniente del impuesto especial destinado a la UAN-2018 y con recurso de Proyecto PRODEP: F-PRODEP-38/Rev-04 SEP-23-005.



## Literatura Citada

- Abad-Rosales, S.M., M.G. Frías-Espericueta, O.G. Romero-Bernal, R. Lozano-Olvera, S.A. García-Gasca, L. Montoya-Rodríguez *et al.* 2018. White spot syndrome virus (WSSV) infection and immunity responses in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to sublethal levels of metals. *Aquaculture Research* 50(3):758-764.
- Aruna, S. and S. Felix. 2017. The effect of ionic concentration of low saline waters on growth characteristics of *Penaeus vannamei*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 5(3):73-76.
- Arredondo-Vega, B. O. y D. Voltolina. 2007. Concentración, recuento celular y tasa de crecimiento. p. 17-25. *In:* B.O. Arredondo-Vega, D. Voltolina, (Ed). "Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México.
- Atwood, H. L., S. P. Young, J. R. Tomaso and C. L. Browdy. 2003. Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low salinity and mixed-salt environments. *Journal of the World Aquaculture Society* 34(4):518-523.
- Bautista-Covarrubias, J. C. 1996. Estudio preliminar de la toxicidad aguda del malatión sobre camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México. 51 p.
- Bautista-Covarrubias, J. C., G. J. Velarde-Montes, D. Voltolina, L. M. García-de la Parra, M. F. Soto-Jiménez and M. G. Frías-Espericueta. 2014. Humoral and haemocytic responses of *Litopenaeus vannamei* to Cd exposure. *The Scientific World Journal*: 1-6.
- Boyd, C.E., T. Thunjai y M. Boonyaratpalin. 2002. Sales disueltas en agua de cultivo de camarón en tierras continentales y baja salinidad. *Boletín Nicovita* 7(1):1-14.
- Castro-Castro, V., V.Y. Siu-Rodas, L.V. González-Huerta y M.Y. Sokolov. 2005. Efecto tóxico de DDT y endosulfan en postlarvas de camarón blanco, *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) de Chiapas, México. *Revista Biología Tropical* 53(1-2):141-151.
- CONAPESCA (Consejo Nacional de Acuicultura y Pesca). 2017. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mazatlán, Sinaloa México. 300p.
- Costa, A., C. Buglione, F. Bezerra, P. Martins and M. Barracco. 2009. Immune assessment of farm-reared *Penaeus vannamei* shrimp naturally infected by IMNV in NE Brazil. *Aquaculture* 291:141-146.



- Davis, D. A., I. P. Saoud, C. E. Boyd and D. B. Rouse. 2005. Effects of potassium, magnesium, and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in inland low salinity well waters in west Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society* 36:403-406.
- Huang, J., Y. Yang and A. Wang. 2010. Reconsideration of phenoloxidase activity determination in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 28:240-244.
- Jahan, I., A. K. Reddy, S.A. Sudhagar, V. Harikrishna, S. Singh, T. Varghese and P. P. Srivastava. 2018. The effect of fortification of potassium and magnesium in the diet and culture water on growth, survival and osmoregulation of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in inland ground saline water. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 18:1235-1243.
- Jaime-Ceballos, B., J.E. Cabrera-Machado y F. Vega-Villasante. 2012. Cultivo tierra adentro de camarón marino *Litopenaeus vannamei*: evaluación del agua de dos granjas acuícolas en Cuba (evaluation of two sources of water supply for inland low salinity culture of *Litopenaeus vannamei* in Cuba). *REDVET Rev. Electrón. Vet.* 13: 6.
- Jussila, J., S. McBride, J. Jago and L.H. Evans. 2001. Hemolymph clotting time as an indicator of stress in western rock lobster (*Panulirus cygnus* George). *Aquaculture* 199:185-193.
- Kaiyu, L., L. Fang, Z. Mingchang, Y. Haijie, L. Tian and X. Xun. 2008. Difference between hemocyanin subunits from shrimp *Penaeus japonicus* in anti-WSSV defense. *Developmental and Comparative Immunology* 32:808-813.
- Kevan, S. D. and R. G. Pearson. 1993. Toxicity of Diquat pulse exposure to Tropical Freshwater Shrimp *Caridina nilotica*, atyidae. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 51:564-567.
- Lightner, D. V. and R. M. Redman. 1988. Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture* 164: 201-220.
- Lyle-Fritch, L. P., E. Romero-Beltrán and F. Páez-Osuna. 2006. A survey on use of the chemical and biological products for shrimp farmer in Sinaloa (NW Mexico). *Aquacultural Engineering* 35:135-146.
- Mercier, L., I. S. Racotta, G. Yepiz-Plascencia, A. Muhlia-Almazán, R. Civera, M.F. Quiñones-Arreola *et al.* 2009. Effect of diets containing different levels of highly unsaturated fatty acids on physiological and immune responses in Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) exposed to handling stress. *Aquaculture Research* 40(16):1849-1863.



- NOM-074-ECOL-1994. 1994. Proyecto de norma oficial mexicana, que establece el método de prueba de toxicidad aguda con *Daphnia magna* straus (Crustacea-cladocera). Comité consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiente. 21 p.
- Pascual, C., A. Sánchez, E. Zenteno, G. Cuzon, G. Gaxiola, R. Brito, R. Gelabert, E. Hidalgo and C. Rosas. 2006. Biochemical, physiological, and immunological changes during starvation in juveniles of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 251:416-429.
- Pillard, D. A., † D. L. Dufresne and, † M. C. Mickley. 2002. Development and validation of models predicting the toxicity of major seawater ions to the mysid shrimp, *Americamysis bahia*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21(10):2131-2137.
- Rojas, A. A., M. C. Haws y J. A. Cabanillas (Ed). 2005. Buenas Prácticas de Manejo Para el Cultivo de Camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95-0030-05). 50 p.
- Roy, L. and A. Davis. 2010. Requirements for the culture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters: water modification and nutritional strategies for improving production. p 61-78 *In: Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. San Nicolás de los Garza, N.L., México.
- Saoud, I.P., D.A. Davis and D.B. Rouse. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217:373-383.
- Söderhäll, K. and L. Cerenius. 1992. Crustacean immunity. *Annual Review of Fish Diseases* 2:3-23.
- Suryavanshi, U., R. A. Sreepada, Z. A. Ansari, N. Subhanchi and B. Shahin. 2009. A study on biochemical changes in the penaeid shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabricius) following exposure to sublethal doses of organochlorine pesticide (endosulfán). *Chemosphere* 77:1540-1550.
- Wei, K. and J. Yang. 2016. Copper-induced oxidative damage to the prophenoloxidase-activating system in the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. *Fish & Shellfish Immunology* 52:221-229.
- Yeh, S. T., C. H. Liu and J. C. Chen. 2004. Effect of copper sulfate on the immune response and susceptibility to *Vibrio alginolyticus* in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 17:437-446.
- Zhang, K., K. Koiwai, H. Kondo and I. Hirono. 2018. White spot syndrome virus (WSSV) suppresses penaeidin expression in *Marsupenaeus japonicus* hemocytes. *Fish & Shellfish Immunology* 78:233-237.



# TENDENCIAS Y FLUCTUACIONES DE LAS CAPTURAS DE PECES PICUDOS (*Istiophoridae*) EN EL GOLFO DE MÉXICO

Oswaldo Gutiérrez Benítez<sup>1</sup> y Gabriela Galindo Cortes<sup>2</sup>

## Resumen

Los picudos son un grupo de especies de peces altamente migratorios que habitan aguas tropicales y templadas, los cuales son muy apreciados en la pesca deportiva como un producto alimenticio por la excelente calidad de su carne. El objetivo de este trabajo fue analizar la captura de picudos dentro de la zona económica exclusiva del Golfo de México. A los datos de captura se les aplicó la transformada rápida de Fourier (TRF) para obtener las frecuencias dominantes y el método "Singular Spectrum Analysis" (SSA) para separar la tendencia de las capturas y los componentes armónicos. La TRF mostró frecuencias a 7 y 3 años para pez vela, frecuencias a 4 años para la serie de captura de marlín blanco, frecuencias a 4 y 3 años para la serie de captura de marlín azul y frecuencias a 5 años para la serie de captura de pez espada. Con SSA se identificó la tendencia y un componente armónico para cada una de las series y el porcentaje de explicación de la varianza total de cada serie fue: pez vela (77.737%), marlín blanco (92.515%), marlín azul (95.366%) y pez espada (64.822%). Las tendencias y fluctuaciones de las capturas vislumbran cambios en abundancia que pueden estar influenciados por factores bióticos, abióticos y climáticos.

**Palabras clave:** pelágicos mayores, singular spectrum analysis, componente armónico

<sup>1</sup> Posgrado en Ecología y Pesquerías, Universidad Veracruzana. \*Autor por correspondencia: [ogutierrezbenitez@gmail.com](mailto:ogutierrezbenitez@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.





## Introducción

Los picudos son un grupo de especies de peces altamente migratorios que habitan aguas tropicales y templadas. Se dividen en dos familias: Xiphiidae, que incluye sólo al pez espada (*Xiphias gladius*) e Istiophoridae, que incluye a 11 especies entre marlines, peces de trompa corta y el pez vela (*Istiophorus platypterus*). En todos ellos, los huesos nasales de la mandíbula superior se prolongan formando una "lanza" o "arpón" largo y de sección redondeada. La aleta dorsal, alargada y rígida, se proyecta hacia arriba en forma de cresta o penacho (O' Neill *et al.*, 2018). Algunos pueden alcanzar grandes tamaños como el marlín negro (*Makaira indica*) y el marlín azul (*M. nigricans*), quienes están considerados entre los peces más grandes del mundo. Estos organismos son muy apreciados en la pesca deportiva, como un producto alimenticio, por la excelente calidad de su carne, así como por su alto índice de carne utilizable con respecto a su peso corporal (Ponce-Díaz *et al.*, 2003).

Las capturas comerciales han sido por medio de arpones, palangres, líneas de mano y redes (Sosa-Nishizaki, 1998). Recientemente las evaluaciones de las poblaciones de picudos, en el océano Atlántico, indican tendencias significativamente decrecientes en especies como marlín azul (*Makaira nigricans*) y marlín blanco (*Kajikia albida*) (FAO, 2016; ICCAT, 2006). En particular, en el Golfo de México la captura de picudos se realiza de manera incidental en el palangre atunero (DOF, 2014). Esta pesquería establece un porcentaje de captura incidental para marlín (de los géneros *Makaira* y *Tetrapturus*), pez espada (*Xiphias gladius*), pez vela (*Istiophorus albicans*) que no debe ser mayor al 20% de la captura nominal (captura total que incluye los peces liberados vivos) (DOF, 2019). Sin embargo, no es suficiente con establecer medidas para evitar la captura incidental, sin que se tengan registros del comportamiento a largo plazo de las especies capturadas, por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar la captura de picudos, dentro de la zona económica exclusiva del Golfo de México, con fines de asegurar la explotación sustentable de estos recursos.



## **Materiales y Métodos**

Los datos referentes a la captura de picudos en la zona económica exclusiva del Golfo de México fueron obtenidos de la base de datos pública del Sea Around Us Project (SAU, 2021). Los datos se filtraron por zona económica exclusiva (Golfo de México) y capturas por especie. Esta base de datos presenta datos “reconstruidos”, los cuales combinan datos oficiales reportados y estimaciones reconstruidas de datos no reportados (incluidos los descartes importantes), con referencia a las ZEE individuales (Pauly y Zeller, 2016). Los datos oficiales reportados se extraen principalmente de la base de datos FishStatJ versión 4.01.4, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021).

### **Análisis de la captura**

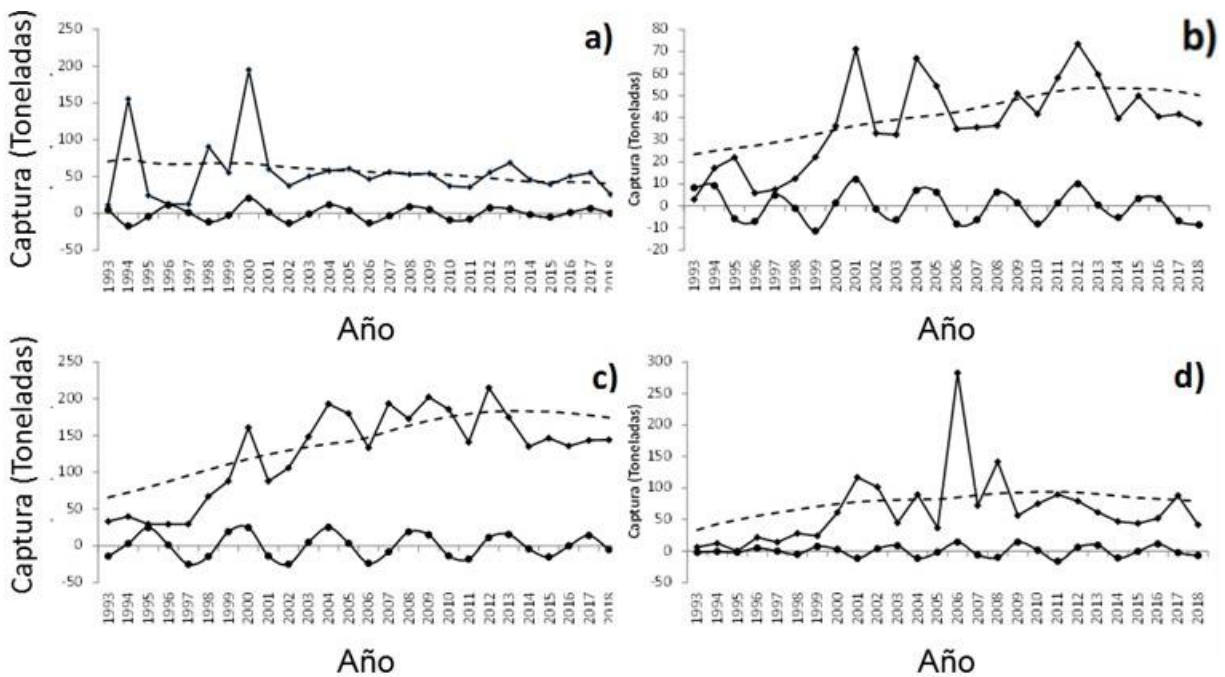
Se utilizaron series temporales de captura, con resolución anual de 1993 a 2018, de pez vela del Atlántico (*Istiophorus albicans*), marlín blanco (*Kajikia albida*), marlín azul (*Makaira nigricans*) y pez espada (*Xiphias gladius*). Para identificar los periodos dominantes (frecuencias) de la serie de capturas se realizó un análisis de periodograma, para lo que se utilizó la transformada rápida de Fourier (TRF) incorporada en el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). El análisis del comportamiento de las capturas se hizo por el método *Singular Spectrum Analysis* (SSA), para el que se utilizó el software especializado Caterpillar 1.00 (GistaT Group, 1996). Esta técnica no paramétrica de análisis de series de tiempo se basa en principios de estadística y geometría multivariada, sistemas dinámicos y procesamiento de señales, que descompone la serie de tiempo original en un conjunto de series de tiempo aditivas independientes o separables (ortogonales), siguiendo el procedimiento de análisis de componentes principales (ACP). El resultado de la descomposición permite identificar la tendencia, componentes armónicos oscilatorios (fluctuaciones), así como reconstruir la serie de tiempo y cuantificar el porcentaje de varianza que contribuye en cada uno de los componentes que componen la serie original (Golyandina *et al.*, 2001).



## Resultados y Discusión

### Análisis de las series de captura

La TRF mostró frecuencias a 7 y 4 años para la serie de captura de pez vela, frecuencias a 4 años para la serie de captura de marlín blanco, frecuencias a 4 y 3 años para la serie de captura de marlín azul y frecuencias a 4 años para la serie de captura de pez espada. Con SSA se identificó para la serie de captura de pez vela una tendencia lineal decreciente de 1993 a 2018, con un componente armónico de 4 años; para la serie de captura de marlín blanco, marlín azul y pez espada se identificó una tendencia lineal creciente de 1993 a 2013, posterior a este año decrece hasta 2018, todas con un componente armónico de 4 años (Figura 1).



**Figura 1. Evolución temporal de la captura de picudos en la zona económica exclusiva del Golfo de México durante 1993-2018 (♦). Pez vela (a), marlín blanco (b), marlín azul (c) y pez espada (d). Se representa la tendencia con la línea punteada (-) y componente armónico (•).**

La tendencia y componente armónico identificado para cada una de las series explican el porcentaje de la varianza total de la serie de captura: para pez vela explican el 77.737%, para marlín blanco explican el 92.515%, para marlín azul explican el 95.366% y para pez espada explican el 64.822%.



Los datos de captura reconstruidos utilizados presentan ventajas sobre otros datos disponibles, ya que combinan datos reportados a la FAO más estimaciones de datos de capturas no reportadas y una estimación de incertidumbre, lo que proporciona información robusta para el análisis de capturas globales, regionales, artesanales o por especie (Pauly y Zeller, 2016). De tal forma que, los resultados de este trabajo sugieren que las tendencias de captura de tres especies de picudos (marlín blanco, marlín azul y pez espada) tienden a aumentar anualmente. Estos resultados son similares a los reportados por Eslava-Vargas *et al.* (2013), quienes señalaron que los picudos capturados por la flota atunera cerquera venezolana, en el océano Pacífico oriental, tienden a incrementan en volumen anualmente.

Los incrementos, en la captura, posiblemente sean un reflejo del incremento del poder de pesca de las flotas durante las faenas de pesca, al contar con mejores artes de pesca para la búsqueda de las especies objetivo. Al respecto, Ortiz y Scott (2001) encontraron que el efecto del área, temporada, carnada y densidad de anzuelos son los mejores factores que explican la probabilidad de captura para marlín azul y marlín blanco. Pero también se ha registrado que la variación en la captura puede estar relacionada con aspectos atmosféricos y oceánicos. Por ejemplo, Bigelow *et al.* (1999) encontraron que la latitud, longitud, índice lunar, ganchos por anzuelo, temperatura, velocidad del viento y batimetría explican los incrementos de la captura de pez espada, incluso pueden aumentar si se captura en regiones alejadas de remolinos (Hsu *et al.*, 2015; Rooker *et al.*, 2012). En contraste, la tendencia decreciente en la captura de pez vela sugiere que esta especie no es capturada con la misma intensidad que las especies de picudos incluidas en este estudio. Se ha reportado que las variaciones estacionales en la captura de la captura de esta especie, aparentemente están relacionadas con el desplazamiento de la isoterma de los 27°C (DOF, 2012). Para el pez vela no existe una pesquería comercial dirigida, ya que se encuentran reservadas a la pesca deportiva (Sosa-Nishizaki, 1998) y estos organismos están expuestos a capturas incidentales en otras pesquerías artesanales, de atún y de tiburón (DOF, 2012); sin embargo, no se descarta que algunos cambios en su captura también sean atribuidos a componentes ambientales.

Las fluctuaciones observadas de diferente periodicidad en la captura de cada especie de picudos sugieren cambios en la abundancia en periodos muy similares, los cuales pueden estar relacionados con la dinámica migratoria de estas especies. Braun *et al.* (2015) identificaron cuatro variables físicas principales que impulsan los movimientos de los peces



picudos: temperatura, mezcla de agua, oxígeno y luz, esta última relacionada estrechamente con los movimientos verticales de búsqueda de alimento de los marlines. Es probable que los cambios en factores abióticos modifiquen los desplazamientos de los peces picudos, lo que se ve reflejado en la disponibilidad del organismo hacia las flotas pesqueras (Fréon y Misund 1999).

Por otro lado, se ha registrado que algunos eventos climáticos, con cierta periodicidad, como El Niño-Oscilación del Sur, afectan el ambiente pelágico donde se distribuyen los organismos (Lehodey *et al.*, 1997). Al capturarse los organismos en la zona económica exclusiva del Golfo de México es probable que las fluctuaciones encontradas estén relacionadas con la variabilidad ambiental predominante en la región. Al respecto, Roldan-Heredia (2013) encontró correlaciones significativas entre especies pelágicas en el Golfo de México con la Oscilación del Atlántico Norte. Por su parte, Muhling *et al.* (2015) recopilaron información de las investigaciones de istiofóridos y su relación con la variabilidad ambiental y sugieren que es probable que las respuestas sean específicas para cada especie, por lo que no está claro identificar si la variabilidad de gran escala tiene una influencia directa sobre los ciclos de vida de los organismos. Dada la naturaleza de estos organismos y la dificultad de separar los efectos que provienen de la variabilidad ambiental, se cree que es fundamental generar investigaciones dirigidas a cada especie que incluyan los niveles de esfuerzo, composición de la captura y características biológicas de las especies con la finalidad de establecer sobre que fracción de la población se presentan los mayores cambios y si los mismos van a repercutir en la abundancia y disponibilidad hacia las flotas pesqueras.

## Conclusiones

1. Se observaron frecuencias con periodicidad similar para las especies de picudos: pez vela (7 y 4 años), marlín blanco (4 años), marlín azul (4 y 3 años) y pez espada (4 años).
2. Se identificaron para marlín blanco, marlín azul y pez espada una tendencia lineal creciente de 1993 a 2013 y decreciente hasta 2018, así como una tendencia lineal decreciente para pez vela.
3. Las tendencias y fluctuaciones de las capturas de peces picudos se encuentran



influenciadas tanto por factores bióticos como abióticos y posiblemente por variabilidad climática de gran escala.

## Literatura Citada

- Bigelow, K. A., C. H. Boggs and X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fish. Oceanogr* 8(3):178-198.
- Braun, C. D., M. B. Kaplan., A. Z. Horodysky and J. K. Llopiz. 2015. Satellite telemetry reveals physical processes driving billfish behavior. *Animal Biotelemetry* 3(2):2-16.
- Di renzo, J. A., F. Casanoves., M. G. Balzarini., I. González., M. Tablada. y C. W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. ACUERDO por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaria de Gobernación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 236 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 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. Secretaria de Gobernación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.10 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Acuerdo por el que se establece la cuota de captura para el aprovechamiento del marlín azul (*Makaira nigricans*) y el marlín blanco (*Tetrapturus spp*), en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe para los años 2016, 2017 y 2018. Secretaria de Gobernación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 3 p.
- Eslava-Vargas N., J. G. Vaca-Rodríguez y H. López. 2013. Análisis espacio-temporal de la captura incidental de picudos por la pesquería cerquera venezolana de atún en el Pacífico oriental. *Hidrobiológica* 23(1):60-72.
- FAO (Food and Agriculture Organization) 2021. FishStatJ. Rome, Italy. 95 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2016. Status of billfish resources and billfish fisheries in the Western Central Atlantic. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1127. Bridgetown, Barbados. 63 p.
- Fréon, P. and O. A. Misund. 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behavior: Effects on fisheries and stock assessment. Blackwell Science. London, Great Britain. 348 p.



- GistaT Grup, 1996. Software Caterpillar Version 1.0 version of Windows. PhD, St. Petersburg University. Department of Mathematics. Russia.
- Golyandina, N., V. Nekrutkin and A. Zhigljavsky. 2001. Analysis of time series structure: SSA and related techniques. Chapman and Hall/CRC. London, England. 295 p.
- Hsu, A. C., A. M. Boustany., J. J. Roberts., J. H. Chang and P. N. Halpin 2015. Tuna and swordfish catch in the U.S. Northwest Atlantic longline fishery in relation to mesoscale eddies. *Fish. Oceanogr.* 24(6):508–520.
- ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2006. Blue marlin and white marlin. ICCAT Report 2006–2007. Madrid, España. 240 p.
- Lehodey, P., M. Bertignac., J. Hampton., A. Lewis and J. Picaut. 1997. El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* 389:715- 718.
- Muhling, B. A., Y. Liu., S. K. Lee., J. T. Lamkin., E. Malca., J. Llo Piz *et al.* 2015. Past, ongoing and future research on climate change impacts on tuna and billfishes in the Western Atlantic. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 71(4):1716-1727.
- O' Neill, H., E. Rahmat., C. Proctor y W. White R. 2018. Istiophoridae. p. 127-145 *In: CSIRO, National Research Collections (ed.). fishIDER.* Canberra, Australia.
- Ortíz, M. and G. P. Scott. 2001. Standardized catch rates for blue marlín (*Makaira nigricans*) and white marlín (*Tetrapturus albidus*) from the pelagic longline fishery in the Northwest Atlantic and the Gulf of Mexico. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 53:231-248.
- Pauly, D. and D. Zeller. 2016. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications* 7:1-9.
- Ponce-Díaz G., S. Ortega-García and S. Hernández-Vázquez. 2003. Lunar phase and catch success of the striped marlin (*Tetrapturus audax*) in sport fishing at Los Cabos, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 51(2):1-5.
- Roldan-Heredia, A. 2013. Efecto de la variabilidad climática inducida por la Oscilación del Atlántico Norte en las pesquerías comerciales del Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver., México. 67 p.
- Rooker, J. R., J. R. Simms., R. J. D. Wells., S. A. Holt., G. J. Holt., J. E. Graves *et al.* 2012. Distribution and habitat associations of billfish and swordfish larvae across mesoscale features in the Gulf of Mexico. *PLoS ONE* 7(4):e34180.
- SAU (Sea Around Us). 2021. <http://www.searoundus.org/>.
- Sosa-Nishizaki, O. 1998. Revisión histórica del manejo de los picudos en el pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* 24(1):95-111.



# ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA PESCA DE CAMARÓN NO REGULADA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

Armando T. Wakida Kusunoki<sup>1\*</sup>

## Resumen

La pesca de camarón en la zona lagunar y costera de Campeche y Yucatán es una actividad que no se encuentra regularizada y se realiza, principalmente, en el periodo de frentes fríos denominados “nortes” (noviembre a febrero). Para conocer la situación socioeconómica de los pescadores de camarón y recomendar medidas de manejo y de control, se realizaron encuestas a pescadores de camarón en cinco comunidades pesqueras de los estados de Campeche y Yucatán, en octubre y noviembre del 2017. La información obtenida, junto con reportes de trabajos anteriores sobre sus rendimientos pesqueros, sirvieron de base para categorizar la pesca en las diferentes zonas. Los resultados mostraron que, en Champotón y Celestún, los indicadores sociodemográficos de bienestar están por debajo de la media municipal y que la presencia de mujeres es notoria en Chabihau y Rio Lagartos. La captura de camarón en las localidades de Campeche y Yucatán se puede clasificar en: Pesca de subsistencia, Pesca recreativa y Pesca comercial de pequeña escala “oportunista” y para cada una de estas clasificaciones se recomiendan medidas de manejo.

**Palabras clave:** Pesca no registrada, manejo de pesquería, *Farfantepenaeus duorarum*

## Introducción

La pesquería de camarón en el Golfo de México es secuencial, lo que significa que es aprovechada por diferentes flotas y artes de pesca en sus diferentes fases de su ciclo de vida.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Correo electrónico: [armando.wakida@inapesca.gob.mx](mailto:armando.wakida@inapesca.gob.mx)





Como juveniles y subadultos, el camarón es capturado por lanchas y estructuras fijas, como las charangas; mientras que como adulto es capturado por la flota de barcos en altamar (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2010).

La pesca de camarón, en el litoral del Golfo de México, es la tercera en orden de importancia en cuanto a su volumen de captura. Sin embargo, por el valor económico de su producción y la infraestructura usada en su explotación y procesamiento, esta pesquería es la más importante del litoral del Golfo y Caribe mexicano (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2010).

Por su parte, en el Golfo de México, una de las principales zonas de pesca de camarón es la sonda de Campeche y se basa principalmente en pesca del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*, cuya población se consideran en deterioro (DOF, 2012). Dentro de las hipótesis de las posibles causas que llevaron a la población hacia el deterioro, se pueden mencionar la captura excesiva de organismo juveniles en la costas y lagunas, (Gracia 1995; Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2003).

Por lo anterior, se han instrumentado medidas de manejo que tienen como objetivo la protección de las zonas de crianza, mismas que consisten en la prohibición de la pesca de camarón en la zona costera y lagunar de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Sin embargo, a pesar de estas prohibiciones a la pesca, la captura de camarón en la península de Yucatán se realiza desde hace más de 20 años de forma artesanal en las costas de Campeche y Yucatán. Se sabe que esta actividad se lleva a cabo en Sabancuy (Sab) y Champotón (Ch), Campeche y en Yucatán en Celestún (Ce), Progreso (Pr), Chabihau (Chb), Telchac, Río Lagartos (RL), San Felipe y Las Coloradas (LC) (Batllori-Sampedro, 2003; Wakida-Kusunoki *et al.*, 2016). En la mayoría de las localidades se realiza de manera esporádica y, en algunas partes, como recreativa durante los periodos donde se presentan los frentes fríos denominados “nortes”; solamente en tres comunidades se realiza de manera continua, las cuales son Champotón e Isla Arenas en Campeche y Celestún en Yucatán (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2016). En el análisis de la pesquería de camarón rosado, los aspectos biológicos y socioeconómicos de la pesca no legalizada en la zona costera y lagunar no han sido considerados; sin embargo, es importante incluir esta información para evaluar la efectividad del manejo de la pesquería, y el establecimiento de nuevas estrategias de administración de esta actividad. Por lo que en este documento se presenta un análisis socioeconómico de los pescadores de camarón no



regulada en las principales zonas de Campeche y Yucatán para recomendar posibles medidas manejo y control.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de trabajo**

El área de estudio incluyó las principales localidades pesqueras de Campeche y Yucatán, desde Sabancuy, Campeche hasta Las Coloradas, Yucatán.

### **Trabajo en campo**

De octubre a diciembre del 2016, se realizaron encuestas a pescadores de camarón en las localidades de Campeche y Yucatán. La encuesta aplicada fue de tipo mixta, donde las preguntas abarcaron temas sobre aspectos demográficos y condiciones de vivienda. Estas encuestas se realizaron de forma proporcional al número de pescadores estimados por Wakida-Kusunoki *et al.* (2016).

El tamaño de muestra óptimo se estimó mediante la siguiente fórmula propuesta por Badii *et al.* (2008) para una población finita, teniendo como variable la proporción de personas mayores a 40 años, que se considera la edad de adulto medio, los valores utilizados para esta estimación provienen un muestreo previo de 40 encuestas hechas en toda la zona.

$$n = \frac{NZ_{\alpha}^2 pq}{e^2(N - 1) + pqZ_{\alpha}^2}$$

Donde n es el tamaño de muestra, Z es el grado de confianza requerido para generalizar los resultados a toda la población, p y q se refieren a la proporción de la variable estudiada, e es el error aceptado. El grado de confianza utilizado fue de 95% en una distribución normal a esta probabilidad corresponde un valor de  $z = 1.96$ ; y considerando ese grado de confianza y un error de estimación  $e = 0.10$  (10%) y dando valores a  $p = 0.4$  y  $q = 0.6$  se calculó un tamaño de muestra  $n = 95$  encuestas. Para ajustar el tamaño de la muestra a la población en estudio, se estimó de manera proporcional dependiendo del número estimado de pescadores por localidad.



## **Análisis de la información**

Con base en información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se realizó una descripción general de las localidades donde se efectúa la captura de camarón en Campeche y Yucatán; además de lo anterior, con la información obtenida de las encuestas se estimaron indicadores sociodemográficos y se comparó con los recopilados por el INEGI, para conocer la condición de estos pescadores con relación al municipio y los estados donde residen (INEGI 2016a; INEGI 2016b; INEGI 2017). Por último, siguiendo criterios de Arlinghaus y Cooke (2009) y FAO (2012), se creó una división entre los tipos de pesca de camarón para poder definir con mayor precisión las recomendaciones de manejo.

## **Resultados y Discusión**

### **Aspectos sociodemográficos generales de las localidades donde se captura camarón**

Las localidades, donde se realiza la captura de camarón en Campeche y Yucatán, abarcan siete comunidades que se encuentran en igual número de municipios, de las cuales tres se encuentran en Campeche y cuatro en Yucatán. De estas comunidades, según los registros de INEGI, dos registran alto grado de marginación (Cl y Chb), cuatro en un nivel medio de marginación (Ch, IA, RL y LC) y dos en baja marginación (Sb y Pr) (SEDESOL, 2017).

Los indicadores sociodemográficos generales que describen aspectos relacionados con la distribución, la composición, educación y la dinámica poblacional de cada una de las localidades se pueden analizar en el Cuadro 1. Según la clasificación del INEGI, que toma como base el número de habitantes para clasificarla en rural o urbana ( $\leq 2500$  habitantes), la mitad de las localidades bajo se puede considerar que se encuentran en un ámbito rural (Cuadro 1). En cuanto al porcentaje de la población por género se encontró que, en la mayoría de las localidades, la población masculina fue mayor, solamente en las localidades con mayor número de habitantes fue inverso (Pr y Ch). La proporción de personas que nacieron en el estado fue menor en las localidades de Campeche, la cual promedia alrededor  $76.5\% \pm 0.4$  a diferencia de las localidades de Yucatán cuyo promedio es de  $93.2\% + 4.0$  (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Indicadores sociodemográficos de las localidades donde se realiza la captura de camarón.**

Localidad	Sab	Ch	IA	Ce	Pr	Chb	RL	LC	
Población total	7286	30881	754	6810	37369	292	2218	1151	
% de la población por genero	M	50.9	49.3	52.3	51.2	49.6	52.7	50.3	50.7
	F	49.1	50.7	47.7	48.8	50.4	47.3	49.3	49.3
% de la población municipal	4.2	37.1	2.9	99.6	69.2	13.6	64.5	33.5	
% Lugar de nacimiento	Estado	77.1	76.7	75.9	91.6	87.1	96.9	96.3	94.7
	Fuera	21.5	22.4	24.1	7.4	11.5	3.1	3.7	5.3
% de la población de 0 a 24 años	51.4	49.9	41.0	50.1	44.6	46.2	43.5	50.4	
% de la población de 24 a 64 años	43.0	45.0	50.9	45.1	48.2	45.5	47.7	45.9	
% de la población de más de 65 años	5.6	5.1	8.1	4.8	7.3	8.2	8.8	3.7	
% de la población mayor a 15 años analfabetas	9.5	8.4	7.4	9.6	3.31	13.6	1.8	2.6	
% de la población mayor a 15 años con primaria incompleta	14.8	9.8	16.8	22.2	9.5	15.4	21.7	16.9	
Promedio de escolaridad	6.84	8.1	7.16	6.1	8.79	7.1	7	6.27	

Sab: Sabancuy, Ch: Champotón, IA: Isla Arenas, Ce: Celestún, Pr: Progreso, Chb: Chabihau, RL: Rio Lagartos, LC: Las Coloradas. M: masculino, F: femenino.

La estructura por edades de las diferentes localidades muestra que, para algunas localidades, el porcentaje de la clase de edad de entre 24 y 60 años está aumentando, este es el caso para IA, Pr y RL, ocasionado posiblemente por la migración de ciertas clases de edad (Cuadro 1). En cuanto al nivel de educación de las localidades, se observó que Chb fue la localidad que presentó un mayor porcentaje de analfabetismo, pero CI presentó el promedio más bajo de escolaridad y el valor más alto de personas con primaria incompleta. A su vez, Pr fue la localidad de menor porcentaje de personas con primaria incompleta (Cuadro 1).

### **Aspectos sociodemográficos de los pescadores que capturan camarón**

Los resultados de las 98 encuestas aplicadas demostraron que la edad promedio de las localidades, en su mayoría, fue mayor a 40 años, con los valores promedios máximos en Chb y CI, mientras que los valores mínimos se observaron en Pr (Cuadro 2). Esta situación es debido a que, en estos lugares, la pesca de camarón es realizada en su mayoría por personas de mayores a 50 años, que anteriormente se dedicaban a la pesca de otras especies y que, debido a su edad, ya no les es posible realizar otro tipo de pesca y que en la actualidad la pesca de camarón es su única actividad económica, como es el caso de Ce. En el caso de



Chb, las actividades pesqueras las realizan esposas de antiguos pescadores, quienes son apoyadas por sus esposos en la captura de camarón, ellas se organizaron de tal forma que se reparte, en grupos, el uso de los pasos de agua para la pesca y la mayoría de ellas comenzó esta actividad después del paso Isidoro (Batllori-Sampedro, 2003). Lo anterior se corrobora con la edad de inicio de la pesca de camarón, ya que estas dos zonas presentaron el valor más alto de edad al que empezaron a pescar camarón. En caso de los pescadores de chalina, esta captura es realizada por los pescadores de menor edad, ya que para arrastrar este arte es necesario utilizar mayor esfuerzo físico. La comparación de las edades promedio obtenidas en otros estudios de pesquerías ribereñas de otras regiones de México, tales como jaiba, calamar y camarón son similares, los cuales van de valores promedios de 34 a 44.5 años (De la Cruz-González *et al.*, 2011; Villanueva-Fortanelli, 2012). Uno de los factores que podría estar causando estas diferencias, podría ser la forma de análisis que se utilizó en este trabajo, que consistió en la división por zonas y artes de pesca.

**Cuadro 2. Edad promedio, proporción de sexos, tiempo de radicación en la zona, edad de inicio en la pesca de camarón o de otros recursos y la pesca como.**

Zona	Arte de pesca	Encuestas realizadas	Edad promedio	Sexo (%)		Tiempo de radicación (años)	Edad de inicio (años)	Pesca como única actividad
				M	F			
Champton	Triangulo	10	42.0 ±9.5	100	0	24.1 ±14.8	26.7 ±14.5	30
Isla Arena	Triangulo	7	49.7±16.6	100	0	41.8 ±24.1	20.85±14.5	100
Celestún	Triangulo	10	57.4 ±20.5	100	0	39.5 ±20.3	27.9 ±15.7	100
Progreso	Atarraya	10	46.7 ±13.3	100	0	37.9 ±14.0	21.0 ±15.1	0
	chalina	4	28.7 ±7.4	100	0	20.3 ±13.6	25.0 ±11.3	0
	Red de corriente	3	43.3 ±9.9	100	0	43.3 ±9.9	35.6 ±9.3	0
Chabihau	Jamo, red de corriente	13	57.9 ±14.2	39	62	41.1 ±18.3	29.1 ±15.5	0
Rio Lagarto	Jamo	10	37.8 ±7.8	40	60	29.9 ±12.7	19.7 ±11.3	0
	arrastrate	14	53.0 ±7.1	100	0	33.8 ±13.2	12.0 ±6.27	100
Las Coloradas	Red de corriente	3	27.6±1.15	100	0	18.3±14.15	12.66±3.05	100



En casi todos los lugares, los pescadores son hombres, pero en RL y Chb existe un porcentaje importante de mujeres. La presencia de mujeres en la pesca de camarón es notoria en las zonas de Chb y RL, estas participan directamente en las actividades de captura, su actividad se limita al uso del jamo en ambas zonas y redes de corriente solo en Chb. Otro aspecto que no se analizó en este trabajo, es que después de las actividades de pesca, el papel de la mujer es importante en el proceso del camarón capturado, esto es fundamental en las zonas de Cl y Ch donde la actividad se lleva a cabo todo el año.

En el caso de ambas zonas, el porcentaje de mujeres que están directamente en labores de captura se estimó en alrededor del 60%, esto contrasta con un estudio realizado en FAO menciona que un 49% de las mujeres de las comunidades pesqueras mexicanas participan en una o más actividades asociadas a la pesca. De ellas, el 53% participa en comercialización y venta de productos pesqueros, el 49% en procesamiento y congelado, mientras que el 38% participa en labores de captura (FAO, 2010).

FAO (2017) menciona que las mujeres que tienen la responsabilidad principal de alimentar a sus familias, quizá recurran a la pesca o a la acuicultura para obtener ingresos y alimentos adicionales, pero que las actividades principales de las mujeres en la pesca, artesanal o industrial, se realizan después de ésta, en la transformación y la comercialización del producto, exactamente lo que ocurre en muchas de las localidades donde se captura camarón, donde las mujeres son las encargadas de procesarlo. Méndez-Cárdenas *et al.*, (2013) indican que la participación de las mujeres en el trabajo directo de la pesca en Yucatán está relacionada con: 1) la ausencia del hombre a causa de la migración temporal, o por incapacidad del hombre al sufrir descompresión por buceos prolongados o viudez, lo que impone complementar o generar los recursos del ingreso familiar; 2) las prohibiciones o vedas para el acceso a los recursos pesqueros y 3) las limitaciones que las condiciones climáticas imponen. Pérea-Blázquez y Flores-Palacios (2016) mencionan que las relaciones entre mujeres y hombres han ido cambiando en torno a la actividad pesquera, es decir, la participación de las mujeres se ha incrementado y cada vez es más aceptada la misma.

Asimismo, se observó que todos los pescadores tienen gran arraigo al lugar donde pescan, ya que la mayoría tiene arriba de 20 años viviendo en la localidad y muchos de ellos empezaron a una edad mayor esta actividad, ya que el promedio en casi todas las zonas es arriba de los 20 años. Solamente en Cl y Chb, existen personas cuya única actividad económica es la pesca



de camarón u otras especies como el pulpo y la escama (Cuadro 3). Con la información obtenida y las observaciones de campo, se pudo determinar que, en la mayoría de las localidades, la captura de camarón es un complemento a la economía y alimentación familiar de los pescadores, esto debido a que solo se captura camarón en un tiempo corto y aprovechando la época de migración de juveniles al mar. La pesca de otras especies, como el pulpo, escama o jaiba, es la actividad alterna más común entre los pescadores de camarón. Las actividades alternas son más diversas en zonas donde existe cercanía a grandes centros urbanos como lo es en Pr (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Actividades económicas con que complementan sus ingresos los pescadores de camarón por localidad y arte de pesca.**

Localidad	Arte de pesca	Actividad complementaria a la pesca de camarón
Chamotón	Triangulo	Albañil, trabajo en rancho, venta de alimento, campesino, pescador
Isla Arenas	Triangulo	Pescador
Celestún	Triangulo	Pescador de jaiba, pulpo,
Progreso	Atarraya	Técnico aviación, venta de seguros, empleado portuario, venta de alimentos, pescador, comercio., plomero, agente de ventas
	Chalina	Fumigación, albañil, plomero
	Red de corriente	Pesca de pulpo, chivita
Chabihau	Jamo, red de corriente	Pesca de pulpo, chivita y escama, ama de casa, comerciante
Rio Lagarto	Jamo	procesadora de pescado, empleada municipal, trabajo doméstico, ama de casa, pescador
	Arrastre	Pesca de pulpo, langosta, Colocación de polarizado

En el caso de los pescadores de Pr, que capturan camarón con atarraya y chalina, son personas que proceden de Mérida y localidades vecinas y que tienen ocupaciones muy diferentes a la pesca (Cuadro 3). En cuanto a los que utilizan redes de corriente, estos son pescadores locales que buscan un ingreso extra. Solamente en Ch y Cl, la actividad de la captura de camarón se realiza todo el año, además de que estas personas presentan una condición menor de bienestar al compararlas con otras localidades, esto último indica que estas personas realizan una pesca de subsistencia.

La comparación de los indicadores sociodemográficos de los pescadores que capturan camarón, obtenidos por medio de las encuestas, mostró que Ch y Cl presentaron valores de



un mayor grado de marginación a comparación de las otras localidades. En estas dos localidades, la captura de camarón se realiza todo el año y en su mayoría es la única actividad económica que realizan (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Indicadores de bienestar de los pescadores de camarón en Campeche y Yucatán.**

Localidad	Ch	IA	Ce	Pr	Chb	RL		
Artes de pesca	Tri	Tri	Tri	A	Ch	RC	J	J
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con piso de tierra	40	0	20	10	0	0	0	0
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con servicio de agua potable	80	85	100	90	100	100	100	100
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con servicio de drenaje	80	85	60	100	100	100	100	100
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con servicio sanitario	80	85	60	100	100	100	100	100
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con servicio de luz	100	100	90	100	100	100	100	100
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con bienes como refrigerador	90	100	70	90	100	100	100	100
Porcentaje con viviendas particulares habitadas con bienes como lavadora	70	85	80	90	100	100	75	100
Porcentaje de la población de 15 años y más analfabetas	20	15	30	10	100	34	25	100
Porcentaje de la población con acceso a servicios de salud (IMSS, ISSSTE, Seguro popular, etc).	90	100	80	80	100	100	100	100

Ch: Champotón, IA: Isla Arenas; Ce: Celestún, Pr: Progreso, Chb: Chabihau, RL: Rio Lagartos. Tri: triangulo, A: atarraya, Ch: Chalina, RC: Red de corriente, J: jamo.

Al comparar estos indicadores con el promedio estimado por el INEGI para el municipio al que pertenece la localidad, se observó que estos pescadores presentan valores en indicadores muy variables con respecto a la del promedio del municipio en el que habitan. Los pescadores de camarón en Ch presentaron mejores valores en cuatro indicadores, o sea que en el 40% de sus indicadores está por encima del promedio municipal. En CI el 70% de sus indicadores está por debajo del promedio municipal, lo que indica que los pescadores de camarón de esas





localidades pertenecen al grupo de mayor marginación en ese municipio. Los pescadores que capturan camarón en Pr, se podrían considerar como una población de mediana marginación, ya que el 40% de sus indicadores muestran mayor marginación con respecto al municipio, esto a pesar que, a nivel municipal, la marginación de Pr se considera baja, esta diferencia se podría explicar ya que una parte importante de las personas que captura camarón, proviene de otros lugares, como lo son Mérida y Kanasín. Por último, Chb y RL, presentaron solamente un indicador por debajo de la municipal. En Chb en la cuestión de analfabetismo en la población mayor de 15 años y en RL en lo que se refiere a vivienda propia. El mayor valor de analfabetismo en Chb concuerda con el alto valor encontrado a nivel comunidad, el cual resultado más alto que todas las localidades (13.6%), además esto también podría ser un reflejo de la edad promedio y género de los pescadores de esa localidad, la cual tuvo el mayor promedio de todas las localidades. El porcentaje de analfabetismo en México está relacionado con el acceso a los servicios escolares y se conoce que esta variable es mayor en personas del género femenino y en personas mayores de 65 años y más (INEGI, 2017b). En lo que se refiere a RL, la diferencia entre los valores del indicador estimado y el municipal fue muy pequeña (0.9%).

Por su parte, la construcción de nuevas casas en RL y cualquier otra localidad localizada dentro de una reserva o área protegida se complica debido a una serie de permisos que se necesitan, por lo tanto, en esa zona no es raro que las casas sean utilizadas por varias generaciones. Díaz-Yarto (2010) menciona que “en las tradiciones culturales de Yucatán es común la intensiva ocupación de los cuartos para el descanso (utilizando hamacas), lo que indica que cuatro personas no significan un sobrepoblamiento del espacio y que el desconocimiento de las formas tradicionales de vivir, en donde la utilización de los espacios por grandes grupos familiares no está delimitado al espacio físico de la casa, sino que este, además de ser un espacio compartido, incorpora al patio como extensión natural en el que desarrollan importantes tareas de vida” (Cuadro 5).



**Cuadro 5. Indicadores de bienestar de los pescadores de camarón en Campeche y Yucatán comparado con los promedios municipales y estatales.**

Localidad	Ch	%	IA	%	%	Ce	%	Pr	%	Chb	%	RL	%	%
Ámbito		loc		loc	EstCam		loc		loc		loc		Loc	Est Yuc
Vivienda propia <sup>1</sup>	70	74	85	97	73.7	60	78.5	64	67.6	84.6	83.4	80	80.9	78.2
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra <sup>1</sup>	40	0.7	0	2.96	3.1	20	2.4	17.3	3.7	0	0.5	0	1.2	1.6
Viviendas particulares habitadas con servicio de agua potable <sup>1</sup>	80	40	85	82.8	61	100	38.6	94.4	88.6	100	68	100	66.9	75.5
Viviendas particulares habitadas con servicio de drenaje <sup>1</sup>	80	89.7	60	89	92	60	90.5	100	98.4	100	79.9	100	93.8	87.5
Viviendas particulares habitadas con servicio sanitario <sup>1</sup>	80	95.2	85	90	95.1	60	91.4	58.8	98.6	100	83.4	100	95.9	89.7
Viviendas particulares habitadas con servicio de luz <sup>1</sup>	100	97.5	100	98.6	98.1	90	98.6	100	99.2	100	98.6	100	98	98.6
Viviendas particulares habitadas con bienes como refrigerador <sup>2</sup>	90	72.6	100	73	78.4	70	61	94	88.0	100	70.0 (79)	100	71	76.2
Viviendas particulares habitadas con bienes como lavadora <sup>2</sup>	70	66.5	85	73	70.7	80	61.5	94	78.9	75	63.5	100	70.1	70.7
Población de 15 años y más analfabetas <sup>1</sup>	20	10.2	15	7.4	7.6	30	9.64	1.1	3.7	25	8.5	0	6.6	6.7
Población con derechohabiencia a servicios de salud <sup>1</sup>	90	91.4	85	84.5	87.8	80	88	88.2	88.3	100	95.3	100	94.3	86.3

1.- Encuesta intercensal 2015, 2.- Censo de Población y vivienda 2010.

Ch: Champotón, Ce: Celestún, Pr: Progreso, Chb: Chabihau, RL: Rio Lagartos; mun: municipal; EstCamp: estado de Campeche y EstYuc: estado de Yucatán.



### **Clasificación de los tipos de captura de camarón**

Es importante notar que es difícil definir los límites entre cada tipo de pesca debido a que, dentro de los mismos pescadores de camarón, existe gran diversidad de motivaciones para la captura de camarón. Para algunos es una mezcla de recreación con necesidad, para otros es su única forma de ganarse la vida y algunos es un complemento a sus gastos diarios en un periodo muy corto de tiempo, por lo que se podría decir que en algunos casos la pesca de camarón en estas zonas es de tipo oportunista.

Sin embargo, la clasificación de la captura de camarón es necesaria debido a que ésta es motivada por diferentes necesidades, por pescadores con diferentes condiciones de vida y, por lo tanto, las recomendaciones y propuestas de manejo deberán ser diferentes y apegadas a los derechos que tiene cada persona sobre los recursos pesqueros. La Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) clasifica que los tipos de pesca son: Comercial, Pesca deportiva-recreativa, Pesca didáctica, de fomento y de consumo local. Estos conceptos ponen límites, en los cuales, en muchas ocasiones, no es posible encuadrar a los pescadores en uno u otro tipo de pesca, como es el caso de los pescadores de camarón en la zona costera. Por ejemplo, los motivos de pescadores recreacionales son muy diversos y difieren de una persona a otra. Esta puede ser como “deporte”, diversión y algunas veces solo para comer alguna especie que no se encuentra en el mercado. Así también se especifica que el propósito de la pesca comercial y de subsistencia es generar productos para la venta, intercambio o consumo inmediato con el fin de satisfacer las necesidades fisiológicas primarias (Arlinghaus y Cooke, 2009), por lo tanto, una clasificación un poco más amplia y acorde a la realidad de esta región, podría ser la que especificamos en el Cuadro 6, donde se relaja la parte de lo que concierne en la posibilidad de intercambio y comercialización a muy baja escala.



**Cuadro 6. Clasificación por tipo de pesca de camarón en base a principal actividad económica, bienestar y comercialización de su captura.**

Tipo de pesca	Concepto	Arte de pesca	Zonas	Posibles recomendaciones de manejo
Recreativa	Los pescadores que participan, no tienen como actividad principal la pesca, lo realizan como forma de esparcimiento La captura es de consumo propio, aunque es posible que intercambie o comercie parte de la misma	Jamo Chalina Atrarraya	Progreso Sabancuy Rio Lagartos	Implementar costos de permisos de pesca con regulación de captura diarias
Subsistencia	Los pescadores pueden tener o no como actividad principal, la pesca, la captura que realiza da posibilidad de poca ganancia para complementar su gasto diario	Triangulo Chalina Atrarraya	Chabihau Progreso Champotón Isla Arenas Las Coloradas	Regularización con reglamento de zonas de uso, posible apoyos mediante proyectos productivos para disminuir esfuerzo
Pequeña escala comercial	Es la que se realiza en cortos periodos, con alta abundancia del recurso. Esto es conocido y aprovechado por los pescadores, En este tipo de pesca se utilizan artes de pesca poco selectivas	Triangulo fijo Red de corriente. Red de arrastre, Atrarraya	Progreso Celestún Rio Lagartos	Proponer proyectos productivos para disminuir el esfuerzo pesquero debido a las artes de pesca utilizados



## Conclusiones

1. La captura de camarón en la zona de Ch y Cl es realizada por personas cuyos indicadores sociodemográficos indican que tiene menor bienestar que la media municipal de las localidades donde realizan la pesca.
2. La captura de camarón en las localidades de Campeche y Yucatán se puede clasificar en: Pesca de subsistencia, Pesca recreativa y Pesca comercial de pequeña escala “oportunistas”, clasificación que es de gran apoyo para recomendar medidas de manejo y control.

## Agradecimiento

Se agradece a todos los pescadores que fueron entrevistados, así como al C. José Luis Cruz Sánchez en el apoyo para realizar las encuestas.

## Literatura Citada

- Arlinghaus, R. and S. J. Cooke. 2009. Recreational fisheries: socioeconomic importance, conservation issues and management challenges. p. 39–58. *In*: Dickson, B., J. Hutton and W. M. Adams (ed). Recreational hunting, conservation and rural livelihoods: science and practice. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
- Badii, M. H., J. Castillo y A. Guillen. 2008. Tamaño óptimo de la muestra (*Optimum sample size*). *InnOvaciOnes de NegOciOs* 5(1):53–65.
- Batllore-Sampedro E. 2003. Pesquerías artesanales de camarón y derechos humanos. *Rev Mex Car* 8(16):85–116.
- De la Cruz-González, F. J., O. Morales P., S. Ramos C. y M. C. Luna R. 2011. Perfil sociodemográfico y económico de los pescadores de las localidades del sistema lagunar La Joya-Buenavista-Cordón Estuárico, Chiapas. *Cienc Pesq* 19(1):61–69.
- Díaz-Yarto, J. M. 2010. Una mirada al desarrollo económico del municipio de Río Lagartos, Yucatán. *Economía Informa* 364: 52–65.



- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. ACUERDO por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. México. 24 de agosto del 2012.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. estudio social de la pesca en México: diagnóstico sobre la problemática social de los pescadores, su entorno y su visión sobre las posibles soluciones a los problemas que afectan la pesca, resultados y recomendaciones del proyecto. FI:UTF/MEX/079/MEX, Informe terminal. Fondo de fideicomiso mexicano FAO. 22 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Technical Guidelines for Responsible Fisheries: 13. Recreational Fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 176 p. <http://www.fao.org/docrep/016/i2708e/i2708e00.htm> [consultado el 26 de agosto de 2021]
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Las mujeres también participan en la pesca. <http://www.fao.org/focus/s/fisheries/women.htm> [consultado el 25 de enero de 2017]
- Gracia, A. 1995. Impacto de la pesca artesanal sobre la producción de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad, 1939. Cienc Mar 21:343-359.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2016a. Encuesta intercensal 2015. Panorama sociodemográfico de Yucatán 2015. Instituto Nacional de Estadística. 237 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2016b. Encuesta intercensal 2015. Panorama sociodemográfico de Campeche 2015. Instituto Nacional de Estadística. 41 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Censo de Población y vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est) <revisado 23 de enero del 2017>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017b. Analfabetismo. <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/analfabeta.aspx?tema=P> [consultado 26 de enero del 2017].
- Méndez-Cárdenas, G., A. Mungía G., M. T. Mungía G. y S. Méndez C. 2013. El conocimiento local sobre el cambio climático de mujeres y hombres pescadores en la costa de Yucatán. Veredas 27:199-220.
- Pérea-Blázquez, A. y F. Flores-Palacios. 2016. Participación de las mujeres en la pesca: nuevos roles de género, ingresos económicos y doble jornada. Soc. ambient. 1(9):121-141.



- Ramírez-Rodríguez, M., F. Arreguín-Sánchez and D. Lluch-Belda. 2003. Recruitment patterns of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in the southern Gulf of Mexico. *Fish Res* 65:81–88.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 2017. Catálogo de localidades, sistema de apoyo para la planeación del PDZP. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=040030614> [consultado el 25 de enero de 2017].
- Villanueva-Fortanelli, J. de J. 2015. Estudio socioeconómico de los pescadores de jaiba en la Laguna de Alvarado, Veracruz, México, para contribuir al manejo integral de la pesquería. *Cienc Pesq número especial* 23:101-113.
- Wakida-Kusunoki, A. T., A. González C., M. Medellín Á. y F. Arreguín-Sánchez. 2010. Estimación de la emigración del camarón café *Farfantepenaeus aztecus* a través de la boca del Mezquital, Tamaulipas, México. *Hidrobiológica* 20(3):256-265.
- Wakida-Kusunoki, A. T., R. I. Rojas-González, A. Toro-Ramírez, H. A. Medina-Quijano, J. L. Cruz-Sánchez. L. D. Santana-Moreno y I. Carrillo-Nolasco. 2016. Caracterización de la pesca de camarón en la zona costera de Campeche y Yucatán. *Cienc Pesq* 24(1):3-13.



# ***DESARROLLO RURAL***







# EVALUACIÓN COMPARATIVA DE INDICADORES RELEVANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GALLINAS DE TRASPATIO REPORTADOS EN SIETE ESTADOS DE MÉXICO

*Mara Yolítzin Rodríguez Espinoza<sup>1\*</sup> y José Nahed Toral<sup>1</sup>*

## Resumen

La avicultura de traspatio es una actividad con gran tradición en México y tiene aportes no sólo culturales sino también alimentarios y económicos, por lo que el objetivo de este trabajo fue la revisión y comparación de más de diez estudios de caracterización y análisis de avicultura de traspatio, llevados a cabo predominantemente en localidades rurales del sur y sureste de México. Los resultados muestran que los sistemas de traspatio se caracterizan, principalmente, por el manejo de las mujeres y en ocasiones cuentan con el apoyo del núcleo familiar para las actividades del mismo. Las aves preferidas son las gallinas criollas, en parvadas de seis hasta 40 aves, mantenidas en el espacio del traspatio y corrales rústicos diversos. Los productos obtenidos son huevo, carne y crías para autoabasto y en menor medida venta de los excedentes. La alimentación de las gallinas se basa en el maíz e inclusión, en algunos casos, de alimento balanceado, desperdicios de comida y complementación por pastoreo. Las unidades de traspatio, con poca frecuencia, aplican vacunas (23.69%  $\pm$  20.4%), medicamentos (38.96%  $\pm$  27.20%) o remedios caseros, de tal forma que la problemática radica en la prevalencia de enfermedades en la parvada, tales como: gripe, viruela, diarrea, Newcastle y afecciones no identificadas. Como factores de permanencia de la práctica de la avicultura de traspatio están su preferencia por el aporte de alimentos sanos y nutritivos, la percepción de una fuente de ingresos extras, una actividad que aprovecha la mano de obra de la familia, así como la tradición y herencia de esta actividad. Finalmente, se identifican aspectos de economía circular, ya que esta actividad productiva aprovecha los recursos familiares y

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur. \*mara5g14@gmail.com



regionales tales como: maíz, desechos de cocina, materiales locales para construcción de corrales y excretas de aves empleadas como abono para la agricultura, que son reciclados.

**Palabras clave:** avicultura de traspatio, economía familiar, seguridad alimentaria

## Introducción

El traspatio, también conocido como solar, es el área física próxima a la vivienda que se emplea como un espacio productivo donde se desarrolla el cultivo de áreas verdes y/o cría de animales domésticos, como aves de corral, cerdos, pequeños rumiantes, entre otros (Cuca *et al.*, 2015; Lönnqvist *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2011; Salas, 2015). La crianza de fauna en México, cuenta con una larga tradición ya que se remonta a los grupos sociales mesoamericanos (Alayón, 2015).

Al interior del traspatio, la cría de aves de corral se le conoce como avicultura de traspatio y abarca el manejo de gallinas, pavos, patos y gansos, gallinitas de Guinea, pichones, faisanes y codornices. Es la gallina la especie animal predominante y de mayor difusión debido a su corto ciclo de producción, bajo costo y mayor historia y tradición (Alayón, 2015; FAO, 2002; Itza *et al.*, 2016; Zaragoza *et al.*, 2011).

Hoy en día, la avicultura de traspatio se caracteriza por el manejo basado en el conocimiento tradicional, el bajo uso tanto de insumos como de recursos económicos, instalaciones rústicas fabricadas con materiales locales y la mano de obra aportada por los miembros de la familia (FAO, 2002; Itza *et al.*, 2016; Zaragoza *et al.*, 2011). En la unidad familiar, estos sistemas son manejados predominantemente por la mujer y los hijos (Alayón, 2015; Camacho *et al.*, 2006; Manwar, 2012; Rodríguez *et al.*, 2011).

Las aportaciones de la avicultura de traspatio a la familia son: el abastecimiento de huevo y carne que, al ser incorporados a la alimentación, constituyen un elemento de alto valor nutritivo y una fuente rica en proteína, fortaleciendo así la seguridad alimentaria de las familias (FAO, 2002; Itza *et al.*, 2016; Zaragoza *et al.*, 2011). Por otro lado, la avicultura de traspatio brinda apoyo a la economía familiar, ya que es una fuente de ahorro - a través del autoabasto - y/o



ingresos económicos extras, cuando los excedentes se destinan a la venta (Camacho *et al.*, 2006; Itza *et al.*, 2016; Salas, 2015; Zaragoza *et al.*, 2011).

Debido a la relevancia de los aspectos ya señalados para las unidades familiares, el objetivo de esta investigación fue realizar una revisión de literatura de estudios de caracterización y análisis de la avicultura de traspatio para comparados entre sí.

## Material y Métodos

Para desarrollar esta investigación se recopiló información de 13 estudios, sobre avicultura de traspatio, realizados en los siguientes estados de la república mexicana: Chiapas (Aguilar, 2021; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Ruíz, 2013; Salas, 2015; Zaragoza *et al.*, 2011); Veracruz (Molina, 2013; Sánchez y Torres, 2014); Guerrero (Cruz *et al.*, 2016; Mayo, 2018), Oaxaca (Camacho *et al.*, 2006); Yucatán (Gutiérrez *et al.*, 2007); Chihuahua (Itza *et al.*, 2016) y Tabasco (Morales, 2019), de los cuales se integraron los resultados obtenidos para cada uno de ellos (Figura 1).



**Figura 1. Estados de la República mexicana donde se realizaron las investigaciones de los trabajos reportados en este estudio.**

Se recopiló información de la dimensión social; de la actividad de traspatio; de la producción animal de traspatio y sus siguientes aspectos: finalidad productiva, instalaciones, alimentación,



medicinas, vacunas, remedios y presentación de enfermedades; así como motivos de las unidades familiares para practicar el traspatio; además de la dimensión socioambiental. La información se recabo en una hoja electrónica de Excel y las variables se analizaron mediante métodos gráficos y tabulares de la estadística descriptiva.

## **Resultados y Discusión**

### **Dimensión social**

Los estudios revisados se realizaron entre 2003 y 2016. Principalmente se llevaron a cabo en la zona sur – sureste de México y en localidades de ámbito rural (Figura 1). De los estudios analizados, sólo uno se reporta que se realizó en el norte del País y en una zona urbana (Itza *et al.*, 2016). Los estudios abarcaron en promedio muestras de 143 unidades familiares (en un rango de 495 a 39). En cuanto al tamaño de las familias que se encuestaron, el 78% de los estudios reporta que estas se componen en promedio de 4.3 personas, con un rango que va de 1.24 a 5.6 miembros.

Aguilar (2021), Cruz (2016), Gutiérrez *et al.* (2007) y Zaragoza *et al.* (2011) indican que el principal cuidador del traspatio son las amas de casa. De forma similar, Camacho *et al.* (2006), Guevara-Hernández *et al.* (2014), Itza *et al.* (2016), Mayo (2018), Ruíz (2013) y Sánchez y Torres (2014) mostraron predominancia en la participación de las mujeres en las actividades del traspatio familiar. En estas siete investigaciones se encontró que, en promedio, el 85% de las unidades de traspatio son atendidas por mujeres. La participación de todo el núcleo familiar fue reportada en porcentajes variables. Camacho *et al.* (2006), Mayo (2018) y Ruíz (2013) muestran la participación de todo el núcleo familiar en las tareas de traspatio en 34.04%, 72.3% y 34.9% respectivamente.

### **Traspatio**

El 69.23% de los estudios se realizó en muestras donde todas las familias realizan el traspatio (Aguilar, 2021; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Itza *et al.*, 2016; Mayo, 2018; Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Zaragoza *et al.*, 2011). Mientras que cuatro estudios (30.77%) se realizaron en muestras de familias que practicaban o no algún tipo de traspatio. Dichos estudios encontraron que el porcentaje de familias que lleva a cabo el traspatio fue de



83.1% (Camacho *et al.*, 2006), 99.3% (Gutiérrez *et al.*, 2007), 48% (Sánchez y Torres, 2014) y 89% (Cruz *et al.*, 2016).

### **Producción animal del traspatio**

El 92.3% de los estudios reportó que la principal especie productiva, en los traspatios, fueron las gallinas y, de ellas, la raza predominante fue del tipo criollo. El tamaño de las parvadas de las unidades de traspatio fue, en promedio, de 18 aves y los estudios reportan un rango desde seis hasta 40 aves (Aguilar, 2021; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Itza *et al.*, 2016; Mayo, 2018; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014; Zaragoza *et al.*, 2011). No obstante, también se reporta la presencia de otras especies animales, como guajolotes, patos y, en menor medida, cerdos y bovinos, entre otras.

### **Finalidad productiva**

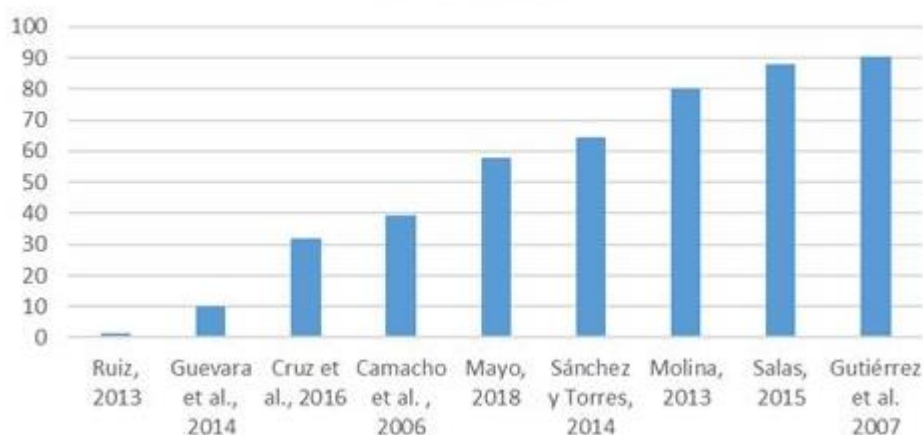
La avicultura de traspatio de las unidades familiares estudiadas tiene como finalidad zotécnica la producción de huevo, carne y crías. Zaragoza *et al.* (2011) y Cruz *et al.* (2016) revelan que el principal destino de los productos de las aves de traspatio fue el autoabasto, en tanto que los otros estudios reportan, en promedio,  $68.09\% \pm 25.25\%$  de unidades con el objetivo principal de autoabasto (Aguilar, 2021; Camacho *et al.*, 2006; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Itza *et al.*, 2016; Mayo, 2018; Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014). De forma no excluyente, en promedio, el  $30.83\% \pm 27.03\%$  de las unidades familiares realiza la venta de los productos (Aguilar, 2021; Camacho *et al.*, 2006; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Itza *et al.*, 2016; Mayo, 2018; Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014).

### **Instalaciones**

Todos los estudios revisados señalan que los corrales observados en los traspatios son principalmente rústicos, elaborados con material reciclados como madera, láminas y/o lonas de la zona. En cuanto al porcentaje de familias que cuenta con un corral, se encontraron resultados muy variables. Camacho *et al.* (2006), Cruz *et al.* (2016), Guevara-Hernández *et al.* (2014) y Ruiz (2013) reportan que menos del 50% de las unidades familiares emplean corrales. Mientras que Gutiérrez *et al.* (2007), Mayo (2018), Molina (2013), Salas (2015) y Sánchez y Torres (2014) encontraron porcentajes mayores al 50% de las unidades familiares (Figura 2).



Porcentaje de unidades de traspatio que cuentan con corrales



**Figura 2: Porcentaje de unidades de traspatio que cuentan con corrales.**

### Alimentación de aves de traspatio

El 92.3% de los estudios analizados reportaron el empleo de maíz para la alimentación de las aves en las unidades de traspatio; en estos se encontró que el 66.3% de las unidades familiares emplean maíz y el 26% emplean alimento balanceado. Cruz *et al.* (2016), Guevara-Hernández *et al.* (2014), Gutiérrez *et al.* (2007), Molina (2013), Morales (2019), Ruiz (2013), Salas (2015) y Sánchez y Torres (2014) reportan que la alimentación de las aves se complementa con desechos de la cocina. Zaragoza *et al.* (2011) y Cruz *et al.* (2016) indican que el sistema de producción es mediante pastoreo de las gallinas. El porcentaje de inclusión de estas fuentes de alimentación en los estudios fue variable (Cuadro 1).

**Cuadro 1: Estudios que reportan el uso de alimentos para las aves de traspatio.**

	Alimento balanceado	Maíz	Desechos de cocina	Pastoreo
Número de autores que reportan su inclusión en la dieta de las aves de traspatio	7	12	8	5



**Continúa Cuadro 1...**

	Alimento balanceado	Maíz	Desechos de cocina	Pastoreo
Desglose de autores		Camacho <i>et al.</i> (2006)		
	Camacho <i>et al.</i> (2006)	Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	
	Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	Zaragoza <i>et al.</i> (2011)	Molina (2013)	Zaragoza <i>et al.</i> (2011)
	Zaragoza <i>et al.</i> (2011)	Molina (2013)	Ruiz (2013)	Sánchez y Torres (2014)
	Ruiz (2013)	Ruiz (2013)	Guevara-Hernández <i>et al.</i> (2014)	Salas (2015)
	Guevara-Hernández <i>et al.</i> (2014)	Guevara-Hernández <i>et al.</i> (2014)	Sánchez y Torres (2014)	Cruz <i>et al.</i> (2016)
	Mayo (2018)	Sánchez y Torres (2014)	Salas (2015)	Mayo (2018)
	Morales (2019)	Itza <i>et al.</i> (2016)	Cruz <i>et al.</i> (2016)	
		Salas (2015)	Morales (2019)	
		Cruz <i>et al.</i> (2016)		

**Medicinas, vacunas o remedios**

Seis estudios muestran que el porcentaje de familias que aplican vacunas a las gallinas es de 23.69% ± 20.4% y, en promedio, 38.96% ± 27.20% de las familias emplean otros medicamentos alopáticos comerciales. Por su parte, Camacho *et al.* (2006) y Salas (2015) reportan que 67% y 10%, respectivamente, de las familias con traspatio aplican vacunas y medicamentos a las gallinas. Resalta que Mayo (2018) y Morales (2019) reportan la aplicación de remedios naturales en las unidades de traspatio (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Reporte y porcentaje de unidades de traspatio que aplican vacunas, medicamentos y/o remedios tradicionales locales.**

Autor	Vacunas	Medicamento	Vacunas o medicamentos	Remedios tradicionales locales
Camacho <i>et al.</i> (2006)	-	-	67.61%	-
Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	13.30%	49.10%	-	-
Zaragoza <i>et al.</i> (2011)	No reportado	No reportado	No reportado	No reportado
Molina (2013)	52.78%	5.40%	-	-
Ruiz (2013)	44.70%	29.80%	-	-
Guevara-Hernández <i>et al.</i> (2014)	-	79.50%	-	-
Sánchez y Torres (2014)	No reportado	No reportado	No reportado	No reportado



### Continúa Cuadro 2...

Autor	Vacunas	Medicamento	Vacunas o medicamentos	Remedios tradicionales locales
Itza <i>et al.</i> (2016)	16%	Aplican	-	-
Salas (2015)	-	-	10%	-
Cruz <i>et al.</i> (2016)	No reportado	No reportado	No reportado	No reportado
Mayo (2018)	-	Aplican	-	Aplican
Morales (2019)	15.38%	36%	-	64%
Aguilar (2021)	No reportado	No reportado	No reportado	No reportado

### Enfermedades

El 53% de los estudios mencionan, como un problema en las unidades de traspatio, la presentación de enfermedades en la parvada (Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Zaragoza *et al.*, 2011). Las principales enfermedades encontradas fueron: gripe, diarrea, viruela y Newcastle (Cuadro 3).

### Cuadro 3. Enfermedades encontradas en las investigaciones.

Autor	Enfermedades encontradas en las unidades de traspatio revisadas
Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	Catarro, viruela y diarrea.
Zaragoza <i>et al.</i> (2011)	Newcastle y no identificadas.
Molina (2013)	Diarrea blanca bacilar, enfermedades respiratorias, diarrea indiferenciada, viruela, no identificadas
Ruíz (2013)	Diarrea, gripe, viruela y no identificado (la peste).
Guevara-Hernández <i>et al.</i> (2014)	Gripe, viruela, Newcastle y diarrea.
Sánchez y Torres (2014)	Gripe, viruela, ácaros y Newcastle.
Itza <i>et al.</i> (2016)	Newcastle.
Salas (2015)	Viruela (tapu) catarro, diarrea
Mayo (2018)	Gripe, tos, viruela, no identificada.

### Motivos para la continuidad intergeneracional de la práctica de la avicultura de traspatio

El 53.8% de los estudios reportan que la gente considera a la avicultura de traspatio como una actividad que provee a la familia de alimentos sanos y nutritivos (Aguilar, 2021; Camacho *et*





*al.*, 2006; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Molina, 2013; Sánchez y Torres, 2014; Zaragoza *et al.*, 2011).

Aguilar (2021), Guevara-Hernández *et al.* (2014), Gutiérrez *et al.* (2007), Sánchez y Torres (2014) y Zaragoza *et al.* (2011) observaron que las personas que manejan el traspatio considera esta actividad económica como una fuente de ingresos extras o ahorro para la familia. Mientras que Camacho *et al.* (2006), Guevara-Hernández *et al.* (2014) y Salas (2015) muestran que la gente percibe, como ventaja del traspatio, el empleo de la mano de obra de las mujeres e hijos, Finalmente, el 30% de estudios encontró la permanencia de esta actividad por tradición o herencia (Molina, 2013; Mayo, 2018; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014).

### **Dimensión socioambiental**

Los estudios revisados muestran la importancia socioambiental del traspatio y, en particular, el de la producción de gallinas en zonas rurales, principalmente. Además, cumple con funciones socioculturales de tradición y arraigo, así como con funciones socioeconómicas, donde las mujeres, niños, niñas y jóvenes encuentran una fuente de alimentos, con alta calidad nutritiva y sanos, desde el punto de vista higiénico-sanitario, para toda la familia. También tiene importancia en esta dimensión debido a que la producción de gallinas no son una fuente importante de contaminación ambiental y se puede considerar que se desarrolla en el contexto de una economía, no lineal, sino circular debido a que se reciclan subproductos y productos, como materiales de la región para la construcción de los corrales rústicos, gallinaza para fertilizar los cultivos (Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Mayo, 2018), maíz para la alimentación de las aves de traspatio, producido y cosechado por los mismos productores (Aguilar, 2021; Cruz *et al.*, 2016; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Molina, 2013; Mayo, 2018; Ruiz, 2013; Salas, 2015), desechos de cocina para la alimentación de las aves de traspatio (Cruz *et al.*, 2016; Guevara-Hernández *et al.*, 2014; Gutiérrez *et al.*, 2007; Mayo, 2018; Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014;) e, incluso, reemplazo de animales de los traspatios propios y de la localidad (Molina, 2013; Morales, 2019; Ruiz, 2013; Salas, 2015; Sánchez y Torres, 2014 ; Zaragoza *et al.*, 2011).



## Conclusiones

1. Las familias que llevan a cabo el traspatio viven en un ámbito rural, se componen en general por cuatro miembros y los principales cuidadores son las amas de casa, con participación del núcleo familiar.
2. El traspatio es una actividad cultural y productiva muy afianzada en las familias ya que refuerza el arraigo a la tierra y tiene funciones socioeconómicas al ser fuente de alimentos e ingresos extras para la familia. Mientras que la principal especie animal presente son las gallinas criollas para la producción de huevo, carne y crías. Por su parte, el destino principal de los productos de las gallinas de traspatio es el autoabasto y en menor medida la venta de excedentes.
3. Las familias cuentan con parvadas de seis a 40 aves y el acondicionamiento de los corrales es variable; no obstante, los corrales son predominantemente rústicos. En cuanto a la alimentación de las aves la dieta se compone principalmente de maíz y se llega a emplear: alimento balanceado, desechos de cocina y lo complementan con el pastoreo. Un aspecto crítico a considerar es la sanidad animal ya que se identifica la presentación de enfermedades; pero no se administra de forma oportuna medicamentos, vacunas o remedios para su prevención o tratamiento.
4. Se detectan procesos que reflejan una economía circular ya que se emplean productos y subproductos generados en la unidad familiar y en la localidad (como el maíz y desechos de comida), materiales para la construcción, reciclados de materiales locales o regionales y energía, de la región (madera, paja, rastrojos, etc.) y excrementos de las aves para la fertilización de cultivos familiares y reemplazo de animales.

## Literatura Citada

Aguilar V. E. H. 2021. La seguridad alimentaria en familias de La Concordia, Chiapas: El papel de los traspatios. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chiapas. Campus V. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 73 p.

Alayón, G. J. A. 2015. Ganadería de traspatio en la vida familiar. Ecofronteras 19(54):6-9.



- Camacho E. M. A., T. I. Lira, C. L. Ramírez, P. R. López y G. L. Arcos. 2006. La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* X(28):3-11.
- Cuca, G. J. M., D.A. Gutiérrez A. y P.E. López 2015. La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *Agro Productividad* 8(4):30-36.
- Cruz S. B., R. M. Muñoz, V. H. Santoyo C., E. G. Martínez G. y G. A. Aguilar. 2016. Potencial y restricciones de la avicultura de traspatio sobre la seguridad alimentaria en Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13:257-275.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2002. Avicultura familiar. Enfoques <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0203sp1.htm> [Consultado 8 de marzo de 2021].
- Guevara-Hernández, F., L. Rodríguez, R. Perezgrovas, C. H. Gómez, R. Pinto, G. Rodríguez, A. Hernández, F. Medina y J. Nahed. 2014. Crianza de gallinas de traspatio en la fraileasca chiapaneca: estrategia para la seguridad alimentaria. p. 91-132. *In: G. R. A. M. P. Perezgrovas, S. Jerez y M. A. Camacho E. (ed.). Gallinas criollas y guajolotes nativos de México. Universidad Autónoma de Chiapas-Red CONBIAND. Tuxtla Gutiérrez.*
- Gutiérrez T. M. A., J. C. Segura C., B. L. López, F. J. Santos, R. H. Santos R., L. C. Sarmiento F., *et al.* 2007. Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 7:217-224.
- Itza, O. M. F., J. M. Carrera C., C. Y. Castillo, B. O. Ruíz, U. E. Aguilar y J. R. Sangines G. 2016. Caracterización de la avicultura de traspatio en una zona urbana de la frontera norte de México. *Revista Científica, FCV-LUZ* XXVI(5):300-305.
- Lönnqvist L., M. Mier y Terán, N. Tzec y Y. Bravo. 2018. Morral de experiencias para la seguridad y soberanía alimentarias. El Colegio de la Frontera Sur: Community Agroecology Network. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 217 p.
- Manwar S. J. 2012. Promotion of Rural Poultry Production in India. *Family Poultry Communications* 21(1):29-46.
- Mayo T. R. I. 2018. Aves de traspatio y extractos vegetales contra patógenos avícolas, una contribución a la seguridad alimentaria. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala, Guerrero, México. 87 p.
- Molina M. P. 2013. Comparación de dos sistemas de producción y de manejo sanitario de las aves criollas de traspatio en los municipios de Ignacio de la Llave y Teocelo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Campus Veracruz. Veracruz, Veracruz, México. 39 p.



- Morales V. G. 2019. Capítulo 3. Avicultura de traspatio en Tacotalpa, Tabasco. p. 69-77. *In:* Morales G. V. (ed.). Memoria Biocultural de la Selva. Universidad Intercultural del Estado de Tabasco. Tacotalpa, Tabasco, México.
- Rodríguez, G. G., R. G. Perezgrovas y L. M. Zaragoza. 2011. El traspatio como espacio de empoderamiento para la mujer tzotzil en Chiapas (México). *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1:280-283.
- Ruíz S. H. 2013. Caracterización del sistema de producción de aves de traspatio en áreas de alta marginación del estado de Chiapas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chiapas. Campus II. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 54 p.
- Salas, G. M. A. 2015. Caracterización del sistema de producción avícola a escala familiar en la localidad de "Terrero Copalar" del municipio de San Fernando, Chiapas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chiapas. Campus II. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 55 p.
- Sánchez S. M. y J. A. Torres R. 2014. Diagnóstico y tipificación de unidades familiares con y sin gallinas de traspatio en una comunidad de Huatusco, Veracruz (México). *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(2):63-75.
- Zaragoza L., B. Martínez, A. Méndez, V. Rodríguez, J. S. Hernández, G. Rodríguez, *et al.* 2011. Avicultura familiar en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1:411-415.



# DIAGNÓSTICO DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION FAMILIAR PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN AMEALCO, QUERETARO

*Rocío Díaz Huacuz<sup>1\*</sup>, Alfredo Tapia Naranjo<sup>1</sup> y Manuel Mora Gutiérrez<sup>1</sup>*

## Resumen

Para contribuir al desarrollo territorial del sector rural en el país y en las entidades federativas, es necesario contar con un diagnóstico de las unidades de producción familiar (UPF) de las regiones objetivo. Las UPF presentan una diversidad de factores que limitan y a la vez potencian el uso de tecnologías para lograr mayor productividad y beneficios. El objetivo del diagnóstico fue identificar la problemática actual del sector agropecuario y las características de las UPF de productores de Amealco, Qro. Por ello, en el marco del Programa de Desarrollo Territorial de la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER), se seleccionaron como territorios de alta marginación a las localidades de Santiago Mexquititlan y El Tepozan, del municipio de Amealco, Qro. Como metodología se aplicó un cuestionario con preguntas cerradas a 40 productores, seleccionados aleatoriamente bajo un nivel de confianza del 95%. La población objetivo fue 220 beneficiarios. Los resultados mostraron que el 62% de los productores tienen de 40 a 59 años de edad; el 48% de los productores terminaron la educación primaria, el 36% la secundaria y el 16% educación media y media superior. El maíz, es el cultivo con mayor participación en el mercado, el 21% se destinó a la venta; 23% al autoconsumo y 56% a la alimentación del ganado. Las variedades de maíz que utilizan son semillas criollas mejoradas (67%), y el 33% semillas mejoradas. El 40% recibió asistencia técnica de los programas de gobierno. Se concluye que el nivel tecnológico de los productores (medio a bajo) representa una oportunidad para cerrar brechas tecnológicas mediante el trabajo organizado y participativo.

**Palabras clave:** Desarrollo rural, maíz, ovinos

<sup>1</sup> Sitio Experimental Querétaro, CIRCE-INIFAP. [diaz.rocio@inifap.gob.mx](mailto:diaz.rocio@inifap.gob.mx)



## Introducción

El Proyecto de Desarrollo Territorial (PRODETER) del año 2019, es un proyecto acordado en un territorio por un grupo de Unidades de Producción Familiar asociadas en las escalas económicas necesarias para mejorar la producción primaria y crear o fortalecer un conjunto de empresas rurales. Se considera que ello les permita asumir de manera rentable las funciones económicas de las cadenas productivas en que participan, en un proceso gradual de integración horizontal y vertical, a fin de reducir costos de producción, generar y retener valor agregado, mejorar los precios de productos o servicios, y sus ingresos, así como para mejorar las condiciones productivas, la rentabilidad y la sustentabilidad de las UPF (DOF, 2019).

Uno de los objetivos principales es realizar la identificación y localización de cada uno de los PRODETER con el objetivo principal de recopilar y generar información estadística y geoespacial, con el propósito de monitorear y generar diagnósticos socioeconómicos y líneas base que permitan diseñar indicadores para medir el impacto de los cuatro componentes del Programa de Desarrollo Rural en los territorios y municipios atendidos.

Actualmente el diagnóstico vuelve a tener vigencia en los programas y proyectos locales encaminados a mejorar las condiciones que prevalecen en los pequeños agricultores y se considera una herramienta de gran utilidad como base para avanzar en las siguientes etapas de los procesos de desarrollo social (Bahena-Delgado y Tornero-Campante, 2009). Su importancia cobra mayor relevancia cuando su finalidad no sólo es identificar las potencialidades y carencias de un determinado lugar, sino que también debe llevar a identificar y priorizar los problemas que pueden solucionar los propios agricultores a partir de los recursos con que cuentan. El diagnóstico debe considerar aquellas potencialidades y oportunidades que los agricultores puedan capitalizar y que constituyen el punto de partida para lograr un desarrollo fundamentado en problemáticas reales y sus necesidades concretas. Para que el diagnóstico sea utilizado como una herramienta, es necesario que identifique con mayor precisión las causas que limitan el desarrollo de los agricultores y no los efectos, como tradicionalmente se ha venido interpretando en los procesos de desarrollo aplicados en el medio rural, debe proporcionar los conocimientos necesarios de cómo usan los productores los recursos de que disponen y que por desconocimiento o mal manejo están subutilizados (Bahena-Delgado y Tornero-Campante, 2009). Al respecto, Diez y García (2002). establecen



que el diagnóstico es una herramienta de gran utilidad cuando se trata de identificar las condiciones de un sector de la población, ya que estas adquieren formas diferentes en cada territorio de acuerdo con sus condiciones específicas, de su especialización productiva, de los recursos naturales y humanos, así como de la apertura local a los mercados nacionales e internacionales. En el mismo sentido, Lacki y Gaitán (1993) considera que el diagnóstico se debe hacer de manera más positiva y más constructiva, que priorice aquellos problemas cuya solución esté al alcance de los propios agricultores, que considere lo que el extensionista puede ofrecerles (conocimientos) y no lo que no puede proporcionarles (créditos, subsidios, insumos, maquinarias, etcétera).

Por tanto, el diagnóstico debe proporcionar información que sirva de base para el diseño de estrategias necesarias para hacer frente a las condiciones actuales que prevalecen en las unidades de producción. Debe ser punto de partida para la realización de futuros trabajos de desarrollo, indicando las formas de interacción entre los agentes de cambio y los productores de ese medio. A través del diagnóstico es posible encontrar las limitaciones y potencialidades con que cuenta la comunidad agrícola y a partir de ellas desarrollar de manera tanto teórica como práctica las actividades a desempeñar, para lograr los objetivos planteados con anterioridad por los distintos actores que promueven el desarrollo.

Acosta y Rodríguez (2006) consideran que para definir como unidad de producción (agricultura familiar) es necesario medir algunas variables: extensión del predio, utilización de mano de obra familiar, lugar de vivienda, fuente de ingreso y la comercialización del producto. En función de lo anterior, se concluye que una unidad de producción familiar debe ser aquella cuya superficie es suficiente que garantiza suministrar alimento todo el año; la explotación del predio deberá depender directamente de la fuerza de trabajo familiar; la ubicación de la UPF debe coincidir con el lugar de vivienda; la mayor proporción del ingreso debe provenir de la UPF y la mayor parte de la producción debe ser comercializada.

Este conocimiento del medio permite priorizar las actividades que requieren de acciones para mejorar a corto, mediano o largo plazos las condiciones que prevalecen en el entorno que se va a trabajar, considerando la participación de los productores no sólo para conocer su realidad, sino también en los futuros procesos de planificación, el cual es importante desde el punto de vista agrícola, social y económico, de acuerdo con diferentes variables relativas al productor (edad, integrantes de la familia, personas dedicadas al trabajo de campo, número



de hijos en el extranjero por familia, escolaridad, ingreso económico, tecnología agrícola, problemas en el manejo del agua) y a la unidad de producción (tenencia de la tierra, agricultura).

Partimos de la hipótesis de que el diagnóstico permite identificar las potencialidades y oportunidades con que cuentan los pequeños productores agrícolas de la región para lograr el desarrollo de la agricultura y el bienestar de la familia a partir de una unidad de producción familiar. El objetivo de este trabajo fue compilar información de los productores del municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro, con el propósito de generar un diagnóstico socioeconómico.

## **Materiales y Métodos**

El diagnóstico se llevó a cabo en dos localidades del municipio de Amealco: Santiago Mexquititlan y El Tepozan. La temperatura media anual en estas localidades es de 14.8°C, con una precipitación entre los 700 y 800 mm anuales, distribuida principalmente entre los meses de mayo a octubre (INEGI, 2012). Estas localidades se escogieron por su alta marginación y porque ahí se estableció el Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER).

Para el diagnóstico de las UPF se formuló un cuestionario intitulado “Desarrollo Rural”. Estructurado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en coordinación con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

La encuesta se encuentra en una aplicación móvil compatible con el sistema operativo Android. Se ingresa a ésta con un usuario y contraseña proporcionados por el SIAP. La encuesta está estructurada por 10 módulos y la opción de tomar la georreferencia de la unidad de producción familiar (UPF) que incluye la trayectoria y la captura de las fotografías del productor en su UPF.

Los módulos incluidos en la encuesta fueron los siguientes:

1. Identificación del cuestionario
2. Datos del productor
3. Datos de la unidad de producción
4. Caracterización del cultivo agrícola
5. Caracterización de hortalizas
6. Caracterización de frutales





7. Actividad apícola
8. Actividad pecuaria
9. Infraestructura, maquinaria y equipo
10. Comercialización

Se levantaron 40 encuestas a productores, beneficiarios del PRODETER, cantidad representativa de los integrantes de los proyectos y para poder tener un conocimiento adecuado de las unidades de producción. Las encuestas fueron realizadas en los domicilios y parcelas de los productores georreferenciándolos y fotografiando los lugares.

## **Resultados y Discusión**

### **Datos de los productores**

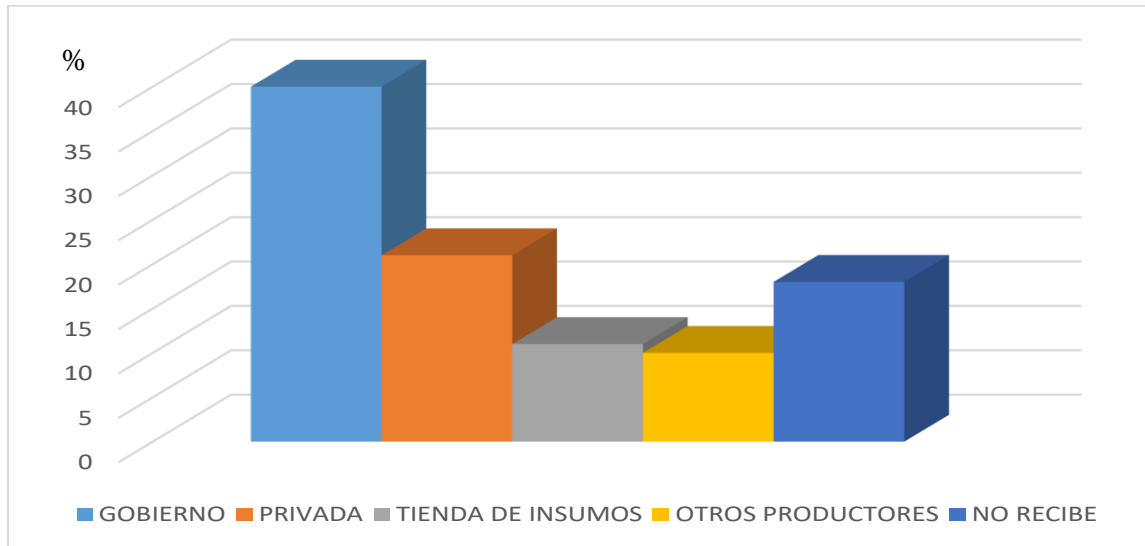
El 62% de los productores entrevistados tienen de 40 a 59 años de edad y el 38% son menores de 40; se puede calificar como una población joven en su mayoría, factor clave para llevar a cabo con energía y entusiasmo la operación de los proyectos. El 48% de los productores terminaron la educación primaria, el 36% la secundaria y el 16% educación media y media superior. Esto es importante ya que la toma de decisiones requiere de conocimientos básicos para discernir lo más conveniente para la organización, además de que se facilita la transmisión de información.

En las localidades, se dedican a la agricultura y ganadería, sin embargo, la actividad principal de aporte económico es la ganadería. Con respecto a los aspectos agrícolas predomina la tenencia ejidal, y el uso de agostaderos es comunal. La unidad de producción es variable, ya que los productores están en el rango de 1.0 a 4.0 ha de superficie. Los que tienen más de 1.0 ha, están fragmentadas y separadas, en dos o tres parcelas con diferente característica de suelo.

La totalidad de los productores entrevistados no cuenta con financiamiento público o privado, por lo que para el proceso productivo emplean recursos propios. En la Figura 1 se puede observar que en cuanto a la asesoría técnica que reciben los productores entrevistados, quienes respondieron a esta pregunta, el 40% recibió asistencia técnica de los programas de gobierno en los dos últimos años; el 21% dijo recibir asistencia técnica privada; un 11% la



reciben de las tiendas de insumos; 10% se auxilian de otros productores y el 18% restante dijo no recibir este servicio.



**Figura 1. Servicio de asistencia técnica de los productores del PRODETER Amealco.**

### Actividad agrícola

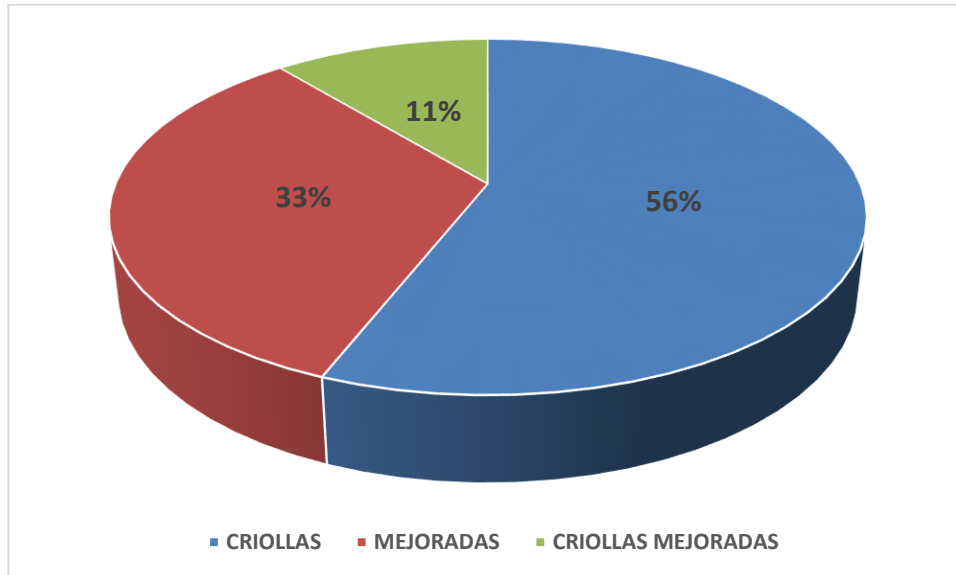
La cadena productiva como eje de la unidad de producción familiar es el maíz, es el cultivo con mayor participación en el mercado. El cultivo de maíz en el territorio se produce bajo riego punteado y de temporal. Para esta variable se tomó la producción total reportada por los productores entrevistados en el ciclo inmediato anterior, de la cosecha de maíz que se obtuvo en el año agrícola 2020, el 21% se destinó a la venta; 23% al autoconsumo y 56% a la alimentación del ganado.

La venta se hace en la cabecera municipal a acopiadores y, por lo general, es muy castigado el precio al no realizarse ventas consolidadas.

En relación a las variedades de maíz que utilizan los productores el 56% emplea para su siembra semillas criollas; el 33% emplea semillas mejoradas, por lo general híbridos de maíz propios para los valles altos y el restante (11%) emplean semilla criolla mejorada mediante selección masal o cruzado con algún híbrido del gusto del productor (Figura 2). En general, las variedades criollas que utiliza el productor son de ciclo largo, susceptibles al acame y con alto porcentaje de plantas “jorras”. Esta condición las somete a riesgo de heladas tempranas



cuando hay retrasos del temporal o en fechas de siembra retrasadas cuando se dispone de riego.



**Figura 2. Uso de semillas criolla y mejorada en productores del PRODETER Amealco.**

Con respecto a la fertilización, el 17% de los productores entrevistados no utilizan fertilizante, el 41% aplican composta, el 23% aplica urea en la segunda escarda y el resto aplican las formula 18-46-00, debido a que la mayoría no fertilizan en la siembra y, las cantidades de fertilizante que aplican durante todo el ciclo del cultivo son bajas. En gran medida esto se debe a la falta de recursos económicos para la adquisición del fertilizante, así como la expectativa de obtener bajos rendimientos, 1.8 t/ha en temporal y 3.6 t/ha en punta de riego. La precipitación es una variable que indica para este diagnóstico, el potencial para la agricultura en la zona de estudio, por lo que se deben considerar las limitaciones de su poco aprovechamiento en la planeación de las acciones de mejora para los productores (Bahena-Delgado y Tornero-Campante (2009).

Si se toma en cuenta la precipitación que reporta el INEGI (2012) para estas localidades, así como el potencial de las variedades criollas y mejoradas validadas con productores en la región, estas se encuentran muy por debajo de su potencial de rendimiento (Tapia *et al.*, 2019). De los productores encuestados el 89% realiza control de maleza, de estos el 30% lo hizo en



forma manual y el 59% con herbicidas. La maleza predominante es de hoja ancha como el quelite, correhuela, chayotillo; y de hoja angosta como diversos tipos de zacates y el coquillo. El 46% de los productores aplica insecticidas para el control de plagas. De forma más específica, para control de chapulín el 16% de los productores aplicaron los productos que entrega el Comité Estatal de Sanidad Vegetal como parte de la campaña y cuya aplicación se hace de forma dirigida en la maleza de los canales y cabeceras de las parcelas; 10% de los productores aplicaron insecticida al suelo para control de gallina ciega; 10% aplicaron insecticida para control de gusano cogollero y 10% aplica para mosquita blanca.

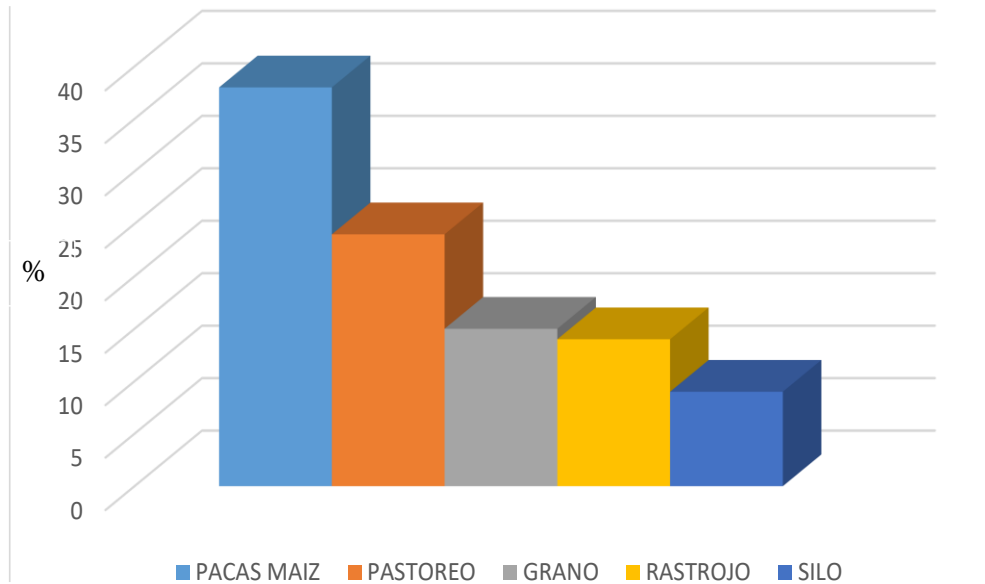
### **Actividad pecuaria**

De acuerdo a las respuestas de los productores entrevistados en el territorio, 17% de ellos, además de maíz manifestaron contar con actividad ganadera con especies ovinas y bovinas. Para el caso de ovinos el tamaño del hato va de 3 a 35 cabezas con un promedio de 16. Para el caso de bovinos, el tamaño del hato va de 2 a 20 cabezas con un promedio de siete. En cuanto a los productores de ovinos, destaca la baja eficiencia reproductiva menor al 60%, mortandad pre destete mayor al 15%, no cuentan con programas de sanidad, la nutrición del ganado es deficiente ya que la realizan principalmente a base de rastrojo de maíz y de igual forma tienen un deficiente manejo del agostadero.

En cuanto a la nutrición del hato, tanto ovino como bovino, en la Figura 3 se puede observar que destaca el uso de pacas de rastrojo de maíz, el 38% de los productores las emplean; en seguida con 24% el pastoreo en agostadero en praderas; le sigue los granos con 15%, el rastrojo con 14% y por último, el silo y corte de forraje en verde con un 9%.

En realidad, se trata de una combinación de estas opciones dependiendo del acceso y disponibilidad de recursos. Una de las demandas de los productores es capacitación en elaboración de dietas de bajo costo con insumos locales.

Los elementos de diagnóstico en las localidades de estudio indican áreas de oportunidad para mejorar las condiciones actuales de las unidades de producción, sin embargo, en la implementación de acciones se hace necesario la estratificación de éstas, como lo indican Diez y García (2002).



**Figura 3. Tipo de alimentación empleado en el hato ovino y bovino.**

Ya que al menos se identifican productores interesados en las semillas mejoradas para sus parcelas de mejor calidad y productores a quienes la ganadería es su fuente de ingresos. También se deben considerar como elemento de estratificación el diferente nivel tecnológico de los productores.

Todo esto considerando las acciones y proyectos que el estado planea implementar para las localidades de estudio. Cabe tomar en cuenta también las consideraciones de Lacki (1993) en cuanto al enfoque y perfil de la asistencia técnica la cual debe orientarse hacia la práctica de una agricultura sostenible en la que se requiere más de principios y conocimientos tecnológicos para aprovechar el potencial agroecológico de la zona, así como los recursos naturales y materiales de que disponen los productores. Más aún, si se considera que la unidad de producción familiar debe disponer de los recursos físicos, tecnológicos y humanos, suficientes que garanticen alimento todo el año, en los términos que señalan Acosta y Rodríguez (2006).

## Conclusiones

La edad y escolaridad de los productores del PRODETER muestra que son jóvenes con experiencia, fortaleza física y conocimientos, elementos indispensables para iniciar proyectos,



fortalecerlos y consolidarlos en el mediano y largo plazo; sin embargo, se requiere validar algún método de transferencia de tecnología que permita una mejor adopción de la misma por productores de 50 a 60 años.

El nivel tecnológico de los productores es de medio a bajo, y representa una oportunidad para cerrar brechas tecnológicas mediante el trabajo organizado y participativo. El principal sistema producto agrícola fue el maíz de temporal, por lo que se identificó una necesidad de contar con alternativas de forraje de temporal para la alimentación de borregos que es el principal sistema producto pecuario. Los maíces nativos en el representan un recurso sostenible y susceptible para obtener mayor rendimiento y calidad, mediante mejoramiento participativo y selección masal. En la siembra de maíz de temporal se identificó el uso de criollos principalmente, lo que hace necesario validar algunos cultivos alternativos y variedades mejoradas. Asimismo; se ve la necesidad del control de plagas como el chapulín y gusano cogollero, con alternativas sustentables de manejo. Se destacó la necesidad de un manejo de plagas de granos almacenados. Para el manejo adecuado del ganado, se identificó la necesidad de capacitación en temas sanitarios, de nutrición y reproducción; así como contar con mejor infraestructura de corrales.

Al interaccionar en los proyectos PRODETER con productores de diferentes estratos se logró una sinergia al compartir experiencias y aquellos productores de subsistencia tomaron enseñanzas de los más avanzados, ya que se consiguió trabajar basados en una organización, con la visión empresarial, la innovación tecnológica y la vinculación al mercado.

## Literatura Citada

- Acosta, L. A. y M. S. Rodríguez. 2006. En busca de la agricultura familiar en América Latina. RIMISP, Santiago, Chile.  
[http://www.cehap.bellinux.net/IMG/pdf/En busca de la agricultura familiar en LA.pdf](http://www.cehap.bellinux.net/IMG/pdf/En_busca_de_la_agricultura_familiar_en_LA.pdf)  
f. [consultado el 20 de febrero del 2019].
- Bahena-Delgado, G. y M. A. Tornero-Campante. 2009. Diagnóstico de las unidades de producción familiar en pequeña irrigación en la subcuenca del río Yautepec, Morelos. Socioeconómica, Sociedad y Territorio IX (29):164-184.



- Díez V, O e Y. García L. 2002. La región de Cienfuegos: el sector agropecuario, Ministerio de Agricultura. La Habana 45 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos de Operación del Programa de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2019. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5551593&fecha=28/02/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551593&fecha=28/02/2019) [consultado el 20 de febrero del 2019].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2012. Anuario Estadístico de Querétaro 2011. México. [https://issuu.com/sedeagro/docs/anuario\\_2011](https://issuu.com/sedeagro/docs/anuario_2011) [consultado el 20 de febrero de 2020].
- Lacki, P. y J. Gaitán A. 1993. La modernización de la agricultura los pequeños también pueden (No. CD-IIICA-: C10-O7m). Oficina Regional de la FAO en América Latina y el Caribe FAO. Serie Desarrollo Rural No. 11. 35 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019 Expectativas Agroalimentarias 2019. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Brochure%20Expectativas%202019> [consultado el 20 de febrero de 2020].
- Tapia, N. A, M. Mora G. y U. Mora M. 2019. Validación del híbrido de maíz H-50 con riego puntuado en los valles altos de Querétaro. *In*: Memoria de las Reuniones Nacionales de Investigación, Innovación, Pecuaria, Agrícola, Pecuaria y Acuícola Pesquera, Chiapas 2019. Tuxtla Gutiérrez, Chis.



# PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA APÍCOLA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN DOS REGIONES DE OAXACA

*Blanca Patricia Castellanos Potenciano<sup>1\*</sup> y Eder Ramos Hernández<sup>2</sup>*

## Resumen

El estado de Oaxaca ocupa el sexto lugar como productor nacional de miel. Como parte del diagnóstico de los Proyectos de Desarrollo Territorial (PRODETER, 2020) en el estado. El objetivo del trabajo fue analizar la percepción de la problemática apícola entre dos grupos de productores de la región Mixteca y Costa. Se aplicó una encuesta a los apicultores con ocho categorías temáticas, de las cuales se seleccionaron las variables sociales, productivas y perceptuales más representativas. Se realizó un análisis exploratorio de los datos utilizando estadísticas descriptivas y la prueba de correlación de Pearson. Se identificó una diferencia entre la percepción de la problemática entre ambas regiones, donde el 90% de los apicultores de la región Mixteca percibió el bajo precio de la miel como el principal problema. En la región Costa, el 60% identificó los costos de las reinas como el principal problema de la actividad. Así la edad, los años de estudio, la experiencia y el proceso de aprendizaje, se relacionan con la percepción de algunas de las problemáticas percibidas, como reacción de una experiencia pasada, como fue la percepción del bajo precio de la miel y el riesgo de la baja rentabilidad. En este sentido los apicultores propusieron actividades dirigidas a reducir ese riesgo. Resaltando la importancia de considerar la comprensión de la problemática, desde la percepción de los actores en los agroecosistemas apícolas; lo que permite proponer programas de desarrollo con estrategias dirigidas, acordes a las necesidades de cada región.

**Palabras clave:** apicultores, percepción-social, Oaxaca

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Valles Centrales de Oaxaca. [castellanos.blanca@inifap.gob.mx](mailto:castellanos.blanca@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Huimanguillo Tabasco.





## Introducción

La apicultura es una actividad que ha demostrado ser una herramienta para el desarrollo del sector primario en varios países. En México el cierre de producción de miel en el 2020 fue de 61.9 mil t. El estado de Oaxaca ocupa el sexto lugar como productor de miel en nuestro país, aportando 4, 592.292 t, con un valor de más de 185 millones de pesos (SIAP, 2018). Esto ha sido producto del incremento en el número de apicultores y el número de colmenas en los últimos seis años. La apicultura del estado se encuentra distribuida en siete de las ocho regiones del estado de la cual, dos regiones aportan el 65% de esa producción, la región Costa y la región Mixteca por lo que representa dos zonas apícolas importantes para el estado. La participación social de la apicultura oaxaqueña está representada por un mosaico heterogéneo de etnias distribuidas en las diferentes regiones que han encontrado en la apicultura un medio de vida que se complementa con las actividades en la unidad de producción familiar (UPF). Cada región posee factores bióticos, abióticos, sociales y culturales que abarcan diferentes grupos lingüísticos con su propia percepción del ambiente (Berumen, 2003; DIGEPO, 2018). Por lo que los apicultores realizan actividades de manejo relacionadas a variables socio-ambientales que influyen en el desarrollo de la actividad y en la percepción de la problemática entorno a la producción de miel, principalmente.

En general, la percepción se describe como la reacción ante el proceso de información de nuestro hábitat, de las acciones que efectuamos y de nuestros propios estados cognitivos. Es por esto que la percepción del ambiente, las actividades que en el desarrollamos y los problemas que nos representa, no se sustentan en un pensamiento neutral de contemplar el mundo, si no que contiene sesgos que nos llevan a privilegiar ciertas situaciones sobre otras, con distintos grados de importancia influenciadas por intereses propios, vinculados por la cultura, economía y poder (Calixto y Herrera, 2010). Por lo que una misma actividad productiva puede poseer diferentes representaciones de acuerdo con el grado de exposición y sensibilidad perceptual de los actores que participan en ella. En los sistemas de producción apícola, existen interacciones entre los actores sociales y los factores ambientales y económicos, similar a lo enunciado por Conway y McCracken (1990), para la producción de alimentos y servicios que benefician al hombre; creando la necesidad de explorar las problemáticas que los productores perciben, ya que, sus demandas impactan el quehacer



científico y los estudios previos a la planificación de proyectos que impulsan el desarrollo de la actividad.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene el objetivo de identificar la percepción de los principales problemas para la producción apícola, en dos grupos de productores pertenecientes a la región Mixteca y Costa del estado de Oaxaca.

## **Materiales y Métodos**

Derivado de las actividades de diagnóstico del Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER 2020) de concurrencia 2019, en el estado de Oaxaca, se realizó un diagnóstico rápido participativo con apicultores de la región Mixteca pertenecientes a dos localidades (Guadalupe Miramar y Santiago Nuyoo) y de forma independiente apicultores de la región Costa pertenecientes a tres localidades (San Baltazar Loxicha, Santa Catarina Loxicha y San Gabriel).

En cada región se realizó un taller, en el cual, a través de la participación horizontal entre apicultores, se estimuló la autoevaluación de prioridades en el sector, así como el intercambio de experiencias en el grupo. Posteriormente, se aplicó una encuesta a 18 apicultores de la región Mixteca y 15 de la región Costa, integrada por 80 preguntas estructuradas y semiestructuradas, en las que se incluyeron ocho secciones 1) datos generales, 2) manejo, 3) alimentación, 4) recambio de reinas, 5) sanidad, 6) recursos naturales, 7) comercio y 8) problemática. De esas, se consideraron las variables sociales, productivas y perceptuales explicativas que sirvieran para describir a cada grupo y obtener la autopercepción sobre la problemática apícola, así como el grado de asociación entre las variables.

Para medir el grado de asociación entre variables se hicieron correlaciones parciales y la mejor relación funcional entre éstas se determinó mediante análisis de regresión, utilizando estadísticas de asociación y la prueba de correlación de Pearson en el programa, Statistica® 7. Para confirmar el grado de presencia de varroa en los apiarios, se realizó un diagnóstico con la prueba descrita por David de Jong *et al.*, (1982), también conocida como “lavado de abejas”.



## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta el número de apicultores participantes en las actividades del diagnóstico.

**Cuadro 1. Participantes de los talleres y numero de entrevistados.**

Localidad	Región	No participantes en taller	No de encuestados
Guadalupe Miramar	Mixteca	14	11
Santiago Nuyoo	Mixteca	7	7
San Baltazar Loxicha	Costa	9	9
Santa Catarina Loxicha	Costa	3	4
San Gabriel	Costa	0	2

Región Mixteca. El análisis de los datos se mostró, que el grupo de apicultores de la región Mixteca tienen una edad promedio de 48 años, ocho años de estudio y diez años de experiencia en apicultura fija, actividad que el 67% de ellos aprendió a través de “un amigo” (aprendizaje informal) evidenciando el aprendizaje social, predominante en el sector agropecuario (Cazorla y de los Ríos, 2011). Los apicultores del territorio en promedio tienen tres dependientes económicos, de los cuales al menos dos de ellos colaboran en la actividad apícola, por lo que hay una dependencia de la mano de obra familiar.

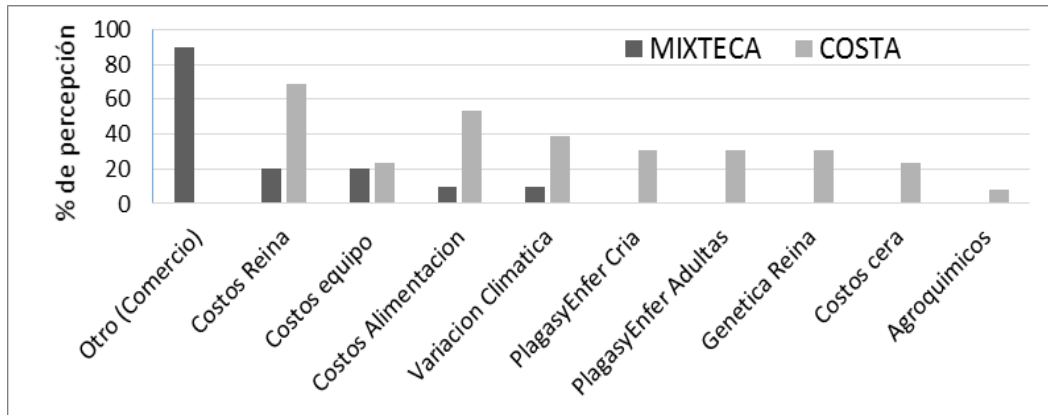
Los apiarios en promedio se encuentran ubicados a 1, 500 msnm y en áreas sin perturbaciones significativas en la vegetación, además que, el 100% de los apicultores participa en labores de reforestación con especies melíferas, lo que expone el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el territorio.

El apicultor dedica en promedio un día de trabajo en el apiario dentro de la jornada semanal, sin embargo, en cada visita el 100% requiere contratar un jornal de trabajo, que consiste en un 90% de mano de obra familiar (del cual 80% recibe un pago por sus servicios) y el 10% restante contrata el jornal fuera de la familia, tiene un costo promedio de \$ 200.00, sea familiar o no.

La capacidad de producción de cada apicultor es 34 colmenas en promedio, las cuales, distribuyen en dos apiarios, con una producción de 26.4 kg/colmena. La autopercepción sobre la problemática apícola del 90% de este grupo, identificó “el bajo precio de la miel” (por ser el



único producto del apiario), pues el año anterior (2019), fue de \$ 24.00 por kg, comparado con el 2018, cuyo precio fue de \$ 35.00, por lo que optaron en no vender la miel y almacenarla en sus casas. El 10% señaló otros temas relacionados a la producción (Figura 1).



**Figura 1. Frecuencia de situaciones que los apicultores perciben como problemas en la apicultura de sus regiones.**

Con el cuestionario y pruebas de diagnóstico, se identificó que tenían problemas de varroa (principalmente), la cual no recibe tratamiento. La falta de atención a esta plaga es debido a que no la consideran de gravedad y perciben que no les causa mayor daño a sus colmenas. Sin embargo, se les instruyó en la prueba y la importancia de realizarla. Se identificó que desconocen las buenas prácticas pecuarias en la producción de miel, así como las características físicas y organolépticas de la misma. Por lo cual, en la encuesta reflejó la necesidad de capacitación en este tema, lo cual perciben puede contribuir en mejorar su producción.

### **Región Costa**

Por su parte, los apicultores de Costa, tienen 42 años en promedio, ocho años de estudios y cinco de experiencia en apicultura fija; en este grupo el 60% aprendió la actividad de manera formal, a través del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) (Ballara *et al.*, 2007), evidenciando el aprendizaje difusionista característico de los procesos de transferencia en la función pública (Monzon *et al.*, 2020; Rodríguez-Espinosa *et al.*, 2020). Estos apicultores tienen una media de cuatro dependientes económicos, de los cuales, al menos dos de ellos colaboran en la actividad apícola.



Los apiarios en promedio se encuentran ubicados a 1,100 m de altitud y el 54% de la actividad alrededor del apiario es agricultura de autoconsumo, y solo el 40% realiza actividades de reforestación con especies de interés melífero. Se registró, que el apicultor dedica en promedio 1.5 días de trabajo en el apiario dentro de la jornada semanal, para ello, el 76.9% requiere de apoyo, que consiste en mano de obra familiar, la cual no recibe un pago por sus servicios.

Se observó que tienen una capacidad de producción de 38 colmenas, distribuidas en dos apiarios, con una producción de 18.4 kg/colmena. Sobre la percepción de los problemas para la producción apícola, se identificaron situaciones relacionadas a los costos de alimentación, costos de reinas y la variación climática principalmente (Figura 1). Sobre la presencia de varroa, a través del diagnóstico en las abejas se racionalizó como uno de los problemas que requiere atención. A pesar de que el precio por kilogramo de miel les afectó en el ciclo anterior, identificaron como prioridad la necesidad de capacitación en los problemas percibidos por ellos mismos. Entre ambos grupos la percepción de la problemática es variada de acuerdo con su percepción (Figura 1). Se realizó la correlación de cada problemática con las principales variables sociales (edad, años de estudio, experiencia y proceso de aprendizaje) en cada grupo y se obtuvo que, para los apicultores en la Mixteca los años de estudio o escolaridad influyen en la percepción de los “costos de alimentación” ( $p = -0.57$ ) y en la problemática del “bajo precio de la miel” ( $p = 0.57$ ) y el proceso de aprendizaje influyó en la percepción de la “variación climática” como problemática apícola (0.86) (Figura 2: A, B y C).

Para los apicultores de la costa, la edad influyó en la percepción de “costos de la alimentación” ( $p = 0.62$ ), los años de estudio se relacionó con la percepción de la problemática de los “agroquímicos” ( $p = 0.74$ ) y la falta de “comercio” ( $p = 0.59$ ); la experiencia, estuvo relacionada con la problemática de “agroquímicos” ( $p = 0.58$ ) y el “comercio” ( $p = 0.59$ ) (Figura 2: D, E, F, G, H). En síntesis, el grupo de apicultores en la región de la Costa perciben un mayor número de problemas en la apicultura, atribuidos a que tienen menos años de experiencia, por lo que pudieran aun, no contar con las estrategias de manejo que los ayuden a enfrentar esas situaciones, a pesar del aprendizaje técnico en su formación apícola; a diferencia del conjunto de la región Mixteca que aprendieron a través del proceso social por imitación y su experiencia en la actividad es mayor.

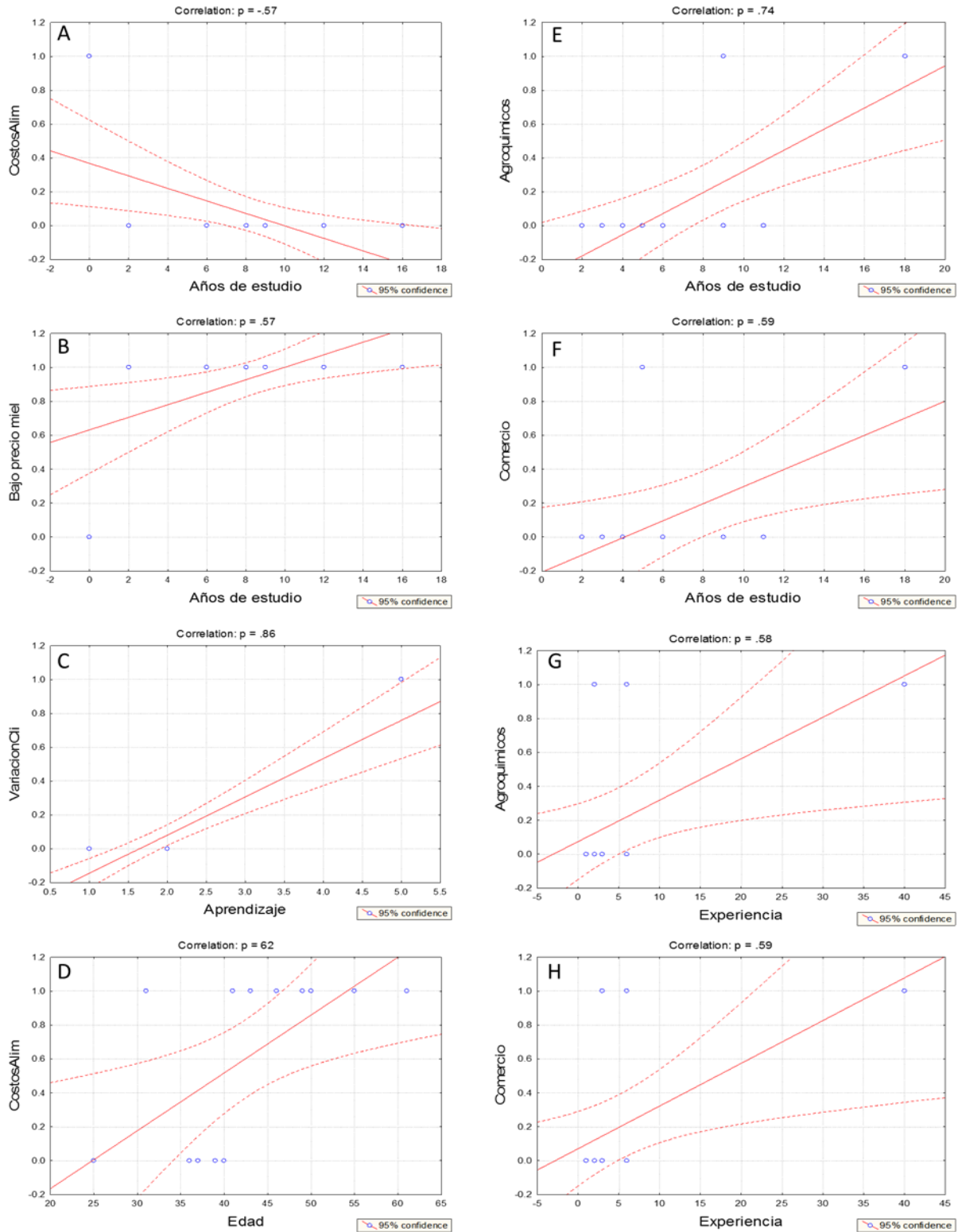


Figura 2. Correlaciones significativas ( $p < 0.0500$ ) de sobre la percepción de la problemática apícola en función de aspectos sociales; en los apicultores de la región Mixteca (A, B y C) y Costa (D, E, F, G y H).



Esta situación es relevante ya que, saber la forma en que los productores prefieren aprender posibilita el diseño de metodologías de enseñanza, acordes a las realidades del contexto rural y las características de sus pobladores, facilitando la incorporación de nuevos conocimientos (Rodríguez-Espinosa *et al.*, 2020).

En ambos grupos la percepción en los costos para la producción y el riesgo de no recuperar la inversión realizada se concibe como el principal problema apícola. Esta percepción, además, de ser producto de una experiencia pasada, podría estar relacionada con el tipo de apicultura fija que practican, ya que en comparación con apicultores que practican apicultura móvil, perciben el cambio climático como el principal problema de la actividad, percibiendo los costos, con un menor grado de magnitud (Gallardo-López *et al.*, 2021).

Para los apicultores en Oaxaca, esta reacción se genera como respuesta ante una experiencia acontecida y que, estimula los procesos cognitivos en relación con el riesgo (Ojeda y López, 2017). Por esto, en conjunto con los apicultores se desarrollaron temas estratégicos para enfrentar la problemática que ellos identificaron y que pone en riesgo el abandono de la actividad ante la falta de rentabilidad; apostando por la promoción del consumo interno de los productos de la colmena.

Así, se plantearon temas relacionados a la problemática percibida por lo apicultores y la que se identificó con el análisis de la encuesta, difundiendo conocimiento relacionado en mejorar la comercialización del producto, conocer las características fisicoquímicas y sensoriales de la miel, la importancia de identificación botánica para el valor agregado, propiedades de la miel, diversificación, así como lineamiento del correcto etiquetado del producto.

## **Conclusiones**

La exploración de la cognición sobre autopercepción de la problemática en los apicultores, es relevante para la toma de decisiones, comprensión y propuesta de solución. La percepción de la problemática del sector, permite proponer programas de desarrollo con estrategias dirigidas, acordes a las necesidades de cada región. La identificación de las problemáticas de los apicultores en Oaxaca, permitió proponer temas para dirigir el acompañamiento técnico en los temas de capacitación para las diferentes regiones, y que contribuyó en los procesos de



transferencia realizados por los facilitadores, al seleccionar los temas y herramientas de transferencia que contribuyeron en realizar acciones para manejar el riesgo rentable perceptible por parte de los apicultores, e impulsar esta actividad productiva.

## Agradecimientos

El financiamiento del trabajo se recibió a través de los Proyectos de Desarrollo Territorial PRODETER de concurrencia Itundujia, Loxicha y Chatina en Oaxaca.

## Literatura Citada

- Ballara, M., S. Parada y S. Luz Barrios. 2007. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, México. PESA. FAO, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016046982> [consultado el 30 de agosto de 2021].
- Berumen, M. 2003. Geografía económica de Oaxaca. <https://www.eumed.net/cursecon/libreria/mebb/indice.html> [consultado el 30 de agosto de 2021].
- Calixto, F. R. y R. L. Herrera. 2010. Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. *Tiempo de Educar* 11(22):227-249.
- Cazorla M. A. e I. de los Ríos C. 2011. Trabajando con la gente en los proyectos de desarrollo rural: una conceptualización desde el aprendizaje social. p. 9-46. *In: AECID (ed.). Modelos para el desarrollo rural con enfoque territorial en México. Colegio de Posgraduados, México.*
- Conway, G.R. and J.A. McCracken. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis. p. 221-235. *In: Altieri, M. A. (ed.) Agroecology and small farm development. Boca Raton, Fla. USA.*
- De Jong D., A. De Roma and L.S. Goncalves. 1982. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honey bees. *Apidologie* 13(3):297-306.





- DIGEPO (Dirección General de Población de Oaxaca). 2018. Oaxaca siglo 21. Población indígena Vol. 41. N. Época. 84 p. <https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/informacion-sociodemografica-del-estado-de-oaxaca/> [consultado el 30 de agosto de 2021].
- Gallardo-López, F., B. Castellanos-Potenciano, G. Díaz-Padilla, A. Pérez-Vázquez, C. Landeros-Sánchez y A. Sol-Sánchez. 2021. Disonancia cognitiva ante el cambio climático en apicultores: un caso de estudio en México. *Rev. Mex. Cien. Pec.* 12(1):238-255.
- Monzón, M., W. Brites y F. Landini. 2020. El aprendizaje de extensionistas y la reflexión desde la acción. *Prácticas y disposiciones reflexivas. Pilquen - Sección Psicopedagogía* 17(2):33-43.
- Ojeda R. D. E. y V. E. López V. 2017. Relaciones intergeneracionales en la construcción social de la percepción del riesgo. *Desacatos* 54 (1):106-121.
- PRODETER (Proyectos de Desarrollo Territorial) 2020.  
<http://www.apta.com.mx/apta2008/ce/dof/descargapdf/2020/03Marzo/20200326/sadr20032610-5.pdf> [consultado el 30 de agosto de 2021]
- Rodríguez-Espinosa, H., C. E. Ospina-Parra, C. J. Ramírez-Gómez, I. C. Toro-González, A. Gallego-Lopera y M. A. Piedrahita-Pérez, *et al.*, 2020. Lineamientos para una metodología de identificación de estilos de aprendizaje aplicables al sector agropecuario colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 21(3):1-19.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre de la producción pecuaria (1980-2018). [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario) [consultado el 20 de febrero de 2020].
- Statistica para Windows. 2007. StatSoft



# EJECUCION DE PROYECTOS LOCALES INTERINSTITUCIONALES Y TRANSDICIPLINARIOS, DEL SECTOR AGROPECUARIO EN EL CENTRO DE VERACRUZ

*Carmen Aridai Hernández Estrada<sup>1\*</sup>, Ana Lid Del Ángel Pérez<sup>1</sup>, Jeremías Nataren Velazquez<sup>1</sup>,  
Rogelio Miranda Marini<sup>1</sup> y Marcos Vázquez Hernández<sup>1</sup>*

---

## Resumen

Las diferentes dependencias gubernamentales, instituciones educativas y centros de investigación, cada sexenio y gobierno en turno, se alinean a la política central emitida y dinámica de trabajo para el apoyo al sector agropecuario. En el año 2013 la cruzada nacional contra el hambre, buscaba promover la riqueza local en zonas marginadas, las diferentes alternancias partidistas en el gobierno nacional ha volteado la atención al campo; sin embargo en la ejecución de proyectos de investigación, transferencia de tecnología o productivos, pocas veces ocurre la interrelación de esfuerzos entre beneficiarios, gobiernos locales e instituciones; por ello el objetivo de este estudio es realizar un planteamiento de zonificación en el centro del estado de Veracruz, y conformar redes de colaboración interinstitucional, para atender problemas del sector agropecuario. La metodología parte de la utilización del pensamiento sistémico en la planeación de las intervenciones, la determinación de un problema y la cohesión interinstitucional, gobiernos locales y beneficiarios. Los resultados muestran la planeación geográfica en el centro de Veracruz, que permiten la operatividad de proyectos y de la atención de diversas instituciones en una región la determinación de una población objetivo y la interacción con los gobiernos locales. Estos resultados son el punto de partida en la escalera del desarrollo local, organizativo y de gestión en la región centro de Veracruz.

**Palabras clave:** pensamiento sistémico, gobierno local, desarrollo rural

---

<sup>1</sup> Campo experimental Cotaxtla del INIFAP. \* hernandez.carmen@inifap.gob.mx



## Introducción

La población mexicana vive en condiciones de pobreza y aunque han existido programas asistenciales como Progresas, Prospera y Oportunidades, no se ha erradicado la existencia de municipios con el grado de muy alta marginación y rezago social; caracterizados por falta de servicios básicos, acceso a la educación y abasto de alimentos. Los programas de gobierno muchas veces proveen de insumos como apoyo a la economía del lugar, pero sin capacitación y educación adecuadas, por lo que esto solo resuelve el problema de forma momentánea; además la falta de difusión focalizada a grupos de interés de tecnologías agropecuarias y capacitación ha ocasionado en municipios marginados afectaciones a los recursos naturales, pérdida de la cultura de producción por parte de las nuevas generaciones y en consecuencia, desabasto de alimentos que pueden producirse en la zona.

En los últimos veinte años, la importancia de la seguridad alimentaria y nutricional en los hogares ha sido abordada por diferentes organismos internacionales (FAO, 2007), a nivel nacional se puso en marcha en el sexenio 2012-2018 la cruzada contra el hambre a través de la cual se buscaba proveer a la población más vulnerable y marginada de las herramientas que les permitieran garantizar los alimentos de consumo básico, para llevar una vida sana y productiva y así reducir el hambre y la desnutrición.

De acuerdo con el CNA-INEGI (2017), en las comunidades marginadas una cuarta parte de la población en edad productiva, busca oportunidades de trabajo fuera del municipio; el brindar alternativas productivas a las familias, favorece la sostenibilidad alimentaria; a través de la capacitación como son las escuelas de campo, donde se retoma el conocimiento local y endógeno, garantizaría un mayor impacto social y económico que propicie el desarrollo local. El gobierno actual en el plan de nación 2018-2024, planteó la generación de proyectos de desarrollo territorial sustentable centrado en las comunidades y en las condiciones físicas del entorno, apoyar las cadenas de comercialización para que retribuyan de mejor manera a los productores del campo y abatir la fuga de 107,939 millones de pesos por importaciones de granos, así como la producción agroecológica; así mismo menciona la visión sistémica en funciones de la agricultura. Sin embargo este proceso ha tratado de ponerse en marcha a través de identificar las demandas y prioridades de territorios rurales y cadenas agrícolas para dirigir la investigación científica hacia esos temas; establecer líneas de acción y programas;



definir resultados y metas esperados, considerando instituciones como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), Colegio de Posgraduados (COLPOS), Dirección de Ganadería Pesca y Desarrollo Territorial DGPDT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigación Avanzada (CINVESTAV), Instituto Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología (SNITT), Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce (COFUPRO), Centro de Investigación, INCA Rural, para que de manera conjunta incorporen resultados de la investigación al proceso de transferencia de tecnología agrícola del país. Desarrollar sistemas agroalimentarios para el desarrollo regional; apoyando a la pequeña agricultura para superar rezagos, incrementar productividad, ingresos y lograr de la seguridad alimentaria; así mismo promover cooperativas de ahorro, préstamo y servicios, apoyar a los jóvenes del campo y beneficien a los consumidores con productos de mejor calidad. Estas áreas de oportunidad descritas en el plan nacional referente al sector rural pretende nuevamente cambiar la condición de los últimos veinte años en las zonas agropecuarias de México, que ha sido poca tecnificación lo que ha provocado abandono de la producción por las nuevas generaciones, dejando de lado la necesidad de atender el abasto familiar y de alimentación; además las condiciones económicas y sociales de comunidades marginadas se han acentuado más con el alza de precios de la canasta básica. En México la inseguridad alimentaria se considera presente principalmente en el sur del país, en estados como Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Guerrero.

En 2002 cada familia en el medio rural necesitaba 3.75 salarios mínimos diarios para abastecer su canasta básica en el sur del país, en la actualidad los precios de productos básicos como huevo, carne de pollo y hortalizas han incrementado en más de 30% por lo que la mayoría de las familias de esta zona no puede cubrir esa necesidad, por ello la importancia de generar la autosuficiencia alimentaria a través del desarrollo de granjas familiares integrales; que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de zonas rurales, con prácticas que contribuyan a la preservación del medio ambiente y al incremento del ingreso económico de las familias.

Ante esta realidad se ha mencionado la utilización de una visión sistémica sin ahondar en las virtudes de su aplicación, 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 la



visión sistémica va más allá de eso, las investigaciones realizadas en el ámbito grupal han evidenciado que la profundidad de la propia dinámica de las relaciones interpersonales es capaz de generar procesos grupales inteligentes que emergen de la interacción y cobran vida propia. El pensamiento sistémico habla de llegar a conformar 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, la interacción y el actuar de manera grupal hacen que estos se configuren en sujetos de un nivel superior al personal e institucional (Senge, *et al.*, 2005). Ante las situaciones actuales y necesidad de promover el desarrollo local, el pensamiento crítico, la comunicación, la colaboración y la creatividad son una opción para atender los problemas complejos (Rué, 2019).

La visión sistémica, caracterizada por establecer relaciones entre las distintas disciplinas, atiende problemas complejos que requieren 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 nuestras 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.

La metodología de pensamiento sistémico consiste en la visión integral y conjunta de factores. León *et al.* (2003), menciona que el pensamiento sistémico abarca una amplia y heterogénea variedad de métodos, herramientas y principios, orientados a examinar la interrelación de fuerzas que forman parte de un proceso 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, 2019). Una vez identificando las áreas, temas, factores y actores se genera el mapa para la primera etapa en atención a un problema, complejo. Ariza y Morante (2019), articuló 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) diseño de módulos de transformación familiar,



g) transformación asociada de productos, h) desarrollo integral de la microcuenca, y i) planes de producción y comercialización.

Con estos antecedentes políticos y teóricos de la investigación es necesario describir un área de estudio. Una característica de la visión sistémica es descubrir la profundidad y amplitud de un problema para focalizar lo que puede atenderse, por ello realizamos una zonificación geográfica (Figura 1) basada en el área de influencia física de 150 km a la redonda del campo experimental Cotaxtla y las dos zonas agroclimáticas ubicadas en el centro del estado. En este documento se integran experiencias de proyectos alineados a la política determinada por los planes sexenales y se propone la operatividad de proyectos para el desarrollo regional.



**Figura 1. Representación de productos agrícolas del estado de Veracruz.**



## **Materiales y Métodos**

Se analizó la información obtenida de proyectos operados y convocatorias concursadas en el sexenio 2012-2018, y el plan de nación 2018-2024, se sintetizó la información referente a documentos y proyectos ejecutados. Se utilizó la metodología de pensamiento sistémico para definir un área de influencia del campo experimental Cotaxtla y una red de instituciones que pudieran sumarse para resolver un problema en común, se identificó un problema y la población objetivo; comercialización de productos agrícolas para pequeños agricultores. De ahí que para garantizar que un tema de investigación es un problema nos apoyamos en Five Why's (5 por qué), o análisis causal; este método permitió profundizar en los orígenes del problema por atender y visualizar todos sus factores, para a su vez hallar soluciones también profundas, subdividiendo las causas del problema entre los puntos de vista de diferentes actores 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, de manera individual, se esquematizó la información aportada por cada uno de ellos, priorizando de acuerdo con temas, respuestas y observaciones en común.

Se definieron las tecnologías productivas disponibles y métodos de transferencia de tecnología, relacionados con las demandas gubernamentales y que tuvieran relación con mejorar la productividad de los pequeños agricultores.

## **Resultados y Discusión**

Los proyectos ejecutados durante el programa gubernamental Cruzada Nacional Contra el Hambre por el INIFAP en Veracruz en colaboración con la COFUPRO, se realizaron durante 2014 y 2015 en los municipios de alta marginación del Pico de Orizaba, Calchahuaco y Coscomatepec; permitieron difundir la tecnología de variedades de frutas y maíz validadas por el INIFAP en regiones del centro y el bajío del país, que pueden ser establecidas como una prueba piloto de adaptación a través de las granjas familiares sustentables, técnicas de elaboración y utilización de micro-túneles, ya que han sido empleadas exitosamente en México



y otros países en búsqueda del desarrollo tecnológico de los pequeños agricultores (JICA, 2019). Estas innovaciones buscaban prevenir las condiciones adversas de clima como el daño por heladas en la zona y la producción de aves como una opción importante que permitió a las familias campesinas gozar de productos como huevos, carne y material para producción de abonos orgánicos (CEMEDE-UNA, 2010). La técnica de elaboración de abonos orgánicos fomenta el reciclado de la biomasa y optimiza la disponibilidad de nutrientes y el balance de los flujos de nutrientes (Altieri, 2002). Todo ello requirió de la capacitación participativa por parte del personal técnico y de investigación capaz de incentivar a la ciudadanía a buscar la autosuficiencia de recursos y alimento. Se crearon 3 granjas familiares en el municipio de Calchualco se establecieron los frutales, maíz, frijol, calabaza, y se elaboraron los insumos orgánicos; se impartieron 18 cursos a 636 personas y dos eventos demostrativos en los que se contó con la asistencia de 182 personas entre productores, amas de casa, jóvenes y técnicos. En las tres granjas establecidas el aprovechamiento fue con hortalizas, seguido del manejo de frutales, cultivos anuales y la producción de huevo; estos cuatro componentes les permitieron abastecerse de alimento y vender excedentes; así como mejorar la calidad del producto con la introducción de variedades y manejo, disminuir índices de mortalidad de parvadas en aves y cultivos anuales y hortalizas para autoconsumo; reducir costos y el daño ambiental por el uso de insumos orgánicos como la composta al reducir fertilizantes químicos y los insecticidas a través del bioestimulante y sulfocalcio. Después de las capacitaciones 9 familias implementaron algunos de los componentes tecnológicos. La participación de la mujer fue principalmente en el componente de manejo de aves, seguido de la atención de hortalizas y manejo de los frutales; principalmente las labores del campo están cargadas a la mano de obra del jefe de familia.

En la política actual la línea estratégica productiva propone el cultivo del maíz y frijol como elementos estratégicos para la seguridad alimentaria bajo el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) por parte de las familias rurales en la localidad (región); así como las parcelas escolares comunitarias y rurales las familias rurales en la localidad (región). Estrategia que contempla financiamiento, asistencia técnica y capacitación, material didáctico, insumos y herramientas.

El campo experimental Cotaxtla del INIFAP (CECOT), ha desarrollado variedades de maíz y frijol desde su creación a la fecha, actualmente se reconocen entre productores y pequeñas





empresas semilleras de maíz principalmente por H520 y VS536; en frijol por el Negro INIFAP y Negro Papaloapan. Existen otras variedades mexicanas más recientes (tolerantes a factores bióticos y abióticos), que no han podido posicionarse en el mercado porque los pocos productores de semilla no pueden asegurar que van a comercializar su producto como semilla y los productores que siembran maíz para grano o elote, de acuerdo con encuestas realizadas, no planifican con antelación la adquisición de semillas de alguna variedad o híbrido del INIFAP, generalmente el interés surge al momento de una demostración de campo, por lo que en el momento que ellos desean adquirirlos puede no existir semilla disponible; ha existido entonces un círculo vicioso entre la multiplicación de variedades y la adopción por parte de los productores. En un segundo plano los muchos productores de maíz guardan para consumo personal y venden entre 50 y 60% de su producción, con la cual tiene problemas de comercialización ya que venden a orilla de parcela.

El maíz y frijol son los productos de mayor demanda en la canasta básica en el medio rural y urbano. El consumo promedio per cápita al año de 194.4 kg de maíz blanco, especialmente procesado como tortillas, representando hasta 20.9% del gasto total en alimentos por las familias mexicanas; el consumo per cápita de frijol es de 20 kg al año (Ugalde, 2019), en el medio rural no ha habido una difusión extensiva de variedades mejoradas porque no se ha dado la planeación adecuada para producción de semilla y su distribución.

Actualmente México importa más del 33% del maíz que consume y a pesar de ser considerado centro de origen del maíz como cultivo, hoy en día no cuenta con seguridad alimentaria. Con el fin de promover el desarrollo rural es necesario crear una cadena de valor local al menos en los municipios que se destacan con mayor producción, integrando la utilización de semillas mexicanas y los programas gubernamentales existentes que apoyan el almacenaje y la transformación de productos.

El modelo de transferencia de tecnología de agroinversión municipal (Ugalde *et al.* 2014) ha fomentado, entre los municipios de la zona centro de Veracruz, la colaboración del municipio en la difusión de semilla mejorada de maíz y frijol con los pequeños productores.

A partir de estas experiencias en proyectos que de manera unilateral como dependencia CECOT-INIFAP, termina una vez que el proyecto o la política gubernamental tienen cambios que restringen el seguimiento de la implementación de innovaciones con pequeños productores. Con la utilización del pensamiento sistémico en el desarrollo de proyectos del



CECOT se ha determinado que, por su área física geográfica, ubicado en la región centro del estado de Veracruz, es estratégica por la diversidad de microclimas permite una amplia diversidad de cultivos en especial maíz y frijol; además de 70 productos agrícolas diferentes que producen en esta misma región de los 92 productos a nivel estado (SIAP, 2017). Así mismo operativamente la ejecución de proyectos se limita a un área de máximo 150 km de distancia por carretera a las comunidades Cuadro 1.

**Cuadro 1. Distancia del CECOT, a comunidades de municipios del centro de Veracruz.**

Municipios:	Localidad	Distancia CECOT a la localidad
1 Córdoba	Acayotla	110 km
	Loma Grande	111 km
	Tierra Blanca	Jicaro
2 San Andrés Tuxtla	Coyoltepec	140 km
	Axochio	142 km
	Santiago Tuxtla	Xiguipilincan
3 Calcahualco	Cruz Verde	124 km
	Excola	134 km

Fuente: Elaboración propia.

El estado de Veracruz ocupa el 5° lugar en contribución al PIB agrícola nacional, de acuerdo con el sistema de información agroalimentaria registra la producción de 92 productos en todo el estado; los ingresos más fuertes y posicionados son derivados de cultivos como limón, naranja, mango, plátano, piña, chayote y caña de azúcar. La diversidad de climas y suelos presentes en el estado favorecen esta diversidad de agroecosistemas, este mosaico de condiciones genera que la mayor parte del tiempo la población del campo este empleada en el mismo campo, sin embargo actualmente es un problema generalizado la desvalorización de la actividad agropecuaria, siendo que en el entorno rural además las actividades agrícolas se preservan innumerables ecosistemas que hacen de la región centro del estado poseer recursos naturales invaluable, pero en los que se requiere detonar actividades que promuevan el desarrollo rural para que esta biodiversidad pueda seguir conservándose en armonía con las explotaciones agrosilvopastoriles.

Al sur del CECOT se encuentra el municipio de San Andrés y Santiago Tuxtla, decretados área natural protegida, en ellos encontramos una actividad agrícola intensa en la producción de



maíz, más de 20 mil ha sembradas entre ambos municipios hacen que este cultivo sea importante, pero aun así la población de las localidades como Xiguipilincan, Coyoltepec, Axochio, de menos de 500 habitantes y pueden representar 13.5% (elaboración propia con datos INEGI, 2020) de la superficie sembrada; esto se reproduce al oeste del CECOT en municipio de Tierra Blanca con 10 mil ha (SIAP, 2017) sembradas de maíz, la localidad del Júcaro representa el 6.5 % de la superficie sembrada; en municipios de ciudades importantes como Córdoba, donde la población urbana ha crecido desmedidamente dejando pequeñas zonas con la población rural, ha reducido la producción de maíz y frijol alrededor de 1000 ha, pero localidades como Acayotla y Loma Grande se distinguen por fincas diversificadas de café, donde producen intercalado maíz y frijol, esta población aunque reconoce que el café ha representado un ingreso estable en los últimos cinco años, pero su situación actual puede ser incierta por las afectaciones de plagas y enfermedades emergentes en sus cafetales, y esto a su vez genera que el maíz y el frijol cobren importancia; aun así ambas localidades pueden representar el 10% de la superficie sembrada. Un poco más al norte, las localidades de Excola y Cruz Verde en el municipio de Calchahualco, donde se cultiva maíz criollo, un solo ciclo al año, y quienes además de preservar la raza Coscomatepec (genotipo endémico de las altas montañas del estado de Veracruz) son guardianes del bosque que caracteriza el pico de Orizaba (Parque Nacional Pico de Orizaba). La producción de frijol en los municipios mencionados no rebasa las 500 has en cada uno de ellos (SIAP, 2017); a pesar de contar en la región con dos de las empacadoras y distribuidoras más grandes del país, es también importante destacar que la población de las zonas rurales abastece su semilla de una variedad Negro Michigan, la cual no debiera ser distribuida en México por qué es altamente susceptible a enfermedades por lo que merma significativamente las pequeñas producciones, el CECOT ha fomentado la producción de variedades del INIFAP, a través de convenios con los municipios, pero aun así, esta población requiere estrategias de procesos y planeación en la cual pueda transformar a un círculo virtuoso con los recursos naturales que cuenta y la actividad agrícola preponderante.

La experiencia de transferencia ha dejado ver que alrededor del 30% de la población dedicada a la producción agrícola es receptiva a la introducción de cambios en sus formas de producción denominadas innovaciones, las cuales puede ser desde labores de cultivo, uso de insumos naturales, cambio de genotipo hasta procesamiento y postcosecha; la integración de una



cadena de valor requiere de organización y planeación por lo que de forma directa se pretende abarcar entre 30 y 35 familias por comunidad; los beneficiarios indirectos sería la población que habita localmente que podría representar 1500 personas entorno al área propuesta.

La población de las localidades mencionadas se enfrenta a problemas en la producción, debido a falta de programación y malos manejos de conservación de semillas *in situ*, generando desabasto de semilla de maíz y frijol adaptadas a sus condiciones agroclimáticas al momento de la siembra, seguido de un escaso manejo agronómico y una vez que puede obtener la producción tiene problemas de comercialización, por no contar con estrategias de almacenamiento ya sea de forma individual o grupal, así mismo no puede abastecerse de estos productos básicos todo el año; comprando estos productos a un costo mayor, este círculo vicioso pone en riesgo la preservación de los recursos naturales y diversidad de la zona rural, la cual prefiere migrar y vender su fuerza de trabajo fuera de sus localidades, descuidando las actividades de su entorno que por muchos años le satisfizo sus necesidades de alimentación saludable.

La atención en generar una cadena de valor local, es para poder recuperar la identidad y valorar la actividad en el campo, una vez que se haya empoderado a este grupo, se podrá escalar a los más de 10 productos diferentes que puede proveer cada localidad, de esta manera el valor a la biodiversidad y servicios ecosistémicos que se reconoce brindan los pequeños y medianos productores debe beneficiarles a ellos mismos.

Es importante el papel de varias instituciones aliadas, en la zona centros educativos, de investigación y dependencias gubernamentales conforme este proceso avance en primera instancia es reconocido que el INIFAP, puede atender la parte productiva y de conservación en el CECOT se cuenta con la experiencia para detonar la relación entre las pequeñas empresas productoras de semilla, el manejo productivo en los cultivos de maíz y frijol, promover la organización y realizar los estudios de extensión territorial, planeación de fechas de siembra, para satisfacer la demanda de consumo per cápita por localidad, transferir las tecnologías de almacenamiento y apoyar la gestión para otorgar el valor agregado que puedan devengar en su mismo entorno.

Mencionar las contribuciones a la conservación de la biodiversidad, al uso sostenible de recursos biológicos y a la generación de beneficios a la población



Los pequeños y medianos productores se caracterizan por tener sistemas de producción diversificados, en los que se debe aceptar que existen áreas de oportunidad en la aplicación de buenas prácticas agrícolas que promuevan el uso sostenible de los recursos naturales; además de la construcción de agroecosistemas que faciliten el manejo y el aprovechamiento del tiempo dedicado al campo; en definitiva, esto ha sido difícil de concretar en los diferentes escenarios los decretos de reservas o áreas naturales protegidas se ve mermado cuando los habitantes de las comunidades no reciben un pago justo por las actividades agroproductivas (pudiéndose considerar mediante el pago por servicios ambientales), los casos aislados de éxito por aplicación de tecnología mexicana en la región sur del país complican la generación de conciencia por el cuidado y arraigo de los recursos naturales cuando se convierten en la mayor fuente de ingreso la venta de árboles (como madera, carbón o leña), de especies animales (principalmente protegidas o en peligro de extinción), y hasta la tierra para quien puede invertir un capital mayor y generar monocultivos altamente productivos generando ecosidios.

La población de pequeños productores catalogados entre los estratos 1 a 3, representan un porcentaje significativo 59.1% a nivel nacional y 74.8% en Veracruz (Hernández *et al.*, 2017), que se enfrentan a pérdidas de cosecha, baja productividad, agricultura de temporal, entre 2 a 5 has de cultivo, sin acceso a financiamiento, entre otras características que limitan su producción, pero aún más ante los intentos por cambiar su realidad siempre se topan el cuello de botella de la comercialización, son los productores que dependen de un intermediario, que siembran para autoconsumo cultivos básicos como maíz y frijol, y que siembran un cultivo que forma parte de un sistema producto no porque ellos conformen la organización, sino por el hecho de que creen tienen un ingreso asegurado a través de un cultivo que ha sido rentable o donde siempre escuchan se reciben apoyos gubernamentales, así mismo no tienen vinculación con el consumidor, y diversifican su ingreso por la remesa, el empleo en actividades diferentes a la agricultura. En la comercialización local poco son los productos que el consumidor adquiere directamente del productor, en parte es por la falta de puntos de venta. Sin embargo, no es el único factor, en la actualidad dependemos de que tanto para los grandes productores como para los pequeños, están inmersos en los “agrobisnes” (Sourisseau, 2016), es decir algunos productores pequeños han incursionado en el comercio justo y orgánico, pero igual dependen de certificadoras lo que encarece su producto, no existe un mecanismo de confianza



que ponga al alcance las familias de clase media incluso de los mismos inmigrantes de las zonas rurales a las grandes ciudades productos del campo. Estas especulaciones basadas en la experiencia o vivencias empíricas tenían que ser justificadas como un verdadero problema, para ello se utilizó la metodología de pensamiento sistémico, común entre las investigación empresarial y de administración (Jackson, 1993), pero que en los últimos años ha formado parte de la atención a problemas de pobreza, buscando maximizar el impacto en la sociedad de ahí empieza el análisis de un problema complejo; la primera etapa ha consistido en el reconocimiento de los actores, pequeños productores con los cuales se ha realizado trabajo de investigación y se consideran productores cooperantes, pero que a pesar se implementar tecnologías generadas, no han logrado cambiar su condición, pueden haber adquirido conocimientos, sin embargo la situación financiera a la que se enfrentan los mantiene al mismo nivel e incluso sin una visión a futuro en la parte productiva, sino incursionando en actividades fuera de sus comunidades.

## **Conclusiones**

El sur de México, sigue teniendo la necesidad de generar pequeñas experiencias acorde a las condiciones locales, no se puede generalizar un programa de apoyo a jóvenes, de extensionistas, de manera nacional cuando los mismos gobernantes a nivel estatal provocan el estancamiento de uno o más sectores, siendo el agropecuario el más vulnerable, pues por si solo implica riesgos que no pueden controlarse. Las nuevas generaciones vinculadas al sector deben no solo tener la sensibilidad, sino la claridad de la acción y de su misión como personas y profesionales, si no se conoce la realidad desde antes de salir a ella al menos si conocer las formas de abordarla, para que aun con las condiciones adversas se generen ejemplos que mejoren las condiciones de vida del sector.

Las nuevas políticas pueden emplear diversas metodologías, sin embargo, ninguna puede garantizar el éxito por sí sola. Por ello definir una zona o área de influencia, sumar esfuerzos interinstitucionales en el área, ayudará a hacer sinergias que promuevan el desarrollo local.



## Literatura Citada

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). 2019. Desarrollo Agropecuario y Rural. Proyecto difusión de tecnología en agricultura sostenible a pequeños productores. Tecnología el micro túnel. <http://www.jica.go.jp/nicaragua/español> [consultado el 20 de marzo 2019].
- Altieri, M. A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 93:1-24.
- 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 erg-sum*. 26(2):E48.1-12.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Censo Nacional Agropecuario. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/> [consultado en junio de 2019]
- Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE-UNA). 2010. Capacitación en “diseño y establecimiento de sistemas de producción agropecuaria sostenible” La Cruz Guanacaste. Universidad Nacional de Costa Rica. Informe final de ejecución de labores. 34p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2007. Situación de las Mujeres Rurales Nicaragua. Santiago de Chile.
- 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.
- Hernández C. N. 2019. El enfoque sistémico en el institucionalismo histórico. *Reflexión política* 21(41): 134-145.
- Hernández E. C.A., R. Miranda M., A. L. Del Ángel P. y J. Nataren V. 2017. Revisión y análisis para la estratificación de productores del estado de Veracruz. *Avances de investigación agrícola, pecuaria, forestal, acuícola, pesquería, desarrollo rural, transferencia de tecnología, biotecnología, ambiente, recursos naturales y cambio climático 2017*. 1523-1534 p.
- Jackson. M.C. 1993. Más allá de las modas administrativas el pensamiento sistémico para los administradores. *Gestión*. 6-21.
- León V. A. 2019. <http://www.puntodereunion.mx/articulos/> [consultado el 1 de abril de 2019].
- León, M.R., E. Tejeda G. M. Yataco T. 2003. Las organizaciones inteligentes. *Industrial Data*. 6(2):82-87.



Rué D. J. 2019. Re-aprender a pensar. La urgencia de formarse en el pensamiento crítico como profesionales y como ciudadanos. FOLIA HUMANISTICA, Revista de salud, ciencias sociales y humanidades. 11:2462-2753.

SIAP. 2017. <http://www.siap.gob.mx/> [consultado el 18 de junio de 2019].

Senge, P.M., Roberts, C., Ross R. B., Smith B. J. & Kleiner, A. 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

Ugalde, A. F.J., E. López S., R. Lépiz I., A. Viana R. y S. Leyva V. 2014. Producción artesanal de semilla de frijol con participación municipal en Veracruz, México. Agronomía mesoamericana. 25(1):35-44.





# SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN LA PRODUCCIÓN DE NARANJA PARA LA SUSTITUCIÓN DE GLIFOSATO EN VERACRUZ

Laura Gómez Tovar<sup>1\*</sup>, Manuel Ángel Gómez Cruz<sup>2</sup> y Alejandro Hernández Carlos<sup>1</sup>

## Resumen

Veracruz es el principal estado productor de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck), con 51% de su superficie, seguido por San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León, Puebla y Yucatán. El manejo técnico en la mayoría de las huertas de naranja en el estado, es bajo el esquema convencional, con uso de agrotóxicos o herbicidas, y el glifosato el más importante. Por decreto presidencial (diciembre de 2020), se plantea la necesidad de generar alternativas sostenibles y sustituir el glifosato, porque en 2024 se prohibirá su aplicación. La presente investigación tuvo como objetivo sistematizar la experiencia del manejo de arvenses de huertas orgánicas y agroecológicas de citricultores del norte de Veracruz, que no utilizan agrotóxicos ni herbicidas. Se empleó la metodología de sistematización, la investigación-acción-participativa, entrevistas a informantes clave, grupos focales y visitas de campo, y se obtuvieron los costos de cada alternativa. Las experiencias en 1, 300 ha, por más de 300 productores indican un manejo y control de arvenses sin herbicidas. Las prácticas comunes en el manejo de arvenses son; en terrenos planos, desbrozadora, tractor y rastra, tractor y chapeadora, o chapeo manual; en lomeríos, desbrozadoras y chapeo. Éstas prácticas se emplean por tipo de productor, pendiente, época del año y capitalización. El costo por hectárea es menor usando herbicidas, pero involucra un fuerte impacto ambiental.

**Palabras clave:** agroecología, sustitución de herbicidas, manejo agroecológico de arvenses

<sup>1</sup> Depto. de Agroecología-CIIDRI, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5. Texcoco, México. Correo E: [gomezlaura@yahoo.com](mailto:gomezlaura@yahoo.com)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5. Texcoco, México.



## Introducción

El glifosato es el herbicida de mayor uso en el mundo, en más de 150 cultivos. En 1974 fue patentado como herbicida por la empresa transnacional Monsanto e introducido al mercado con la marca Roundup; para marzo de 2015 la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) reclasificó al Glifosato en el grupo 2A “probable cancerígeno en humanos” (Bejarano *et al.*, 2017). Los daños reportados en humanos son malformaciones congénitas, alteraciones en el sistema nervioso, hormonal y gastrointestinal, infertilidad, diversos tipos de cáncer (linfoma de Hodgkin), encefalopatía, mutagénesis, autismo, parkinson, trastornos al sistema nervioso, sistema endócrino y renal, intolerancia al gluten, daños al hígado, a las bacterias intestinales y al sistema inmune. Los daños a la biodiversidad son afectaciones a anfibios, peces, aves, reptiles, moluscos, tortugas, abejas y otros polinizadores (Watts *et al.*, 2016, citado por Bejarano *et al.*, 2017; Toledo, 2020; CIBIOGEM, 2019).

A nivel agrícola, el Glifosato afecta la flora microbiana, el sistema de defensas de las plantas y genera un paulatino deterioro radicular, donde se da la mayor acumulación del herbicida después de la aplicación, dañando cultivos perennes deseados o no deseados. Sus residuos pueden estar presentes en los alimentos, en las aguas, incluso de lluvia, suelos, y pueden impactar de forma negativa en la salud de los agricultores, usuarios y consumidores de productos agrícolas (Ramírez, 2021).

El decreto presidencial del 31 de diciembre de 2020 esencialmente plantea “[...establecer las acciones para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada Glifosato por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente].

En el caso de México, se ha identificado que el Glifosato se usa en el cultivo de distintas especies en el sector agrícola, entre las que destaca su aplicación en el maíz con un 35% del uso total nacional, seguido de la producción citrícola con 14%, aproximadamente (CONACYT-PRONAI, 2020). En México, a partir de 1950, se inició un crecimiento y desarrollo sobresaliente en el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) volviéndose uno de los frutales más importantes por superficie y por volumen de producción. Veracruz es el



principal estado productor con una aportación de 51%, seguido por San Luis Potosí con 10%, Tamaulipas con 9%, Nuevo León con 8%, Puebla con 7% y Yucatán con 4% aproximadamente, los cuales en conjunto concentraron un total de 89% de la producción nacional en 2019 (SIAP, 2021).

En el estado de Veracruz, el manejo en la mayoría de las huertas de naranja es bajo el esquema convencional tipo revolución verde, con el uso de diversos agrotóxicos para la producción lo que representa un conjunto de amenazas a la sostenibilidad, la calidad de los frutos y la salud de las personas que producen y consumen la fruta (Plenge *et al.*, 2007).

A partir de la publicación del decreto presidencial del 31 de diciembre de 2020 es necesario que el desarrollo de innovaciones que contribuyan a la sustitución de este agrotóxico sean difundidas, promovidas e instrumentadas en la práctica. Aun este decreto instancias gubernamentales han hecho compras de glifosato en 2020 y 2021 para aplicar este agrotóxico para la instalación de viveros y otros lugares como bodegas y carreteras (El Universal, 2021). Desde 2008, la Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI), ha iniciado un importante trabajo de desarrollo tecnológico, investigación y difusión de las prácticas agroecológicas en el cultivo de naranja en la zona Norte del estado de Veracruz (Gómez *et al.*, 2021).

Con la finalidad de sustituir cualquier herbicida, principalmente el Glifosato, la presente investigación tuvo como objetivo sistematizar la experiencia en el manejo de arvenses utilizadas en las huertas orgánicas y agroecológicas de citricultores del Norte de Veracruz en las cuales se ha sustituido el uso de herbicidas y de cualquier otro agrotóxico.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó fundamentalmente, la metodología Investigación – Acción – Participativa (IAP) que incluye el interés compartido en la investigación por parte de los socios, una creencia en el poder / acción colectiva y un compromiso con la participación, la práctica de la humildad por parte del investigador y el establecimiento de la confianza y la responsabilidad (Méndez *et al.*, 2019).



Con la metodología de sistematización de experiencias propuesta por Jara (2018) se organizó y sistematizaron las experiencias del manejo de arvenses en el norte de Veracruz en el cultivo orgánico y agroecológico de naranja. La investigación se realizó de marzo a octubre de 2020. Se trabajó con ocho organizaciones orgánicas en los municipios de Álamo, Tihuatlán, Papantla, Ixhuatlán de madero, Gutiérrez Zamora, Chicontepec, Teziutlán y Tecolutla. Se realizaron entrevistas con 20 informantes clave para la obtención de información sobre el manejo de arvenses, además de un análisis de costos en las huertas que realizan ahora prácticas agroecológicas y orgánicas, pero que antes fueron convencionales.

De la misma forma se trabajó con grupo focales con productores para identificar sus percepciones con respecto al uso del glifosato. También se realizaron recorridos a las parcelas para conocer el manejo que se hace ahora de las prácticas alternativas al Glifosato.

## **Resultados y Discusión**

Desde 2004, en el Norte de Veracruz se iniciaron experiencias importantes en la producción de naranja orgánica, sin utilizar ingredientes de síntesis química, ello por la normatividad que exigen las empresas certificadoras, el interés de los citricultores por vender a mejores precios y el grado de concientización ecológica de algunos productores.

En los últimos años, se ha incrementado de forma importante la producción de naranja orgánica tanto vinculada a empresas productoras de jugos, que cubren el pago de la certificación de los productores, como por las organizaciones de productores que se certifican de forma independiente.

Las organizaciones certificadas de forma independiente, más cercanas al trabajo del Centro de Investigaciones interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo en naranja orgánica, representan a 310 productores, con un total de 1,339 ha, un rendimiento promedio de 9.49 t/ha (Cuadro 1).

Se observa que 310 productores orgánicos independientes del norte de Veracruz han eliminado el uso de glifosato y otros plaguicidas y fertilizantes de síntesis química en 1300 ha (promedio de superficie de 4.3 ha por socio).



**Cuadro 1. Organizaciones orgánicas independientes certificadas de la zona Norte de Veracruz, 2021.**

Organizaciones	Municipios	No. socios	ha	Producción orgánica (t)	t/ha	ha/productor
1. Citricultores Tihuatecos	Tihuatlán	139	800	5840	7.30	5.7
2. Taracuan	Papantla Zamora	16	54	1300	20.63	3.3
3. Compromiso Agroecológico	Papantla Teziutlán Zamora	7	7	104	14.80	1
4. Cedros	Papantla	7	68	1305	18.60	9.7
5. Huasteca Veracruzana	Álamo Ixhuatlán de Madero Chicontepec	90	180	2000	22.00	2
6. Chicontepec	Chicontepec	27	100	717	7.17	3.7
7. Ecológicos de Álamo	Álamo	18	90	450	5.00	5
8. Del Ángel	Álamo	6	40	1000	25.00	6.6
8 organizaciones		310	1,339	12716	9.49	4.31

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Con la sistematización de la experiencia, se observó: 1) diferencias importantes en el manejo de arvenses en terrenos planos, dado que en dichos terrenos hay una mayor diversidad de prácticas que se pueden realizar tales como chapeo con machete, desbrozadora, tractor y rastra, chapeadora, motocultor, azadón al ruedo, cobertera con leguminosa (Cuadro 2), mientras que en los lomeríos lo más frecuente es el uso de desbrozadoras, chapeo y en menor proporción el uso de tractor (Cuadro 3); 2) gran variación en los costos según la práctica utilizada tanto en los terrenos planos como en lomeríos (Cuadros 2 y 3). El uso de cada práctica depende de la disponibilidad de mano de obra, el conocimiento de otras prácticas y el nivel de capitalización para adquirir desbrozadoras o maquinaria. En general el uso de maquinaria representa menores costos por ha para el manejo de arvenses sin el uso de Glifosato.

En esta investigación se identifica que las prácticas y tecnologías más comunes que se aprecian en los Cuadros son: uso del machete, del azadón, desbrozadora manual con hilo o cuchilla, tractor y rastra, tractor y chapeadora, tractor y segadora, siembra de leguminosas y diversas combinaciones entre ellas (Cuadros 2 y 3).



**Cuadro 2. Manejo de arvenses en producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz y costo total por ha. Terreno plano. 200 árboles /ha.**

Práctica	Costo total/ ha, \$
Azadón al ruedo	16,000.00
Machete al ruedo	12,000.00
Leguminosa <i>Crotalaria juncea</i> con dos rastras	6,594.00
Chapeadora-segadora-machete	6,370.50
Leguminosa <i>Crotalaria juncea</i> con una rastra	5,147.00
Desbrozadora	4,770.00
Tractor rastra y desbrozadora	4,484.00
Tractor chapeadora-desbrozadora	3,760.50
Desbrozadora al hilo de los árboles	3,180.00
Motocultor	3,152.40
Herbicida Glifosato * (8L/año)	2,300.00

Incluye todo el cálculo de costos, incluyendo el costo de la mano de obra, amortización del equipo, compra de gasolina, diesel, y compra de semilla. \*Solo para comparación, 1 litro de herbicida a \$ 125.00. Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Cuadro 3. Manejo de arvenses en producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz. Terreno de lomerío > 30% de pendiente. 300 árboles/ha. Veracruz, México 2021.**

Práctica	Costo total/ ha, \$
Machete pelo tierra	9,000.00
Machete chaponeo	4,000.00
Desbrozadora	4,000.00
Desbrozadora y machete chaponeo	4,000.00
Herbicida Glifosato * (8 litros al año)	3,400.00

Incluye todo el cálculo de costos, incluyendo el costo de la mano de obra, amortización del equipo, compra de gasolina, diesel, y compra de semilla. \*Solo para comparación, 1 litro de herbicida a \$ 125.00. Fuente: Elaboración propia, 2021.

El manejo de arvenses como coberteras, es una opción excelente para controlan arvenses nocivas, y fijar nitrógeno, disminuir la presencia de pastos, diversificar la parcela, atraer polinizadores (vgr., crotalaria), son refugio de insectos benéficos, extraen nutrientes perdidos de las capas profundas y los ponen a disposición del cultivo y protegen el recurso edáfico de la erosión. Las leguminosas más empleadas en la región son: crotalaria, mucuna, kutzu, canavalia, crotalaria silvestre, soya forrajera, *Glycine sp*, frijol común, frijol todo el año, frijol del norte, y frijol gandul (Gómez *et al.*, 2021).



El manejo agroecológico de arvenses aún no se logra instrumentar en todos los citricultores orgánicos. Se trata de un enfoque distinto de tratar las arvenses o malezas, como especies benéficas. Requiere de un conocimiento a profundidad del predio, suelo, monitoreo de plagas, pronóstico meteorológico, etc. Las arvenses se manejan de forma diferenciada dependiendo de la época (no se realiza corte de arvenses en sequía), de la presencia de plagas, pendiente, etapa fenológica (vgr. durante las 4 brotaciones de la naranja no debe hacerse control de arvenses, pues en hierbas como el mozote blanco (*Bidens pilosa*) habita *Tamarixia radiata* y otros insectos biológicos que son controladores de la *Diaphorina citri* (vector de la bacteria que transmite el HLB o dragón amarillo). (López *et. al.*, 2019). Se deben dejar reservorios para los insectos benéficos, por lo que conviene hacer corte alternado de calles e hilos en el naranjal, de tal forma que no se quiten todas las hierbas; se dejan asemillar las arvenses de hoja ancha para que poco a poco vayan desplazando a los pastos, y se promueva un control biológico *in situ* en la huerta.

Con esta sistematización se resalta que antes de la llegada de los herbicidas (a finales de los 70's), se utilizaba el azadón en los terrenos planos y el machete en las áreas de lomerío; es bien sabido que con la aparición de los herbicidas estas prácticas fueron suspendidas y solo recientemente, con la aparición de la agricultura orgánica, se vuelven a retomar estas alternativas para el manejo de arvenses.

Entre las arvenses más comunes están zacate Johnson (*Sorghum halepense*), zacate fino (*Dactylis glomerata*), mozote blanco (*Bidens pilosa*), mozote amarillo (*Bidens triplinervia*), chapis (*Syngonium auritum*), nido de papan (*Lygodium venustum*), ortiga chica (*Urtica urens*), mucuna que pica (*Mucuna pruriens*), malva (*Malva sylvestris*), Glicine (*Glycine spp*), entre otras.

En los terrenos planos, cuando los productores tienen un nivel de capitalización que les permite tener tractor y maquinaria, es muy común rastrear las arvenses, cuando tienen aproximadamente un metro de altura y realizar esa práctica entre cuatro y seis veces por año. En esta práctica, la rastra entra a 25 cm de profundidad para retrasar el surgimiento de las arvenses, pero a pesar de ello se observa un buen resultado en la productividad de las huertas, debido a que el mantillo de arvenses al incorporarse al suelo representa abono para las plantas. Como esta rastra se realiza en forma de cruz, lo que queda de arvenses solo es el ruedo de los árboles donde comúnmente se aplican herbicidas, lo anterior quiere decir que



utilizan herbicida sólo en una cuarta parte de la huerta y en el resto se sustituye el Glifosato con la maquinaria. Los productores que tienen mayor nivel de capitalización, prefieren usar maquinaria, aunque se eleven los costos de producción. No es común usar chapeadora en lugar de rastra, lo cual sería una práctica más recomendable para el manejo de arvenses, dado que no se lastiman las raíces de los árboles, ni se remueve el suelo.

En los terrenos de lomerío (municipios de Álamo, Tihuatlán, Papantla, Ixhuatlán de madero, Gutiérrez Zamora, Chicontepec, Teziutlán), sucede algo similar cuando el productor realiza un “chapote volado” (que es un corte alto a 40 cm de altura con machete), y lo hace excepcionalmente en lugar de utilizar herbicida. El chapote volado deja un acolchado que en forma regular beneficiaría la fertilidad de los suelos, sin embargo, se identificó que los productores convencionales prefieren usar los herbicidas.

Como resultado del proceso de sistematización, se identificaron cinco aspectos: el primer aspecto a considerar para el manejo ecológico de las arvenses, es la importancia de dejar asemillar las arvenses de hoja ancha, de lo contrario, si se cortan antes, se promueve el crecimiento de los pastos; el segundo aspecto es mantener las arvenses en temporada de sequía para la conservación de la humedad en el suelo; el tercer aspecto es el mantenimiento de las arvenses durante las cuatro brotaciones al año (junio-julio, septiembre, noviembre-diciembre, febrero), debido a que juegan el papel de reservorios para insectos benéficos (por ejemplo *Tamarixia radiata* depredador de *Diaphorina citri*); si durante las brotaciones se retiran las arvenses, los daños por *Diaphorina citri* (vector de *Candidatus liberibacter*, la bacteria del HLB) se aumentan (López, 2012; Ovando, 2018); el cuarto aspecto es el manejo de arvenses como coberteras, promoviendo la diversidad de especies sobre y debajo del suelo; es importante que cuando se implemente la siembra de leguminosas, se cuide de no disminuir la biodiversidad, por lo que se recomienda que su siembra, si fuera el caso, se realice de manera alternada entre calles o si se prefiere, se puede sembrar utilizando menor cantidad de semilla de la recomendada, para que de esta manera coexistan con las arvenses y se promueva la biodiversidad dentro de las huertas; por último, el quinto aspecto que se resalta, es que, de octubre a febrero, los productores dejan de aplicar herbicidas, debido a que han observado, al aplicar en estas fechas, aumenta la caída de naranja (Gómez *et al.*, 2020), posiblemente por afectar el sistema radicular superficial de los árboles.





## Conclusiones

Las experiencias en el manejo y control de arvenses por parte de los productores orgánicos de naranja en 1, 300 ha (promedio de superficie de 4.3 ha), muestran que es posible producir sin glifosato, y sin ningún otro agrotóxico. Las prácticas encontradas (desbrozadora, tractor y rastra, tractor y chapeadora, chapeo, motocultor, coberteras, azadón, entre otras) para el manejo de arvenses son viables para la sustitución de herbicidas y pueden ser empleadas de diversas maneras, según tipo de productor, grado de pendiente, época del año y nivel de capitalización, entre otros factores. Hay un menor costo directo por hectárea si se utilizan herbicidas (Glifosato, 2-4-D, Picloram, Paraquat, etc.), lo que explica el gran arraigo de esta práctica en las huertas convencionales de la región, priorizándose la economía a corto plazo, más que la salud humana y el cuidado del ambiente. Es posible replicar las prácticas encontradas en la región, en otras regiones que cultivan naranja, y en otros cultivos.

## Literatura Citada

- Bejarano G. F., D. Aguilera M., J.D. Álvarez S., E. Arámbula M., O. Arellano A. y P.D.J. Bastidas B. 2017. Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A.C. México 358 p.
- CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados). 2019. Repositorio de investigación científica sobre el glifosato. México. En <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/documentos-y-actividades-en-bioseguridad/repositorio-glifosato?busqueda=1108>. [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- CONACYT-PRONAI (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia). 2020. Suspensión escalonada al uso del Glifosato y construcción de alternativas ecológicas y de baja toxicidad para el manejo agrícola integrado. Grupo Intersectorial de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad (GISAMAC). Documento de trabajo. Ciudad de México. México. <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/comunicacion/comunicados-de-prensa/comunicados/act-sejec-2020-c3> [Consultado el 07 de octubre de 2021].



- El Universal. 2021. Reportan uso de Glifosato en Sembrando Vida. 20 de julio, 2021. Ciudad de México. En: <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/reportan-uso-de-Glifosato-en-sembrando-vida> [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- Gómez C. M.A.; T. Gómez L., R. Schwentesius R., O. Rodríguez N., R. Reyes R. y O. Villatoro López M. 2021. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. Segunda edición. CIIDRI, PEVU, Patronato Universitario, CLAC-Fair Trade, REDAC. Chapingo, Estado de México. México. 73 p.
- Gómez C. M.A.; T. Gómez L., C.K. Ramírez Y. y N. Rodríguez O. 2019. Caída de naranja orgánica y su problemática en la zona Norte de Veracruz. Memorias del IV congreso mexicano de investigación en cítricos. Veracruz, México. 8 p.
- Gómez C. M.A., L. Gómez T., B.G. Gómez O. y A. Hernández C. 2021. Proceso de desarrollo y difusión de la producción de naranja orgánica y agroecológica en el Norte de Veracruz. Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Veracruz 2021. Veracruz. 15p.
- Jara, O. 2017. La sistematización de experiencias: práctica y teoría para mundos posibles. Centro de Educación y Desarrollo Humano. Primera edición, Bogotá, Colombia. <https://cepalforja.org/sistem/bvirtual/wp-content/uploads/2019/09/La-Sistematizaci%C3%B3n-de-Experiencias-pr%C3%A1ctica-y-teor%C3%ADa-para-otros-mundos-posibles.pdf>. [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- López, L. R. 2012. Entomófagos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos con diferentes sistemas de manejo de arvenses en Papantla, Veracruz. Tesis. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, 120 p.
- Méndez, V. E., M. Caswell, S. Gliessman R., R. Cohen y H. Putnam. 2019. Agroecología e investigación-acción participativa (IAP): principios y lecciones de Centroamérica. Agroecología 13(1):81-98.
- Ovando B. E. 2018. Detección de tristeza, Huanglongbing, xiloporosis y exocortis en huertos citrícolas de la zona Norte de Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Montecillo, Estado de México, 56 p.
- Plenge, F., A. Sierra J. y Y. Castillo A. 2007. Riesgos a la salud causados por plaguicidas. En: Tecnociencia (3):4-6.



- DOF (Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México), 2020. Decreto por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada Glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. Presidencia de la República de México. 31/dic/2020. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020) [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- Ramírez, M. F. 2021. El herbicida Glifosato y sus alternativas. Universidad Nacional de Costa Rica, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Serie Informes Técnicos. No. 44. Heredia. Costa Rica. [https://ipen.org/sites/default/files/documents/serie\\_tecnica\\_44\\_glifosato\\_1\\_1.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/serie_tecnica_44_glifosato_1_1.pdf) [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola 2019. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- Toledo, M. V. M. 2020. Oda al glifosato.: La Jornada en línea. 19 de mayo, 2020. <https://www.jornada.com.mx/2020/05/19/opinion/018a1pol> [Consultado el 07 de octubre de 2021].



# LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO Y SU FARO AGROECOLÓGICO EN NARANJA EN EL NORTE DE VERACRUZ

*Manuel Ángel Gómez Cruz<sup>1</sup>; Laura Gómez Tovar<sup>2</sup>; Brisa Guadalupe Gómez Ochoa<sup>1</sup> y Alejandro Hernández Carlos<sup>1</sup>*

## Resumen

A partir del 2004, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), comenzó a aplicar prácticas agroecológicas en una hectárea de naranja en el municipio de Papantla, Ver. Los resultados constituyen opciones a la producción convencional. Estas prácticas se extendieron a la huerta de 16 ha (primer período), constituyendo un faro agroecológico, que visibilizó principios agroecológicos, ciencia, práctica y un movimiento social de agroecología, que puede guiar a otros productores. Los resultados se difundieron con citricultores de 13 municipios colindantes en el norte de Veracruz, mediante recorridos a la huerta, cursos, talleres, conferencias, publicaciones, viajes de estudios, videos, servicio social, estancias profesionales y tesis. En el segundo periodo, se capacitó a productores interesados en elaborar insumos agroecológicos, requisitos para la certificación orgánica, y en procedimientos de formación de organizaciones y comercialización. En el tercer periodo, se trabajó con 310 socios y 1, 340 ha orgánicas certificadas. Se instaló una biofábrica y se fijó el precio mínimo con las industrias de jugo. Se empleó la metodología de Jara (2017) para sistematizar experiencias, e Investigación-Acción-Participativa. El objetivo de la investigación, fue analizar el proceso de transferencia y desarrollo de la innovación orgánica por parte del CIIDRI-UACH. Como conclusión se observa la importancia de la continuidad de los procesos de transferencia y difusión tecnológica, con productores y técnicos.

<sup>1</sup> CIIDRI, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Correo E: magomezcruz@live.com

<sup>2</sup> Depto. De Agroecología-CIIDRI, universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230.



**Palabras clave:** Adopción, agricultura orgánica, agroecología, transferencia de tecnología

## Introducción

En México, a partir de 1950 se inició un crecimiento y desarrollo de suma importancia con el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) volviéndose uno de los frutales más importantes, por superficie y por volumen de producción, al pasar de unos cuantos árboles a cientos de miles de hectáreas. En 2019, México ocupó el sexto lugar en producción a nivel mundial (FAOSTAT, 2019). Actualmente se tiene una superficie cosechada de 329, 771 ha (SIAP, 2021). El rendimiento es de 14.36 t/ha con un volumen de producción de 4, 736,176.13 t (SIAP, 2021). Veracruz es el principal estado productor con una aportación de 51%, seguido por San Luis Potosí con 10% y Tamaulipas con 9%. Estados más recientes son Nuevo León, Puebla y Yucatán, que concentraron 89% de la producción nacional en 2019 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Principales estados productores de naranja en México, 2019.**

Estado	Superficie cosechada (ha)	Producción nacional %
Veracruz	168,858.00	51.20
San Luis Potosí	32,171.20	9.76
Tamaulipas	30,172.10	9.15
Nuevo León	25,353.50	7.69
Puebla	23,351.50	7.08
Yucatán	12,738.17	3.86
Otros	37,127.08	11.26
TOTAL	329,771.55	100

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2021.

La Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI), inició los trabajos en el Norte de Veracruz en 2004. Para 2021 el diagnóstico de Gómez *et al.*, (2021), señala como problemática seis aspectos:

1) Baja productividad con tendencia a mantenerse estancada con rendimientos que oscilan entre 10 y 15 t/ha en función del clima y manejo.



- 2) Producción sostenida bajo un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, basado en un incremento continuo en los costos de los insumos convencionales y de síntesis química, que además son nocivos para la salud de trabajadores, productores y consumidores. Un uso importante de glifosato, declarado como posible carcinógeno por la OMS y con evidencias científicas en 1, 108 artículos por sus daños en la salud del ser humano, animales y al ambiente en general (Rossi, 2020). México prohibió sus importaciones en 2019 y se espera se deje de usar en 2024 (DOF, 2020).
- 3) El uso de planta no certificada, el empleo generalizado de naranjo agrio como portainjerto y la reciente aparición de enfermedades que ponen en riesgo el futuro de la citricultura (Huanglongbing (HLB), virus de la tristeza (VTC) y otra enfermedad muy similar al HLB pero los análisis realizados demuestran que no es HLB aunque también se amarillean los árboles, la naranja madura en verde, es pequeña y con jugo no amargo.
- 4) Caída de fruta por la presencia de diversos hongos que debilitan el pedúnculo del fruto en estado maduro, ocasionando pérdidas hasta del 20% de la producción (Gómez *et al.*, 2020).
- 5) Bajos precios obtenidos por los productores por la comercialización con fuerte participación de intermediarios, y de las industrias de jugo (Hernández, 2019).
- 6) Falta de asesoría con técnicos formados bajo una orientación agroecológica.

La alternativa que la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) propuso ante dicha problemática es la producción de naranja agroecológica y orgánica.

La agricultura orgánica se refiere a una producción libre de agroquímicos, fertilizantes de síntesis química, organismos modificados genéticamente, aguas negras y radiación. A cambio se usan prácticas agroecológicas como composteo, vermicomposteo, extractos vegetales y minerales para el manejo de plagas y enfermedades, control biológico, etc. La producción se certifica principalmente a través de agencias certificadoras y en menor proporción por la certificación participativa. La Agroecología es una ciencia que ve a la agricultura desde una perspectiva holista, cuida la diversificación de los predios, excluye el uso de agroquímicos, busca el empoderamiento de los productores, en muchos casos la producción no se certifica, prioriza el comercio local y la búsqueda de la soberanía alimentaria.



## Materiales y Métodos

Se empleó la metodología de sistematización de experiencias propuesta por Jara (2017) para organizar la información de cómo se ha dado el proceso de promoción, difusión y transferencia de la innovación de la producción de naranja orgánica. A su vez se trabajó con la metodología Investigación - Acción - Participativa (IAP) que incluye el interés compartido en la investigación por parte de los investigadores y los productores (Méndez *et al.*, 2019). La investigación se realizó de marzo de 2019 a junio de 2021. Se trabajó en 13 municipios que integran la zona norte de Veracruz. Se realizaron 30 entrevistas a informantes clave, incluyendo representantes de las organizaciones de naranja orgánica, productores, representantes de la industria juguera y algunos representantes de instancias gubernamentales (SEDARPA, Sembrando Vida, PRODETER, Secretaria del trabajo, etc). Se revisaron informes de resultados de los proyectos de investigación del CIIDRI-UACH en el proyecto Especial de Vinculación PEEVU (Gómez *et al.*, 2017; Gómez *et al.*, 2018).

La transferencia de la innovación de la naranja orgánica, incluye la difusión de la parte productiva, el apoyo a los pequeños productores para la conformación de sus organizaciones, el apoyo técnico para la certificación orgánica de las organizaciones y el apoyo en la negociación para la comercialización de su naranja orgánica con las diferentes empresas jugueras. Para lo anterior se establecieron convenios formales entre la UACH y 6 organizaciones de productores (Citricultores Tihuatecos Asociados, Asociación Agrícola Local de Productores de Cítricos del Municipio de Tuxpan, Sociedad de Productores Orgánicos de la Huasteca Veracruzana, S.P.R. Agroecológicos de Álamo, Vivero Cazonas, y la Coordinadora Mexicana de Pequeños Productores de Comercio Justo), Adicionalmente se ha difundido 10 videos cortos con la innovación referida.

La innovación de la producción de naranja orgánica propuesta por la UACH, a través del CIIDRI, que se ha venido impulsando en el Norte de Veracruz, incluye varios aspectos fundamentales: 1) conservación y mejoramiento de los suelos de forma ecológica (realizándose la limpieza con motocultor, desbrozadora, tractor y rastra, chapeadora de tractor, segadora y en ocasiones chapote manual además del uso de compostas, harinas de roca, biofertilizantes, uso de leguminosas, microorganismos benéficos. 2) Poda (poda normal, poda cariño o desmamonado, poda de ramas secas, poda de ramas improductivas, quitado de



bejucos, enredaderas), poda de formación, poda de rejuvenecimiento considerando las etapas de la luna sobre la poda. 3) nutrición orgánica de los árboles (compostas, foliares orgánicos, caldos minerales, ajuste de pH, aplicación de microorganismos, remineralización de suelos, aplicación de foliar, uso de leguminosa. 4) manejo ecológico de plagas, enfermedades y arvenses manejo de gomosis (*Phytophthora parasítica*), manejo del hongo letal (*Ustilina deusta*), manejo de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*), manejo de hormiga común, manejo de hormiga arriera (*Atta cephalotes*), manejo de la tuza, pulgones verde (*Aphis citrícola*) y pulgón café (*Toxoptera aurantii*) y chinches, manejo de la mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*) y manejo de la *Diaphorina citri* con la conservación y uso de arvenses, otras especies y barreras vivas, manejo del VTC promoviendo el uso de patrones tolerantes adecuados a cada tipo de suelo. 5) fomento de la diversidad en las huertas (al interior y en las barreras de amortiguamiento. y 6) certificación y comercialización de la fruta orgánica para mercado nacional e internacional a través de contratos con la industria del jugo.

El proceso de difusión, capacitación y seguimiento para la producción orgánica de naranja se realizó a través de diversas actividades:

1. Recorridos en la “Huerta madre”, ubicada en el Ejido San Pablo, Papantla, Ver., por productores organizados, no organizados y público en general.
2. Cursos-talleres básicos en prácticas y elaboración de insumos agroecológicos con materiales locales.
3. Cursos-talleres nivel 2 para productores avanzados en el proceso de producción de naranja orgánica y agroecológica.
4. Cursos de introducción a la agricultura orgánica, proceso de certificación orgánica y apoyo a pequeños productores para la conformación de organizaciones.
5. Cursos de capacitación a productores y técnicos del Programa Sembrando Vida de la secretaria del Bienestar.
6. Capacitación de jóvenes del Programa que encabeza la Secretaria del Trabajo, “Jóvenes Construyendo el Futuro”.
7. Recorridos de inspección interna a organizaciones y capacitación a personal del sistema de control interno de las organizaciones orgánicas certificadas del Norte de Veracruz.
8. Parcelas demostrativas, instalación y seguimiento.
9. Servicio social, y estancias pre-profesionales por estudiantes.





10. Reuniones de trabajo con productores exitosos de Faros Agroecológicos.
11. Reuniones con organizaciones orgánicas y empresas del jugo para la comercialización de naranja orgánica.
12. Consolidación de nuevas organizaciones certificadas como orgánicas.
13. Ponencias.
14. Publicaciones-memorias.
15. Videos en medios de difusión nacional.
16. Artículos de difusión
17. Otros.

## **Resultados y Discusión**

El desarrollo de la agricultura orgánica en el norte de Veracruz se puede describir en tres grandes períodos: el primero, de 1997 a 2005 con 30 productores, promovido por la industria del jugo, para exportar a Suiza. Fue auspiciado por la demanda de la cooperativa KOP de Suiza, donde buscó conseguir jugo orgánico, ubicando en México y en el Norte de Veracruz, contratos que ofrecían 50% de sobre precio, en comparación con el jugo convencional (Información directa, 2020). Muchos productores se interesaron en esa forma de producir, pero ante el incumplimiento de los contratos y los compromisos contraídos por la industria los productores se desanimaron. El error de la industria fue tratar a los productores orgánicos de la misma forma que a los productores convencionales (falta de seriedad en el precio, aun con contratos firmados); influyó la confusión de la agricultura orgánica con la agricultura natural pues el paso orgánico mostró un desmejoramiento de las huertas, elemento decisivo en el amarillamiento de los naranjales. También, influyó actitudes deshonestas de algunos agricultores tomaron que vendieron naranja convencional como orgánica y con uso de herbicidas y fertilizantes químicos. Durante este período, no había claridad por parte de la industria y tampoco por parte de los agricultores, nadie conocía los lineamientos de la producción orgánica y lo riguroso de la aplicación de la normatividad. El segundo período, se inicia en 2006 hasta 2017 con el papel que desempeñó la Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral



(CIIDRI). Había 50-60 productores en el municipio de Álamo que tenían una producción agroecológica y orgánica de años de trabajo, pero no contaban con la certificación. Se inició un importante proceso de capacitación mediante recorridos, cursos y talleres, apoyo en la elaboración de bitácoras, y desarrollo tecnológico, investigación y difusión de las prácticas agroecológicas en el cultivo de naranja en toda la zona Norte del Estado de Veracruz. En este periodo había alrededor de 100 productores orgánicos. En el tercer período, finales del año 2017 y principios del año 2018, hay más industrias jugueras interesadas en fruta de naranja orgánica, y más productores interesados en incorporarse en esta nueva forma de producir; se cuenta también con otros grupos y cuadros de la primera generación que continúan la promoción de lo orgánico en la región. En este periodo se logra la independización de algunos de los productores de las industrias jugueras para la certificación de tal forma que se certifican de forma independiente. Y se mantienen otros 300 productores con la certificación a través de las jugueras, lo anterior les obliga a vender únicamente a esta empresa.

Las organizaciones certificadas de manera independiente más cercanas al trabajo del CIIDRI representan alrededor de 310 productores, con un total de 1,339 hectáreas, un rendimiento promedio de 9.49 t/ha (Cuadro 2). Los resultados destacados del presente trabajo de difusión durante el periodo 2018-2021 se concentran en el Cuadro 2. Donde resalta una gran diversidad de actividades, una significativa atención a productores y forma preferencial a sus organizaciones y la capacitación de técnicos que van a continuar capacitando a nuevos productores. A su vez, algunas de éstas experiencias se han ido convirtiendo en nuevos faros agroecológicos. Los impactos a nivel local, regional y nacional del proyecto de naranja orgánica-agroecológica en investigación-capacitación-acción y de difusión y transferencia, más sobresalientes que ha desarrollado la UACH a través del CIIDRI en el Norte de Veracruz, son:

1. Papel relevante en el desarrollo de la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz, pues la Universidad Autónoma Chapingo, a través del CIIDRI, ha desempeñado un destacado papel que representa para el 2020, pasar de 1 productor a 310 productores, de cero organizaciones orgánicas a 8 organizaciones certificadas, de 16 a 1, 339 hectáreas de naranja orgánica y de 300 toneladas a 12, 716 toneladas de fruta certificada.



2. Liderazgo en la organización para la comercialización de ocho organizaciones orgánicas en torno al trabajo del CIIDRI-UACH, con la firma de contratos organizaciones-industrias del jugo, fijando un precio mínimo de venta por tonelada de naranja orgánica.

**Cuadro 2. Organizaciones orgánicas independientes certificadas de la zona Norte de Veracruz, 2021.**

Organizaciones	Municipios	No. socios	Ha	Producción Orgánica (t)	t/ha	ha/productor
1. Citricultores Tihuatecos	Tihuatlán	139	800	5840	7.30	5.7
2. Taracuan	Papantla – Zamora	16	54	1300	20.63	3.3
3. Compromiso Agroecológico	Papantla – Zamora	7	7	104	14.80	1
4. Cedros	Papantla	7	68	1305	18.60	9.7
5. Huasteca Veracruzana	Álamo - Chicontepec	90	180	2000	22.00	2
6. Chicontepec	Chicontepec	27	100	717	7.17	3.7
7. Ecológicos de Álamo	Álamo	18	90	450	5.00	5
8. Del Ángel	Álamo	6	40	1000	25.00	6.6
8 organizaciones		310	1,339	12716	9.49	4.31

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Cuadro 2. Resultados del proceso de difusión de la producción de naranja orgánica (2018-2021). Número de actividades, productores, técnicos y organizaciones atendidas.**

	Número	Productores atendidos	Técnicos capacitados	Participante UACH	Organizaciones	Empresa	Personas
1. Recorridos en la "Huerta Madre" de naranja	6	77		13			90
2. Cursos y talleres básicos en prácticas agroecológicas	8	83	3	2			88
3. Cursos-talleres nivel 2 para productores avanzados	1	80	5	2			87
4. Cursos de introducción a agricultura orgánica	6	151	1	3			155



**Continúa Cuadro 2...**

	Número	Productores atendidos	Técnicos capacitados	Participante UACH	Organizaciones	Empresa	Personas
5. Cusos al Programa Sembrando Vida	5	112	7	3			122
6. Capacitación agroecológica a Jóvenes Construyendo el Futuro	8						8
7. Inspección interna a organizaciones y capacitación al Sistema de Control Interno para la certificación orgánica	7	60			4		64
8. Parcelas demostrativas	3				2		3
9. Servicios sociales y estancias pre-profesionales por estudiantes de la UACH	7			7			7
10. Reuniones Faros Agroecológicos	3				8		8
11. Reuniones con organizaciones y empresas del jugo	6				6	4	10
12. Consolidación de nuevas organizaciones certificadas	5				5		5
13. Ponencias nacionales e internacionales	9						9
14. Publicaciones-memorias	4						4
15. Videos de difusión nacional	4						4
16. Artículos de difusión	11						11
17. Biofábricas instaladas	1	250	1	3	1		255
18. Actividades biodigestor	1	10		2	1		13
<b>Número de actividades:</b>	<b>95</b>	<b>823</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>943</b>

Fuente: Información directa, 2021. Coordinación de reuniones con otras experiencias exitosas de otros productores agroecológicos del Norte de Veracruz, en "Reuniones de Faros Agroecológicos".



4. Propuesta de una nueva guía para la producción de naranja orgánica y agroecológica, actualizando los trabajos del 2017, incluyendo tecnologías nuevas que se han desarrollado en 2018-2021.
5. La recomendación para la utilización de micorrizas en el manejo de la producción agroecológica de naranja en el Norte de Veracruz, tecnología agroecológica que a la fecha nadie ha promovido en la región, a pesar de lo valioso de sus aportes en el fortalecimiento radicular y en la nutrición, como fijación de fósforo y otros minerales.
6. Presentación de una propuesta de un conjunto de prácticas agroecológicas para reducir la caída de la fruta en proceso de maduración, de un 20% a solo 5%- 6%, evitando pérdidas económicas a los citricultores del Norte de Veracruz.
7. Participación activa en los trabajos que condujeron a la construcción de la primer biofábrica de insumos agroecológicos en el Norte de Veracruz, ubicada con la cooperativa Citricultores Tihuatecos Asociados S.C. de R.L. de C.V. Inaugurada el día 27 de noviembre de 2020, en la comunidad Sebastián Lerdo de Tejada, Tihuatlán, Veracruz.
8. Propuesta de capacitación y colaboración para el programa Sembrando Vida, iniciativa presentada, personalmente, ante el Secretario del Bienestar, C. Javier May Rodríguez, y el Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria - SADER, Ing. Víctor Suarez Carrera. La propuesta se titula “Curso-taller intensivo para la producción de naranja agroecológica”.
9. Participación importante en coordinación con el Departamento de Agroecología, de una propuesta de normatividad para transitar de la producción orgánica a la producción agroecológica certificada considerando 12 indicadores agroecológicos, presentada ante el Secretario de Bienestar, C. Javier May Rodríguez y Subsecretario de la SADER Ing. Víctor Suárez García. También discutida en el pleno del Consejo Nacional de Producción Orgánica - sesión del 28 de mayo, 2021 (Lazcano, 2020).
10. Elaboración del proyecto de investigación sobre glifosato “Sistematización de las experiencias de la sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz”, prioridad nacional de investigación según Decreto Presidencial del 31 de diciembre de 2020, publicado en el Diario Oficial de la Federación. En dicho proyecto asumimos, en la medida de lo posible, propuestas que permitan la erradicación del herbicida que tiene como ingrediente activo al glifosato. Para tal efecto, el Centro Investigaciones para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) plantea sistematizar las experiencias de la Universidad Autónoma



Chapingo (UACH), de más de una década de trabajos en la citricultura orgánica del Norte de Veracruz.

11. Presentación y aprobación del proyecto ante CONACYT “Capacitación con compromiso agroecológico, ecocondicionalidad y desbrozadoras para la sustitución del glifosato en naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en el norte de Veracruz” en by pass para su implementación.

En este proceso de ampliación y desarrollo de la citricultura orgánica en dicha región se presentan tres tendencias: 1) la producción orgánica con orientación agroecológica caracterizada por fomentar la biodiversidad, elaboración de insumos primeramente con recursos locales, manejo *in-situ* de plagas y enfermedades; 2) la agricultura orgánica empresarial caracterizada como industrial, monocultivo, compra de insumos externos, y su objetivo central es la obtención de ganancias; y 3) productores que son atraídos por el precio, pero que pueden orientarse a trabajar bajo un enfoque agroecológico y requieren de un proceso importante de capacitación y concientización.

Esta experiencia de difusión y transferencia de tecnología surge a partir del desarrollo de un faro agroecológico, Huerta Madre Grupo los Gómez. “Un faro agroecológico es una experiencia donde se comparten conocimientos técnicos y procesos agroecológicos de manera de guiar a los productores locales hacia sistemas agrarios más sustentables. En sentido más amplio, todo proyecto enclavado en el campo que brinda demostración, formación y capacitación, desde la práctica local puede llamarse faro agroecológico. Son instituciones de diversas formas jurídicas, consolidadas en el tiempo, con fuentes de financiamiento más o menos estable y constituido de equipos de trabajo multidisciplinario y altamente motivados. Su propuesta técnica, social y cultural se nutren de su trabajo con las comunidades campesina del área donde están establecidas. Trabajan en base a una finca real, de mediana o pequeña superficie, donde replican las condiciones propias de los campesinos del sector” (Infante, 2015).

Los factores que retrasan los procesos de adopción de nuevas tecnologías se deben a que no son promovidos “desde abajo o por los actores locales”, la tecnología que se genera no está adecuada a las condiciones del productor, la política de precios es inadecuada, la escasez de la fuerza de trabajo, abasto deficiente de insumos (p.e. estiércol para las compostas) y otros (Castro, 2002; Altieri, 2009), por ello el CIIDRI continua difundiendo en la región la innovación de naranja orgánica cubriendo las enseñanzas y las experiencias de otros procesos de



transferencia similares como ONG's grupo Vicente Guerrero en Tlaxcala, Red de Alternativas Sustentables Agropecuarias de Jalisco (RASA) en Jalisco (Grupo Vicente Guerrero, 2011; Morales 2011, citados por Reyes-Rosales *et. al.* (2016)).

El éxito de la transferencia en la innovación de naranja orgánica se debe a que la investigación incluye el interés compartido por parte de los productores, una creencia en el poder/acción colectiva y un compromiso con la participación, la práctica de la humildad y el establecimiento de la confianza y la responsabilidad, como lo menciona Méndez *et. al.*, (2019), esto permite se pueda adoptar un nuevo esquema de producción visualizando los beneficios y replicándolos en nuevas parcelas y generándose nuevos faros agroecológicos (González y Guzmán, 2016).

## **Conclusiones**

La propuesta de la UACH sobre la innovación en naranja orgánica, con bases agroecológicas, se enfoca en poner al alcance de pequeños y medianos citricultores una opción viable. Es necesario para el escalonamiento de la agroecología, mostrar y documentar las experiencias exitosas. Cualquier propuesta de transferencia de innovación, requiere de un trabajo conjunto entre quien la promueve y los productores, además de que en el proceso debe haber continuidad. La mayor importancia de la experiencia del proceso de difusión de la transferencia a productores radica en la conformación de nuevos faros agroecológicos, buscando que la producción de naranja agroecológica se extienda en todo el estado de Veracruz.

## **Literatura Citada**

- Altieri, M. 2009. El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos. *In*: Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). SOCLA. Medellín, Colombia, pp. 69-94.
- Castro, R. V. M. 2002. Manual para establecer parcelas demostrativas agrícolas y pecuarias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicación especial No. 19, 33 p.



- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Database of FAO. FAO. Roma. Italia. En: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. [Consultado 20 de diciembre, 2020].
- Gómez, C. M. A., L. Gómez T., R. Schwentesius R., O. Rodríguez N., R. Reyes R. y M.O. Villatoro L. 2021. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. Segunda edición. CIIDRI, PEVU, Patronato Universitario, CLAC-Fair Trade, REDAC. Chapingo, Estado de México. México.
- Gómez C. M. A., L. Gómez T., Y. Ramírez C. K., y O. Rodríguez N. 2019. Caída de naranja orgánica y su problemática en la zona Norte de Veracruz. Memorias del IV congreso mexicano de investigación en cítricos. Veracruz, México, 8 p.
- Gómez C. M. A., R. Schwentesius R. y L. Gómez T. 2017. Informe del proyecto Capacitación y Asesorías en Técnicas Agroecológicas y en la Normatividad de la producción de naranja orgánica 2017. Programa Especial de Vinculación y Extensión y Vinculación Universitaria (PEEVU). Chapingo, Estado de México. México, 38 p.
- Gómez Cruz M. A., R. Schwentesius R. y L. Gómez T. 2018. Informe del proyecto Capacitación y Asesorías en Técnicas Agroecológicas y en la Normatividad de la producción de naranja orgánica 2017. Clave PEEVU-CIESTAAM 15-17. Programa Especial de Vinculación y Extensión y Vinculación Universitaria (PEEVU). Chapingo, Estado de México. México.
- González de M. M. y G. Guzmán. 2016. Sobre los orígenes andaluces de la agroecología en España y su contribución a la formación del pensamiento agroecológico. *Agroecología* 11: 105-116.
- Hernández, V. C. G. 2019. Evaluación de la relación precio costo de producción de naranja valencia tardía (*Citrus sinensis* L Osbeck) bajo el sistema de Comercio justo en la región del Totonacapan. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Montecillo, Estado de México. 123 p.
- Infante, L. A. 2015. Faros agroecológicos, definición y caracterización a partir de la experiencia CET, Chile, para la difusión de sistemas agrarios sustentables. En: Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología, La Plata, Argentina, 4p. <https://core.ac.uk/download/pdf/296387925.pdf> [Consultado el 07 de octubre de 2021].
- Jara, O. 2017. La sistematización de experiencias: práctica y teoría para mundos posibles. Centro de Educación y Desarrollo Humano. Primera edición, Bogotá, Colombia. <https://cepalforja.org/sistem/bvirtual/wp-content/uploads/2019/09/La-Sistematizaci%C3%B3n-de-Experiencias-pr%C3%A1ctica-y-teor%C3%ADa-para-otros-mundos-posibles.pdf> [Consultado el 07 de octubre de 2021].





Presidencia de la República de México. 2020. Decreto presidencial por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada Glifosato. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México. 31/dic/2020.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020)  
[Consultado el 07 de octubre de 2021].

Méndez, V. E., M. Caswell, S. R. Gliessman, R. Cohen and H. Putnam. 2019. Agroecología e investigación-acción participativa (IAP): principios y lecciones de Centroamérica. Agroecología 13 (1), 81-98. En: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/385691>  
[Consultado el 07 de octubre de 2021].

Reyes, R. R., M. A. Gómez C., L. Gómez T., R. Schwentesius R. 2016. Sistematización agroecológica sostenible como propuesta de desarrollo Rural en Loxicha, Oaxaca, México. Agroproductividad 9(5): 22-28.

Rossi, E. M. 2020. Antología toxicológica del glifosato. Naturaleza de derechos. 5ta Ed. Argentina. Disponible en: <https://surcosdigital.com/wp-content/uploads/2020/04/Antologia-toxicol%C3%B3gica-del-glifosato-5-ed.pdf>  
[Consultado el 07 de octubre de 2021].

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola 2019. <http://www.siap.gob.mx/> [Consultado el 25 de febrero de 2021].



## EVALUACIÓN DE INSUMOS AGROECOLÓGICOS PARA EVITAR LA ABSCISIÓN DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis* L. Osbeck)

*Manuel Ángel Gómez Cruz<sup>1</sup>, Laura Gómez Tovar<sup>2</sup>, Luis Enrique Ortiz Martínez<sup>3</sup> y Alejandro Hernández Carlos<sup>1</sup>*

### Resumen

México es el cuarto productor de cítricos a nivel mundial y el estado de Veracruz aporta el 51% de la producción nacional. La abscisión de frutos de naranja es un problema que cobró importancia en 2017, pero existía desde 2004, ocasionando pérdidas de producción del 20% y económicas, en el norte de Veracruz. Debido a que la caída de frutos de naranja afecta la producción, se evaluaron alternativas agroecológicas. El objetivo de la investigación fue evaluar 16 insumos agroecológicos de bajo costo de naranja orgánica en el norte de Veracruz. El experimento se estableció en la huerta Grupo Los Gómez en el ejido San Pablo, Papantla, Ver., México, en naranja 'Valencia' y portainjerto 'agrio', en suelo de aluvi6n. Bajo condiciones de campo abierto y un dise1no completamente al azar, cuatro repeticiones, y como unidad experimental un 1rbol (con edad, tama1o y producci6n semejantes). Se realiz6 an1lisis de varianza y prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los mejores tratamientos fueron a) Agua de vidrio + Micorriza, b) Optifer amino + Micorriza, y c) EM + Micorriza, con 4.97, 5.79 y 6.10% de naranja ca6da. El costo de los tratamientos por hect1rea fue: a) \$ 1,164.00, b) \$1, 535.00, y c) \$ 1, 225.00. Estos resultados presentan opciones de bajo costo para evitar la ca6da de naranja, y cumplen con los principios agroecol6gicos.

**Palabras clave:** agroecolog1a, ca6da de naranja, naranja org1nica

<sup>1</sup> CIIDRI-UACH. Universidad Aut6noma Chapingo. Km 38.5 Carretera M1xico-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de M1xico. Correo-e: magomezcruz@live.com

<sup>2</sup> Depto. De Agroecolog1a-CIIDRI-UACH. Universidad Aut6noma Chapingo. Km 38.5 Carretera M1xico-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de M1xico.

<sup>3</sup> Fitosanidad-Fitopatolog1a, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera M1xico-Texcoco, Montecillo, Texcoco, M1xico, 56230.



## Introducción

La producción de naranja orgánica que impulsa el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) promueve los principios agroecológicos a través del uso de recursos locales, disminuyendo la dependencia de insumos externos o comerciales, fomenta la biodiversidad del agroecosistema como el reciclaje de nutrientes, materia orgánica y conserva el suelo y agua, y reduce el uso de energía fósil al eliminar agrotóxicos (Gómez *et al.*, 2021). La naranja mexicana ocupa el cuarto lugar en producción a nivel mundial, con 4.7 millones de toneladas para el año 2018, de la cual el 51% lo aporta el estado de Veracruz como principal productor de cítricos en México (SIAP, 2019). El problema de abscisión de frutos de naranja en la zona norte de Veracruz tiene más de 15 años, pero tomó importancia de forma reciente, y representa pérdidas económicas para el productor. Se consideraba que existía en suelos fluvisoles, pero a partir del 2018 la caída se generalizó causando pérdidas de hasta el 20% (Gómez *et al.*, 2020). La zona norte de Veracruz aporta 393, 565 t de naranja al año (SIAP, 2019). La presencia 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), factores como el clima, deficiencias en la nutrición, tipo de suelo y el manejo de las huertas, pueden influir en la caída de naranja (Gómez *et al.*, 2020; Gómez *et al.*, 2021).

La citricultura convencional con alto uso de agrotóxicos, entre ellos Glifosato, no ha resuelto el problema de caída de naranja. Los productores orgánicos y agroecológicos están usando prácticas como las podas, bioles magros, compostas, microorganismos de montaña, microorganismos eficientes, coberteras de leguminosas y caldos minerales (Gómez *et al.*, 2021), pero desconocen la eficiencia de cada uno.

En 2019 se evaluaron ocho tratamientos (Cuadro 1), para disminuir el problema de la caída de naranja, la unidad de muestra fueron dos árboles (similares en edad, tamaño y producción), con tres repeticiones. Se realizaron 10 aplicaciones por tratamiento cada 15 días (Gómez *et al.*, 2020).



**Cuadro 1. Tratamientos orgánicos evaluados en 2019 para evitar la caída de naranja, en San Pablo, Papantla, Ver., México, 2020.**

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (%)
1	Microorganismos eficientes (EM)	5
2	Microorganismos de montaña (MM)	5
3	<i>Bacillus subtilis</i>	0.5
4	Caldo sulfocálcico	5
5	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma sp</i>	0.5 de cada uno
6	<i>Trichoderma sp</i>	0.5
7	Agua de vidrio	1.5
8	Testigo	Testigo

Fuente: Gómez *et. al.*, 2020.

Los resultados obtenidos en 2019 reflejaron que los tratamientos más eficientes son los microorganismos de montaña (EM) y agua de vidrio (cal y ceniza), con menor caída de fruto (34.46%, y 27.96%), respecto al testigo. El tratamiento menos efectivo fue el caldo sulfocálcico (azufre y cal), con 18.92% más que el testigo.

Para el 2020 se continuó la investigación y se planteó evaluar micorrizas y 14 insumos agroecológicos y orgánicos, y una práctica cultural (uso de azadón) para disminuir la abscisión. La micorriza genera una relación mutualista entre las hifas de un hongo y los tejidos radicales de algunas plantas vasculares. Las plantas micorrizadas adquieren ciertas ventajas fisiológicas ya que el hongo crece rápidamente y aumenta la absorción y traslocación de nutrientes como el P, Zn, Ca, S, Cu y Mg. A su vez, la planta suministra al hongo carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos, lípidos, hormonas, vitaminas y además el beneficio en la absorción de diferentes nutrimentos (Tapia-Goné *et al.*, 2010).

Es importante reconocer que la micorriza proporciona el hongo y dinamiza el proceso mutualista, donde se conforma una estructura que permite el intercambio de agua y nutrimentos mediante la interacción de ciertas partes especializadas de planta y hongo (Andrade, 2010).

El CIIDRI busca una solución basada en los principios agroecológicos, a través del uso de recursos locales y aplicación de materia orgánica, disminuyendo la dependencia de insumos externos y agrotóxicos. Por ello, pueden usarlos los productores orgánicos certificados, además al ser prácticas de bajo costo que podrían ser replicados por pequeños, medianos y



grandes productores. El objetivo central fue evaluar el efecto de 15 insumos agroecológicos económicos para disminuir la abscisión de naranja orgánica en la zona Norte de Veracruz.

## Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la huerta 'Los Gómez' en el ejido San Pablo, Papantla, Ver., México, situado en las coordenadas 20° 27' latitud N y 97° 11' longitud W, a 45 msnm. Usando, sobre naranja 'Valencia' portainjerto 'Agrio' y con suelo tipo aluvión del 1 de octubre 2020 al 5 de enero del 2021, en condiciones a campo abierto, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental consistió en un árbol (de edad, tamaño y producción semejantes). Los tratamientos orgánicos aplicados se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Tratamientos orgánicos aplicados para el control de caída/ abscisión de naranja madura, en San Pablo, Papantla, Veracruz, 2020.**

	Tratamiento	Numero de aplicaciones	Frecuencia
1	<sup>1</sup> Optifer amino (0.5%) + Micorriza <sup>2</sup>	3	Mensual
2	<sup>1</sup> Optifer levadura (0.20%) + Micorriza <sup>2</sup>	3	Mensual
3	<sup>1</sup> Xtralga (0.5%) + Micorriza <sup>2</sup>	3	Mensual
4	<sup>1</sup> Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza <sup>2</sup>	4	Mensual
5	<sup>1</sup> Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza <sup>2</sup>	3	Quincenal
6	<sup>1</sup> Magro (10%) + Micorriza <sup>2</sup>	4	Mensual
7	<sup>1</sup> E.M (5%) + Micorriza <sup>2</sup>	3	Mensual
8	<sup>1</sup> Optifer amino (0.5%) *	3	Mensual
9	<sup>1</sup> Optifer levadura (0.20%) *	3	Mensual
10	<sup>1</sup> Xtralga (0.5%) *	3	Mensual
11	<sup>1</sup> Hidrolisis de pescado (1%)	4	Mensual
12	<sup>1</sup> Agua de vidrio (1.25%)	3	Quincenal
13	<sup>1</sup> Magro (10%)	4	Mensual
14	<sup>1</sup> E.M (5)	3	Mensual
15	<sup>2</sup> Micorriza (0.76%)	1	Aplicación única
16	Limpia del ruedo del árbol con azadón	1	Limpia única

<sup>1</sup>Aplicación foliar, <sup>2</sup>Aplicación al suelo, MM: microorganismos de montaña, M: magro, EM: microorganismos eficientes, \*Productos comerciales. Fuente: Elaboración propia, 2020.



Siete tratamientos se acompañaron con micorrizas y siete sin ellas. Por último, se analizó la micorriza como tratamiento único, y como un tratamiento especial se limpia el ruedo del árbol utilizando el azadón. Las variables que se cuantificaron fueron, peso de fruta caída y número de fruta caída. Se realizó un análisis estadístico con análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con el uso del paquete estadístico SAS 9.0 (SAS Institute, 2002). También se analizaron los costos por hectárea de cada tratamiento aplicado.

## Resultados y Discusión

Los resultados del Cuadro 3, señalan tratamientos con efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) en la caída de fruto. La comparación de medias, muestra que los tratamientos Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza, Optifer amino (0.5%) + Micorriza, y E.M (5%) + Micorriza, fueron los mejores tratamientos, con menor porcentaje de caída de naranja, 4.97%, 5.79%, 6.10%, respectivamente, presentando 5.62%, en promedio, los mejores tratamientos. Lo anterior coincide con lo reportado por Gómez, *et al.*, 2020 donde, sin utilizar micorriza los tratamientos con agua de vidrio y microorganismos eficientes dieron como resultado menor abscisión de naranja.

El tratamiento de hidrolisis de pescado + micorrizas presentó el mayor porcentaje de caída de frutos, junto al tratamiento de caldo sulfocálcico por lo que no se recomienda su utilización para este problema. En la huerta orgánica en San Pablo, Papantla, Veracruz, se ha utilizado continuamente la mezcla sulfocálcica y es posible que ya exista una resistencia y ello puede explicar la deficiencia de esta práctica.

El uso del azadón como práctica cultural, detuvo la abscisión de naranja en un 7.2% del rendimiento, lo cual genera una alternativa más para el pequeño productor. Con el uso de herbicidas esta práctica fue suspendida y solo recientemente, la agricultura orgánica la ha retomado, para el manejo de arvenses. Sin embargo, depende de la disponibilidad de mano de obra, el conocimiento de otras prácticas y el nivel de capitalización para adquirir desbrozadoras o maquinaria, etc. (Gómez *et al.*, 2021).



**Cuadro 3. Porcentaje de fruta caída, respecto al total productivo de naranja con los diferentes tratamientos orgánicos aplicados en San Pablo, Papantla, Ver., 2020.**

Tratamientos	Caída de naranja	
	% de fruta caída	Grupo ( $P \leq 0.05$ )
1 Optifer amino (0.5%) + Micorriza	5.79	B
2 Optifer levadura (0.20%) + Micorriza	12.90	AB
3 Xtralga (0.5%) + Micorriza	12.51	AB
4 Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza	18.81	A
5 Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza	4.97	B
6 Magro (10%) + Micorriza	7.16	AB
7 E.M (5%) + Micorriza	6.10	B
8 Optifer amino (0.5%)	9.36	AB
9 Optifer levadura (0.20%)	7.55	AB
10 Xtralga (0.5%)	9.18	AB
11 Hidrolisis de pescado (1%)	9.15	AB
12 Agua de vidrio (1.25%)	7.81	AB
13 Magro (10%)	11.64	AB
14 E.M (5%)	8.91	AB
15 Micorriza (0.76%)	10.62	AB
16 Limpia del ruedo del árbol con azadón	7.20	AB

Valores con la misma letra dentro de la última columna, son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Finalmente, se analizaron los costos que se generan al realizar las aplicaciones de los insumos y las prácticas. Los costos de los mejores tratamientos para evitar la caída de naranja son: Agua de vidrio (1.25%) + Micorrizas con un monto de \$ 1,164.00/ha; Optifer amino (0.5%) + Micorrizas genera un costo de \$ 1,535.00/ha y EM (5%) + Micorrizas con un monto de \$ 1,225.00/ha (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Costos de producción por hectárea en insumos orgánicos evaluados con y sin micorrizas, en San Pablo, Papantla, Ver., México, 2020.**

Tratamientos	\$
1 Optifer amino (0.5%) + Micorriza	\$1,535.00
2 Optifer levadura (0.20%) + Micorriza	\$1,535.00
3 Xtralga (0.5%) + Micorriza	\$1,560.00



**Continúa Cuadro 4...**

	Tratamientos	\$
4	Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza	\$1,135.00
5	Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza	\$1,164.00
6	Magro (10%) + Micorriza	\$1,450.00
7	E.M (5%) + Micorriza	\$1,220.00
8	Micorriza (0.76%)	\$ 710.00
9	Limpia del ruedo del árbol con azadón	\$4,730.00
10	Optifer amino (0.5%)	\$ 825.00
11	Optifer levadura (0.20%)	\$ 825.00
12	Xtralga (0.5%)	\$ 850.00
13	Hidrolisis de pescado (1%)	\$ 425.00
14	Agua de vidrio (1.25%)	\$ 454.00
15	Magro (10%)	\$ 740.00
16	E.M (5%)	\$ 510.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Cuadro 5 se jerarquizan los ocho mejores tratamientos y los costos de cada uno de ellos. Se observa que el mejor tratamiento para la abscisión, es el agua de vidrio + micorrizas, pero los costos por hectárea están en la cuarta posición.

**Cuadro 5. Comparativo de los mejores tratamientos en la eficiencia del manejo de naranja caída vs lugar de importancia de los tratamientos respecto a los costos.**

Tratamiento	Eficiencia (menor caída de naranja)	Lugar de importancia en costos por hectárea
Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza	1	4
Optifer amino (0.5%) + Micorriza	2	7
E.M (5%) + Micorriza	3	5
Magro (10%) + Micorriza	4	6
Limpia del ruedo del árbol con azadón	5	8
Optifer levadura (0.20%)	6	3
Agua de vidrio (1.25%)	7	1
E.M (5%)	8	2

Fuente: Elaboración propia, 2021.





Por otro lado, el tratamiento con menor costo por hectárea es la aplicación del agua de vidrio sin micorrizas, pero su eficiencia de manejo está en el lugar 7. El agua de vidrio y los EM son los insumos más económicos, pero no los más eficientes en reducir la caída de la fruta. El uso del azadón frente a la aplicación de los mejores tratamientos incrementa cuatro o cinco veces su costo, razón por la cual esta práctica no se utiliza en la región, a excepción de las explotaciones campesinas de pequeñas superficies (1-1.5 ha).

Aunado a esto el uso del azadón como práctica cultural, sin la aplicación de ningún otro insumo detuvo la abscisión de naranja en un 7.2% del total productivo, lo cual genera una alternativa más para el pequeño productor.

En términos de costos, lo más recomendable es utilizar agua de vidrio o EM (Cuadro 5). No se tienen otros estudios que evalúen estas opciones. Al aplicar estos insumos acompañados de micorrizas se tiene una mayor utilidad, al evitarse la caída de la fruta, aunque aparentemente al aplicar micorrizas se incrementa un poco el costo por ha.

Durante 2021 se analizarán nuevamente los tratamientos para corroborar nuevamente los resultados para promover con los productores la difusión de estas tecnologías de bajo costo y que además siguen los principios agroecológicos (Altieri, 2009).

## **Conclusiones**

La aplicación de micorrizas influyó significativamente en la reducción de la caída de naranja al aplicarlas combinadas con Agua de vidrio, EM y Optifer amino (insumo comercial), con 4.97%, 6.10%, 5.79%, respectivamente. Los tratamientos más económicos fueron: Agua de vidrio (1.25%) + Micorrizas con un monto de \$ 1,1 64.00/ha; Optifer amino (0.5%) + Micorrizas que genera un costo de \$ 1, 535.00/ha; y EM (5%) + Micorrizas con un monto de \$ 1, 225.00 pesos/ha. El uso de los insumos locales como la cal y la ceniza (ingredientes del agua de vidrio) son productos muy accesibles que puede usar todo tipo de productor para reducir la caída de la naranja.



## Literatura Citada

- Altieri, M. 2009. El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones. SOCLA. Medellín, Colombia, pp. 69-94.
- Andrade, T. A. 2010. Micorrizas: Antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia* 61:84-90.
- Gómez, C. M. A., L. Gómez T., Y. Ramírez C. y O. Rodríguez N. 2020. Insumos Agroecológicos para disminuir la caída/abscisión de naranja en Papantla, Veracruz. *In: Memoria del VIII Congreso Internacional y XXII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*. Chapingo, Estado de México pp. 111-112.
- Gómez C. M.A.; T. Gómez L., R. Schwentesius R., O. Rodríguez N., R. Reyes R. y O. Villatoro López M. 2021. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. Segunda edición. CIIDRI, PEVU, Patronato Universitario, CLAC-Fair Trade, REDAC. Chapingo, Estado de México. México. 73 p.
- Gómez, C. M. A. 2021. Sistematización de las experiencias de la sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz. Proyecto de investigación UCh, 21335-C-64. CIIDRI. Chapingo, Estado de México.
- Ortíz, M. 2018. Estudio de caída de frutos prematuros en el cultivo de naranja en San Pablo, Papantla, Veracruz. Chapingo, Estado de México. Reporte de investigación, CIIDRI-UCh 2 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Panorama Agroalimentario 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Veracruz: Infografía Agroalimentaria 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México.
- Tapia-Goné, J. J.; R. Ferrera-Cerrato, L. Varela-Fregoso, J. C. Rodríguez-Ortiz, J. C. Soria-Colunga, M. A. Tiscareño-Iracheta, *et al.*, 2010. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos. *Revista Mexicana de Micología* (31):69-74.
- 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. UCh (No de tesis CD-464). [consultado en marzo del 2019].



## DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MAIZ EN LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE JOSE AZUETA, VERACRUZ

*Ángel Capetillo Burela<sup>1\*</sup>, Rigoberto Zetina Lezama<sup>1</sup>, Cristian Matilde Hernández<sup>1</sup>,  
Marco Antonio Reynolds Chávez<sup>1</sup>, Abiut Espinoza Del Carmen<sup>1</sup>, Martin Cadena Zapata<sup>2</sup> y  
Juan Antonio Lopez Lopez<sup>2</sup>*

---

### Resumen

De diciembre de 2019 hasta abril de 2020 en el marco del PRODETER 19 (Programa de Desarrollo Territorial) de Juan Rodríguez Clara, se elaboró un diagnóstico y se proporcionó asistencia técnica. También se estableció y dio seguimiento a un módulo demostrativo de maíz para grano, como vitrina tecnológica y de capacitación. El objetivo del trabajo fue identificar la problemática de 200 productores de maíz incorporados al PRODETER, mediante un muestreo aleatorio simple y 42 encuestas aplicadas al azar en 33 localidades de José Azueta, Ver. Se estableció un módulo demostrativo en la localidad de Tesechoacan con los componentes tecnológicos de: 1) Labranza mínima, 2) Genotipos de maíz INIFAP H-520, H-567 y VS-536, dos híbridos comerciales HTC-1401, HTC-1501 y un testigo local D-KAL 375, 3) nutrición mineral por el método racional de fertilización, 4) Complementos de nutrición (micorriza, zeolita, humus), y 5) Control de plagas con trampas artesanales. Se efectuaron cursos de capacitación, giras de intercambio y se mejoraron componentes tecnológicos. Se concluye que los tres primeros componentes son una excelente combinación de técnicas y herramientas, para identificar y atender la problemática del productor.

**Palabras clave:** Suelo, grano, elote, rivera, cosecha

---

<sup>1</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. Autor para correspondencia: capetillo.angel@inifap.gob.mx y zetina.rigoberto@inifap.gob.mx. Teléfono: 800 088 22 22, Extensión 87230.

<sup>2</sup> Universidad Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Correo: martincadenaz@gmail.com, juan.alopez@uaaan.edu.mx



## Introducción

El Programa de desarrollo territorial (PRODETER) fue implementado por el gobierno federal en marzo 2019 con el objetivo de apalancar el desarrollo económico y productivo de las pequeñas unidades de producción familiar (UPF) en municipios clasificados como de “alta marginación” (DOF, 2019). Se tiene identificado que en el sur de la República Mexicana persisten familias que fundamentan sus ingresos en la venta de pequeños excedentes de producción y la renta de la mano de obra de uno o más de los integrantes de la familia (Ricardo, 2020; Muñoz, 2020).

La falta de tecnologías adaptadas y específicas, apoyos gubernamentales, mala organización de los productores, baja fertilidad del suelo, condiciones climáticas erráticas y la carencia de asesoría técnica y de extensión agrícola, han dado lugar a sistemas de producción de subsistencia que generalmente presentan baja sostenibilidad y rentabilidad.

En México son escasos o inexistentes los estudios enfocados en la caracterización de las pequeñas UPF a un alto nivel de especificidad, por tanto, las estrategias destinadas a promover su desarrollo están fundamentadas en estudios generalizados incapaces de mostrar las limitaciones sociales, ambientales, tecnológicas y económicas que experimentan día con día los productores de las zonas clasificadas como de “alta marginación”.

En Veracruz anualmente se siembran en promedio 598,000 ha, que representa el (7.87%) de la superficie siembra a nivel nacional (SIAP, 2020). En esta condición, se presenta una baja producción, con rendimientos promedio de 2.2 t/ha (Jaramillo-Albuja *et al.*, 2018; Palafox *et al.*, 2013), vinculado entre otros factores a las dosis de fertilización y oportunidad de aplicación. El método productor experimentador Valdivia *et al.*, (2007) en diferentes áreas maiceras de Veracruz, ha mostrado que uno de los principales factores que afectan al rendimiento es la fertilización, debido a que los productores no lo aplican en cantidad u oportunidad que la planta requiere, y sólo incrementa los costos de producción. El tipo de suelo y el manejo del cultivo (fertilización, control de plagas, malezas y enfermedades), son dos principales componentes clave para la obtención de un buen rendimiento del grano, tal es el caso de los productores del municipio de José Azueta que integran la cadena maíz del PRODETER 19, los cuales obtienen rendimientos superiores a la media nacional, logrando un promedio de rendimiento de 6.4 t/ha en esa región en siembras de humedad residual. El objetivo del presente trabajo fue identificar



la problemática de los productores de maíz beneficiarios del PRODETER 19, mediante un diagnóstico técnico-productivo mediante la aplicación de 42 encuestas en 33 localidades de esa región.

## **Materiales y Métodos**

El PRODETER 19 incluyó los municipios de Juan Rodríguez Clara, José Azueta, Playa Vicente, y Santiago Sochiapan, 281 794 hectáreas; sin embargo, este estudio fue realizado exclusivamente 33 localidades en el municipio de José Azueta, Veracruz (región maicera). Este municipio se ubica en la zona sur del estado de Veracruz, en la denominada Región del Papaloapan entre las coordenadas 18°4'27.8" Latitud norte, 94°42'29.1" Longitud oeste, clima cálido-regular, temperatura media anual de 25.9°C; precipitación anual de 1,105 mm y altitud de 113 m (García, 1987). Limita al norte con Tlacotalpan y Amatitlán, al este con Isla, al sur con Playa Vicente, al oeste con Chacaltianguis, Cosamaloapan y el estado de Oaxaca.

El trabajo de campo concerniente al diagnóstico fue desarrollado de diciembre 2019 a febrero del 2020 en la región de José Azueta, lugar, se aplicaron 42 encuestas al azar entre productores de 33 localidades productoras de maíz en suelos bajos de humedad residual. La descripción de las localidades de acuerdo al grupo de agricultores beneficiados con el programa se mencionan continuación: a) Proyecto Maíz grupo "El Maguey" que estuvo integrado por las localidades La esperanza, San Gerónimo, San Luis, El Café, El Marcial, La Gloria y las Cadenas, Nuevo Potrero, Palma de Oro, Ruíz Cortínez, Las Lomas, Linda Vista, Chacaltianguis, El Ramie, El Carrizal, Dobladero, Jaramillo, Tierra y Libertad, El Maguey y Benito Juárez; y b) Proyecto Maíz grupo "Productores maiceros de la riera del río Tesechoacán", que contempló las localidades Las Hojas, Tesechoacán, Colonia Tejeda, Tenejapan, Cujuliapan, Santa Fe, Santa Margarita, Pueblo Nuevo, Curazao, La Boca, Colonia Paso Real, 24 de febrero, El Cocotal, Isla.

Las encuestas se aplicaron de forma personalizada en las localidades con el mayor número de personas beneficiadas. Estas estaban integradas por los siguientes indicadores: a) Datos generales del productor, b) Información de la unidad de producción familiar (UPF), c) Información de los servicios de apoyo al cultivo, d) Condiciones climáticas y edáficas, e) Datos



del cultivo, f) Tecnología de producción, g) Comercialización, h) Problemática, i) Disponibilidad de infraestructura y equipo, j) Necesidades de capacitación y k) Oportunidad de mejora. Se formularon 72 preguntas enfocadas a la situación actual del agroecosistema maíz en la región de José Azueta, Ver. En esta actividad se contó con el apoyo de extensionistas del sector, dos líderes de grupo, ocho informantes clave, y las autoridades locales del municipio. La información generada con la aplicación de las encuestas se concentró en una base de datos en el programa excel, y las principales variables se analizaron con estadística descriptiva básica.

Se estableció el módulo demostrativo en la localidad de Tesechoacan con las siguientes tecnologías: 1) labranza mínima, 2) genotipos de maíz del INIFAP (H-520, H-567 y VS-536), más dos híbridos comerciales (HTC-1401, HTC-1501) y un testigo local (D-KALB 375), 3) nutrición mineral con base en el método racional de fertilización, 4) Complementos de la nutrición con micorrizas, zeolita, humus de lombriz, y 5) Control de plagas con trampas artesanales. Se realizaron eventos demostrativos, cursos de capacitación y giras tecnológicas de intercambio con productores maiceros de otras de regiones cercanas.

## **Resultados y Discusión**

### **Condiciones del clima y suelo de la región de trabajo**

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1987) el clima predominante en las localidades que integran el PRODETER 19 es el cálido subhúmedo Aw con lluvias en verano. Así mismo, se encontró una distribución geográfica de los climas Aw0, Aw1 y Aw2 (Soto *et al.*, 2001). En el 56% del territorio, domina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, y en un 42% el cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (INEGI, 2009). En este sentido, de acuerdo con los datos proporcionados por la estación climatológica de José Azueta, se tienen regímenes de 1,593 mm anuales de lluvia, una temperatura media anual de 26.5°C, con máximas de 32°C, mínimas de 21°C y una oscilación térmica de 11°C. El fotoperiodo es de 12 h, con un promedio anual de 129.6 días con lluvia y una evaporación promedio anual de 1,336.7 mm. La estación lluviosa del año regularmente inicia en la tercera semana de mayo y finaliza en la tercera de noviembre, con



un breve periodo de disminución de lluvia e incremento de temperatura en la primera y segunda decena de agosto conocido como sequía intraestival o “canícula”. Durante el periodo de lluvias se han presentado excesos de humedad que pueden ocasionar enfermedades fungosas en el cultivo de maíz.

De acuerdo con el sistema de clasificación de la FAO-UNESCO (2008), el suelo del área de influencia del PRODETER 19, son fluvisoles, acrisoles y cambisoles (Sánchez *et al.*, 2002). La mayor parte del área es ocupada por los cambisoles, seguido de los fluvisoles y acrisoles. En un estudio a mayor detalle (1: 250,000), pero con menor apertura de pozos agroecológicos, el INEGI (2009) clasificó los principales grupos de suelos como luvisoles (35%), phaeosem (29%), gleysoles (14%) y cambisoles (7%). Para el caso del municipio de José Azueta, las órdenes de suelo predominantes son los gleysoles (39%) y los phaeosem (39%). Los gleysoles ocupan áreas que se mantienen inundados una gran parte del año. Estos suelos sólo pueden ser utilizados para la agricultura cuando se ejecutan prácticas para drenar el exceso de agua, o bien en el corto tiempo que son drenados de manera natural. Los cambisoles tienen un perfil moderadamente desarrollado, sólo tiene un horizonte B cambico y un horizonte de diagnóstico que puede ser ócrico, húmico o mólico con un 50% o menos de saturación de bases (Zetina *et al.*, 2002). Son suelos poco desarrollados, de baja fertilidad y generalmente ácidos

### **Aspectos generales de los productores**

El 93% de los productores son hombres, lo cual indica que en esa región actualmente las mujeres tienen cierta participación en la realización de labores productivas e injerencia en las decisiones que se están tomando en el campo mexicano. En la variable edad, se encontró que el 40% de los productores son menores de 40 años y sólo el 5% presentan una edad superior a los 70 años; lo cual nos indica que en esta región se encuentran productores jóvenes y son precisamente los que se espera contribuyan a mejorar la economía en este sector y región. Es probable que este tipo de productores acepten e implementen en corto plazo algunos componentes tecnológicos enfocados a mejorar la producción y productividad del maíz. Este indicador es un referente en la variable educación formal, pues los productores de maíz tienen 17% con secundaria, 14% preparatoria y 12% universidad completa; mientras que el 45% restante tiene primaria incompleta y sólo un 12% no estudió. Los productores de maíz beneficiados con el programa tienen cierto nivel de estudio que va en relación directa con la edad de los mismos.



La generación de ingresos en actividades diferentes o complementarias mostró que el 88% de los productores realizan otros tipos de actividad como ganadería, comercio, producción de frijol, sorgo y caña de azúcar, jornalero, estilista, albañil, porcicultor, chofer, etc. El resto de los productores (12%) sólo producen maíz en uno y dos ciclos por año. En promedio todos los encuestados obtienen el 60% de sus ingresos por la venta del maíz, lo cual indica que esta actividad es fundamental para contribuir en la economía de las familias que se dedican a producir maíz para grano. En el caso de la contratación temporal y permanente de mano de obra para la producción del maíz (preparación del terreno a cosecha), el 63% cuenta con mano de obra familiar y permanente (conyugue, hijos y padres), mientras el 37% restante tienen la necesidad de contratar mano de obra temporal durante el ciclo del cultivo, debido que generalmente éstos realizan otras actividades diferentes a la producción de maíz.

#### **Información general de las Unidades de Producción Familiar (UPF)**

El 43% renta tierras para la siembra de maíz a un costo promedio de \$ 2,900 (pesos del año 2019) por hectárea por ciclo. El 37% es ejidal, 12% pequeña propiedad, 6% comunal y solo el 2% siembra a medias con otros productores. De los productores que rentan tierras (43%) para cultivar maíz, no cuentan con terrenos en modalidad ejidal, pequeña propiedad o comuna. Con base a los resultados obtenidos de las encuestas y los informantes clave, se encontró que los dos primeros porcentajes indican que existen tierras agrícolas en desuso que sus propietarios prefieren rentarlas, logrando con ello un ingreso a corto plazo sin tener que trabajarlas; mientras que la otra vertiente está enfocada a que el mayor número de productores son de escasos recursos y tienen sus tierras dentro de un ejido; pocos productores cuentan con tierras en pequeña propiedad. Aunque el 100% de los productores siembran como maíz para grano como cultivo principal también cultivan sandía (52%), frijol para venta y autoconsumo (29%), cilantro (7%) para venta local, y el 12% lo siembran distribuidos equitativamente en melón (4%), calabaza (4%), y pepino (4%).

Debido a que este programa va enfocado a las regiones de mediana y alta marginación, así como a productores pequeños y de bajos recursos, de los productores encuestados, el 74% no recibieron asistencia técnica de ningún tipo en los últimos cinco años para el manejo del maíz, solo el 26% restante recibió asistencia técnica, (45%), sobre insumos (36%), capacitación sobre organización (9%) y sobre comercialización (9%).





## **Tecnología de producción del maíz**

**Preparación del terreno.** Antes de iniciar la siembra los productores chapean (20%), rastrean (22%) y aplican herbicidas (15%). En promedio preparan el suelo 31 días antes de realizar la siembra. El 81% de los productores beneficiados del programa realizan la siembra en modalidad de labranza mínima, técnica de suma importancia debido que se tiene poco movimiento de la capa arable conservando en gran medida la humedad del suelo.

**Siembra.** La densidad de siembra es de 67 mil plantas/ha, y se realiza con sembradora de precisión (93%); y el 7% restante es con espeque. Del total de los productores beneficiados con el PRODETER, el 60% siembra una vez al año, y el 40% restante lo hace dos veces por año. La primera siembra es de noviembre a diciembre, para cosechar entre abril o mayo. Para los productores que realizan una segunda siembra, ésta es entre junio a julio para cosechar entre noviembre y diciembre, la cual tiene un costo de maquila (incluye tractor, sembradora y mano de obra) promedio de \$ 1, 050/ha (2019) sembrada con sembradora entre ambos ciclos de siembra.

**Fertilización.** El 98% de los productores no realiza análisis de suelos ni foliares como referencia para la fertilización, es decir, ellos aplican lo que creen conveniente y les ha funcionado por muchos años sin tomar en cuenta del daño que le están ocasionando al suelo y al manto freático. Todos los productores realizan una primera fertilización, enfatizando que el 70% de ellos aplican el fertilizante junto con la semilla del maíz al momento de la siembra, y el resto de los productores lo aplican entre los 5 a 15 días después de la siembra. En este sentido es necesario mencionar que, en esta primera fertilización, el 52% utiliza Urea (46-00-00) como fuente de nitrógeno, 38% utiliza el DAP (18-46-00) como fuente de fosforo, y el 10 % utilizan otros tipos de fertilizantes elaborados a base de microelementos. El 92% de los productores realiza una segunda fertilización entre los 25 a 40 días después de la primera aplicación, de los cuales el 71% utiliza como fuente de nitrógeno la Urea (46-00-00), el 20% utiliza el DAP (46-00-00) como fuente de fosforo, y el 9% utiliza otros fertilizantes comerciales a base de varios microelementos. Finalmente, del total de los productores, solo el 52% realiza una tercera fertilización entre los 55 a 70 días después de la siembra, la cual está basada la aplicación manual de Urea como fuente de nitrógeno (46-00-00) de 64% de productores, DAP (18-46-00) en 9% de productores, y el 27% aplica fertilizantes foliares a base de macro y microelementos en dos de 2 - 4L/ha respectivamente.



**Control de malezas.** Las malezas de hoja ancha y angosta son un grave problema en los cultivos agrícolas y perennes. Cuando éstas no se controlan en los primeros 40 días después de la siembra del cultivo, las pérdidas de rendimiento son de hasta 44% (Rosales *et al.*, 2011). El 48% presentó problemas de hojas anchas (plantas C3), y el 52% con hoja angosta (plantas C4). Se controlaron en un 95% con herbicidas selectivos y el 5% de forma manual y/o con implementos agrícolas.

**Control de plagas y enfermedades.** Las plagas al igual que las malezas son un grave problema en todas las etapas del cultivo (germinación-crecimiento-desarrollo-producción y almacenamiento del grano), ya que cuando estas no se controlan en tiempo y forma se tienen pérdidas desde 5% hasta el 100% de la producción. La principal plaga que se presentó durante el desarrollo del cultivo fue el gusano cogollero (54%), desde la germinación hasta la emisión de la espiga (5 - 60 días después de la siembra). Así mismo, aunque más del 90% de los productores no proporcionaron alguna respuesta sobre la presencia de enfermedades, algunos indicaron la enfermedad llamada “Mancha de asfalto”, que surge en etapas reproductivas y sin daños de importancia económica.

**Cosecha y manejo postcosecha.** La cosecha se realiza 5 a 6 meses después de la siembra. El 90% la ejecuta con maquina cosechadora autopropulsada con un costo promedio de \$ 1, 500.00/ha (2019). El 10% cosecha en la misma fecha, pero con un promedio de 15 jornales por hectárea a un costo de \$ 150.00 (2019) por jornal, y un total de \$ 2, 250.00/ha (2019). Después de la cosecha, estos productores pagan adicionalmente en promedio \$1, 200.00 por el desgranado y embolsado del maíz, con un costo aproximado de \$ 3, 450.00/ha (pesos del 2019) cuando la cosecha es manual y con jornales.

Los rendimientos de maíz fluctúan de 5 - 7 t/ha, superando en 56 y 118% a la media nacional reportada por el SIAP (2020), que es de 3.2 t/ha. Asimismo, aunque los rendimientos aparentemente son buenos con respecto a los que se tienen en otras regiones del país, consideramos que se deben incorporar tecnologías para incrementar los rendimientos que se han tenido a nivel experimental en esa región que es de 12 t/ha. Así mismo, el 23% de los productores tiene un gasto por acarreo local de \$ 950.00/ha, y se realiza en camionetas de 3.5 toneladas y/o en remolques. El 19%, gasta \$ 800.00/ha por flete local hasta el punto de venta. Finalmente, el 81% de los productores almacenan de 2 - 4% del grano producido, por 5 meses en tanques de almacenamiento y costales de henequén y plástico.



**Comercialización.** Todos los productores encuestados venden el 100% de su grano producido en el ciclo invierno-primavera, sin embargo, los que siembran en primavera-verano, generalmente guardan un 3% para autoconsumo y el 97% restante lo venden a intermediarios, consumidor directo y mediante contratos de venta. En este sentido, el 79% de los productores que venden el grano, venden en promedio 28 t a intermediarios, los cuales les pagan un precio por tonelada de \$ 4, 130.00. El 19% venden su grano al consumidor directo con un promedio de 18 t por productor, a un precio de \$ 4,125.00 por tonelada, y sólo un 2% de los productores venden en promedio 50 toneladas de grano por productor a un precio de \$ 5, 600.00 por tonelada respectivamente.

### **Módulo demostrativo**

En el módulo demostrativo se realizaron 7 eventos de capacitación y actividades de soporte técnico desglosados de la siguiente manera: dos cursos sobre tecnología de producción, dos talleres de capacitación, dos demostraciones de campo, y una gira de intercambio de experiencias entre productores de maíz. A los eventos asistieron un total de 327 participantes, de los cuales el 86.89% fueron beneficiarios del PRODETER 19, 11.01% extensionistas del proyecto, 0.47% prestadores de servicios, 0.94% técnicos regionales de diversas dependencias, 0.23% administrativos, 0.23% estudiantes y 0.23% comercializadores de maíz.

### **Conclusiones**

El diagnóstico técnico productivo de las UPF indicó que los productores de maíz son jóvenes con educación formal intermedia a alta. Siembran en promedio 5 hectáreas una o dos veces por año. Sus rendimientos son superiores a la media nacional con una brecha tecnológica de 3.1 a 10 t/ha. Los cultivos son afectados principalmente por plagas y sequías prolongadas. El diagnóstico es una herramienta fundamental para identificar y atender personalmente la problemática a nivel productor y parcela con cualquier tipo de cultivo anual o perenne, como mostró esta investigación, pues se atendieron los principales problemas que presentó el desarrollo del cultivo, con asistencia técnica personalizada. El módulo demostrativo es una alternativa visual donde pueden interactuar productores, técnicos y tecnologías que se



demuestran, y donde los productores pueden copiar tecnologías y/o capacitarse. Se logró capacitar a 327 personas de las cuales el 86.8% fueron productores de maíz.

## Literatura Citada

- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Anexo Técnico de Ejecución para la operación del Programa de Desarrollo Rural para el ejercicio presupuestal 2019, que celebran la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. México.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5568568&fecha=21/08/2019](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568568&fecha=21/08/2019). [Consultado el 25 de agosto de 2021].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma, Italia. 128 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, D. F. 130 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos José Azueta, Veracruz de Ignacio de la Llave Clave geoestadística 301692009.  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30169.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30169.pdf) [Consultado el 15 de febrero de 2020].
- Jaramillo A. J. G., V. Peña Olvera B., H. Hernández Salgado J., R. Díaz R. y A. Espinosa C. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. Revista mexicana de ciencias agrícolas 9(5): 911-923.
- Muñoz, C. A., A. Anchondo A. y D. A. Porras F. 2020. Unidades de producción familiar en condiciones de vulnerabilidad agrícola en el municipio de Guachochi.
- Palafox, C. A., M. Sierra M., F. A. Rodríguez M. y S. Barrón. 2013. Comportamientos Agronómicos de Híbridos y variedades de maíz validados en la región tropical de Veracruz manual para la producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco. In. tópicos selectos en agronomía tropical. Libro técnico núm. 9. Veracruz, México. 113 p.
- Ortiz, F. A. 2020. Diagnostico estratégico para elaboración de proyectos en las comunidades de Sombrerete y Jiménez del Teul, Zacatecas - México (Tesis de grado inédita). Universidad de Córdoba, Montería, México.



- Rosales, R. E., R. Sánchez C. y P. A. Cerda G. 2011. Control químico de malezas de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(4): 269.275.
- Sánchez, G. P., C. Ortiz, S. M. del C. Gutiérrez, C. y J. D. Gómez, D. 2002. Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 20(4),359-369. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320401> [Consultado el 28 de Agosto de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Avance de Siembras y Cosechas: Resumen nacional por cultivo. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do) [Consultado el 28 de Agosto de 2021].
- Soto, M., L. Gama y M. Gómez. 2001. Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3:31-40. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz, México. 157 p.



# PRODUCCIÓN ARTESANAL DE CAXTILA A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN ZONGOLICA, VERACRUZ

Julio Díaz José<sup>1</sup>, Marco Antonio Rosas Leyva<sup>2</sup>, Anselmo Osorio Mirón<sup>3</sup> y Gregorio Briones Ruíz<sup>1</sup>

## Resumen

Uno de los principales cultivos en México es la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) del que se obtienen múltiples subproductos. Los pequeños productores de caña de azúcar de la sierra de Zongolica Ver., producen y comercializan aguardiente y Caxtila, bebida elaborada con jugo de caña de azúcar fermentado, al que añaden la raíz del árbol de timbre (*Zapoteca portoricencis*). La bebida se comercializa en comunidades y mercados regionales, pero no se han realizado trabajos sobre su elaboración. El objetivo del trabajo fue analizar la producción y comercialización de Caxtila en la sierra de Zongolica. La información se recopiló con entrevistas semiestructuradas a productores bajo un enfoque cualitativo, como acercamiento al proceso de producción, rescate y mejora de la Caxtila. Los resultados indican que la bebida forma parte de la cultura alimentaria e identidad regional de las comunidades, pues se utiliza con fines rituales y en eventos culturales. Se identificaron riesgos en la higiene del proceso de producción, estandarización, escasez de mano de obra e infraestructura. Existe oportunidad para elaborar y promover el producto, y para su rescate se propone asesoría que mejore su manejo y garantice mayor rendimiento y calidad del producto, estandarizar el proceso de fermentado, infraestructura de almacenamiento que garantice la higiene, y gestionar y promoción regional de la imagen de la bebida, resaltando sus beneficios de consumo e identidad cultural.

**Palabras clave:** conocimiento tradicional, Caxtila, bebidas tradicionales, jugo de caña

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Autor para correspondencia: [juliodiaz@uv.mx](mailto:juliodiaz@uv.mx).

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, 95005 Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México.

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Ote. 6 1009, Rafael Alvarado, 94340 Orizaba, Veracruz.



## Introducción

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos tropicales, y se destaca por tener usos múltiples. Se cultiva en más de 130 países (González- Ibarra *et al.*, 2018) y México ocupa el quinto lugar en producción a nivel mundial (Gómez-Merino *et al.*, 2017). El principal uso de la caña en México, es para la fabricación de azúcar, aunque también se utiliza en la fabricación de papel, abonos, alimento para animales y alcohol, entre otros productos.

Su cultivo en México está asociado a la producción azucarera, que a su vez, está vinculada al ingenio como eje de desarrollo local, y en torno a éste, se desarrollan las múltiples actividades productivas de transformación, comerciales y de servicios (Aguilar-Rivera, 2017). Sin embargo, un porcentaje de pequeños productores se dedican a procesar la caña bajo sistemas tradicionales, ya sea para producir panela o alcohol. Este grupo de productores cuentan con maquinaria rústica como trapiches con tracción animal, y si bien es una forma de producir, cada vez es menos común, pero es una actividad económica y culturalmente importante para la región.

En la región de la sierra de Zongolica, Veracruz la producción de caña de azúcar se realiza en pequeñas parcelas y se utiliza principalmente para producir aguardiente y Caxtila, esta última es una bebida tradicional fermentada que se comercializa en mercados locales. A pesar de que la caña es un cultivo introducido en la región, esta actividad y los productos derivados de ella forman parte de la identidad cultural de las comunidades indígenas asentadas en esa región. A diferencia de municipios vecinos con grandes extensiones de caña, en las zonas bajas de la sierra de Zongolica, el cultivo se estableció para la obtención de productos como panela, aguardiente y Caxtila, con extensiones que no superan las tres hectáreas en promedio, y se cultiva en pendientes y parcelas con difícil acceso. Sin embargo, a pesar de que en el siglo XX la producción de panela y otras bebidas alcohólicas fue una actividad importante desde el punto de vista económico, ésta ha disminuido en los últimos años y ha sido poco estudiada.

Por otra parte, la fermentación es uno de los métodos más antiguos para elaborar bebidas y ha sido popular en muchas culturas a nivel mundial. En América Latina se pueden encontrar bebidas fermentadas a base de maíz, cacao y caña de azúcar, como el guarapo y la chicha (Chaves *et al.*, 2014), pero existen pocos registros de bebidas como la Caxtila que incluyan



plantas en el procesos de fermentación. A diferencia de los destilados de caña de azúcar como el ron, la cachaça en Brasil, el Ñeque en Colombia o el aguardiente en México, los fermentados a base de caña son menos comunes y la fermentación es espontánea y sin control, por lo cual estos productos resultan con características sensoriales y de calidad muy variables. Lo anterior, muestra la oportunidad que existe de mejorar estos procesos de producción y evitar riesgos para la salud humana, pero además, se ha demostrado que la comercialización de estas bebidas fermentadas de la caña de azúcar puede representar una oportunidad de negocio (Resende *et al.*, 2018; Rivera *et al.*, 2005).

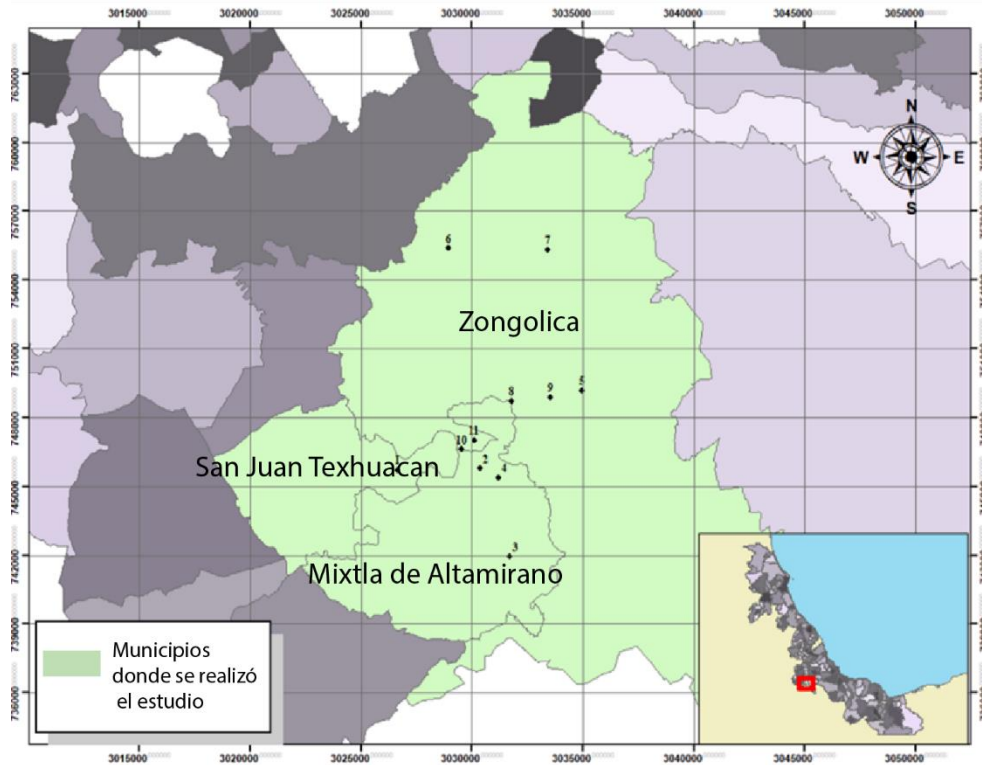
Por tanto, el objetivo de este trabajo fue registrar y analizar el proceso de producción y comercialización de la bebida conocida como Caxtila, a través de un estudio exploratorio que permita rescatar el conocimiento para la elaboración y comercialización de esta bebida tradicional en la sierra de Zongolica. Este trabajo también propone alternativas para este producto con un enfoque que permita agregar valor e identidad y, en consecuencia, mejorar los ingresos de los productores que se dedican a esta actividad.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en tres municipios pertenecientes a la Sierra de Zongolica que fueron: Zongolica, San Juan Texhuacan y Mixtla de Altamirano (Figura 1). Estos municipios se encuentran situados en la región central del estado de Veracruz, con un clima cálido-húmedo en las zonas más bajas, y precipitación media anual superior a los 2,100 mm. El paisaje de la región son bosques fragmentados con altas pendientes donde se cultiva principalmente maíz y café, y el cultivo de caña de azúcar se establece en áreas muy reducidas y limitada a un pequeño número de productores que aún practican la actividad.





**Figura 1. Área de estudio que incluye los municipios de Zongolica, San Juan Texhuacan y Mixtla de Altamirano en el estado de Veracruz.**

### **Colecta y análisis de la información**

La colecta de información se realizó a través del método etnográfico, que utiliza un enfoque de investigación para observar y registrar las actividades de las personas en su entorno cultural o social, con el propósito de producir una narrativa de una cultura o grupo en particular (Hammersley, 2018); en este caso, consistió en la aplicación de un muestreo no probabilístico en el que se visitaron comunidades y productores de Caxtila a través de un muestro no probabilístico conocido como bola de nieve (Gill *et al.*, 2008). Se realizaron visitas y se aplicaron 11 entrevistas semiestructuradas con preguntas abiertas y cerradas para obtener información de las unidades de producción, el proceso de elaboración de la Caxtila, la comercialización en el mercado regional, y la problemática que enfrentan los productores para desarrollar la actividad. Las entrevistas fueron transcritas en un procesador de textos y se construyó una lista de códigos para realizar el análisis cualitativo de la información con base en las temáticas del Cuadro 1.



**Cuadro 1. Códigos utilizados para analizar la información de la entrevista.**

Código	Descripción
Nivel tecnológico de la unidad de producción	Caracterización de las unidades de producción con base en la superficie de la parcela, maquinaria utilizada, cantidad de producto.
Proceso de producción	Procedimiento para la elaboración del aguardiente y/o la Caxtila.
Proceso de comercialización	Puntos de venta, precios y cantidades comercializadas.
Problemáticas en la producción	Principales problemáticas que desde el punto de vista del productor impiden que la actividad sea sostenible.

\*Los códigos utilizados emergen de las respuestas que se obtuvieron a partir de las preguntas abiertas y fueron determinados por los investigadores participantes.

Mediante el software de análisis cualitativo Atlas.ti 8, se procesó la información cualitativa y se construyeron redes semánticas para el análisis del discurso, que permitió caracterizar la producción, comercialización y problemáticas asociadas que enfrentan los pequeños productores de Caxtila en la región. Adicionalmente se determinaron parámetros de pH y °Bx para la determinación de °gL, utilizando un pHmetro marca Hamilton© y refractómetro marca Hanna©, lo que permitió determinar la cantidad de sólidos solubles en el jugo de la caña de azúcar y sólidos solubles residuales posteriores a la fermentación, como proporción de la transformación de los azúcares en alcohol.

## Resultados y Discusión

Las unidades de producción familiar en la zona de estudio tienen en promedio 2.5 ha de caña, trabajan con mano de obra familiar y únicamente contratan de dos a tres jornales (150 pesos por día) para la cosecha. El uso de insumos para la producción es escaso y el rendimiento no rebasa las 50 t/ha de caña con variedades criollas, que procesan los propios productores para obtener aguardiente y/o Caxtila.

Para elaborar la Caxtila los productores realizan la extracción del aguamiel o jugo de caña con el trapiche, movido por tracción animal o con energía eléctrica. Posteriormente, el aguamiel se coloca en jarros de barro de una capacidad de 80 litros y se le agrega la raíz de un arbusto conocido como timbre (*Zapoteca portoricensis*) en las comunidades (Figura 2). Este último



proporciona un sabor y olor característico a la bebida. Una vez preparada la bebida se realiza una *catación* para determinar el sabor y aroma, y se le puede agregar más jugo de caña para que siga fermentando y tenga un sabor más fuerte. Una vez que está lista, esta bebida es comercializada en la comunidad, y también es altamente demandada para rituales como el *Xochitalis*<sup>1</sup> y las fiestas religiosas de mayordomía.



**Figura 2. Elementos en la producción artesanal de Caxtila. A) Paisaje característico del cultivo de caña de azúcar en Zongolica; B) Recipientes de barro para almacenar la Caxtila; C) Trapiche eléctrico para la extracción de jugo de caña en la localidad de Macuilca, Zongolica, Ver.; D) Trapiche movido por tracción animal en la localidad de Tepeolulco, Zongolica, Ver. (Fotos: Flor Tlehuactle y Elvira Choncoa).**

<sup>1</sup> En las comunidades de la sierra de Zongolica se realiza la ceremonia de *Xochitalis*, que consiste en hacer una ofrenda de flores y frutos a la tierra, ya sea al inicio de la siembra de la milpa o como ritual en alguna obra de beneficio público.



Con relación a la comercialización, es importante mencionar que el consumo es principalmente local, pues al tratarse de una bebida fermentada se dificulta el manejo, conservación y traslado, además que es muy poco conocida fuera de los municipios que conforman la sierra de Zongolica. Los productores establecen su punto de venta en sus hogares donde los consumidores acuden a comprar el producto que va de 1 a 3 litros para consumo personal, pagando un precio promedio de \$ 12.00/L, mientras que los jueves y domingo también se vende en el mercado de Zongolica a un precio promedio de \$ 15.00. Dado que el aguardiente y la Caxtila son productos de consumo humano que se comercializan sin un proceso de envasado y etiquetado, las personas valoran poco su contenido como lo hacen con otros productos artesanales; por ello la venta de Caxtila ha disminuido entre la población, derivado de la entrada de nuevos productos como la cerveza, el tequila o los rones. Las nuevas bebidas que han desplazado a otras como el pulque, fueron aceptadas y consumidas en mayor grado debido a la publicidad y cambios en los patrones de consumo en las últimas décadas.

Históricamente, la elaboración de bebidas alcohólicas a partir de distintos productos como uvas, arroz, trigo, caña de azúcar y frutos diversos ha sido una constante que forma parte de las distintas culturas en el mundo. Algunas en México como Sambumbia elaborada a partir de arroz, piloncillo, agua, canela y pulque, con sus variantes dependiendo de los gustos o en otros países (Quintero-Salazar *et al.*, 2012) o como el *Toddy*, que es hecho a base de savia de palma y se consume en India, el Sudeste Asiático y parte de África. Sin embargo, al referirse a las bebidas de caña de azúcar se hace referencia al *ron*, un destilado de caña apreciado en muchas partes del mundo y comercializado a gran escala en la actualidad, o la *cachaça* de Brasil, también un destilado que con una producción de más de 1.2 billones de litros (Barbosa *et al.*, 2016) forma parte de la cultura de ese país. Sin embargo poco se conoce de las bebidas fermentadas de caña (Resende *et al.*, 2018).

Existen otras bebidas fermentadas de caña en el mundo, como el *Guarapo* que se consume en Colombia y algunas partes de México, o el *Cambray* de Perú. Pero, la bebida que más se asemeja a la Caxtila es el *Basi* de Filipinas. El *basi* se realiza a partir de la fermentación del jugo de caña. El jugo se hierva en un depósito de acero llamado *sinublan*, y se le agregan cortezas, frutos y hojas trituradas del árbol llamado *samac* (*Macharanga grandifolia* Linn), esto se hace para intensificar el color del líquido y coagular los sedimentos o sólidos suspendidos (Sánchez, 2008), el líquido se transfiere a una jarra y se deja enfriar por 24 horas, y después



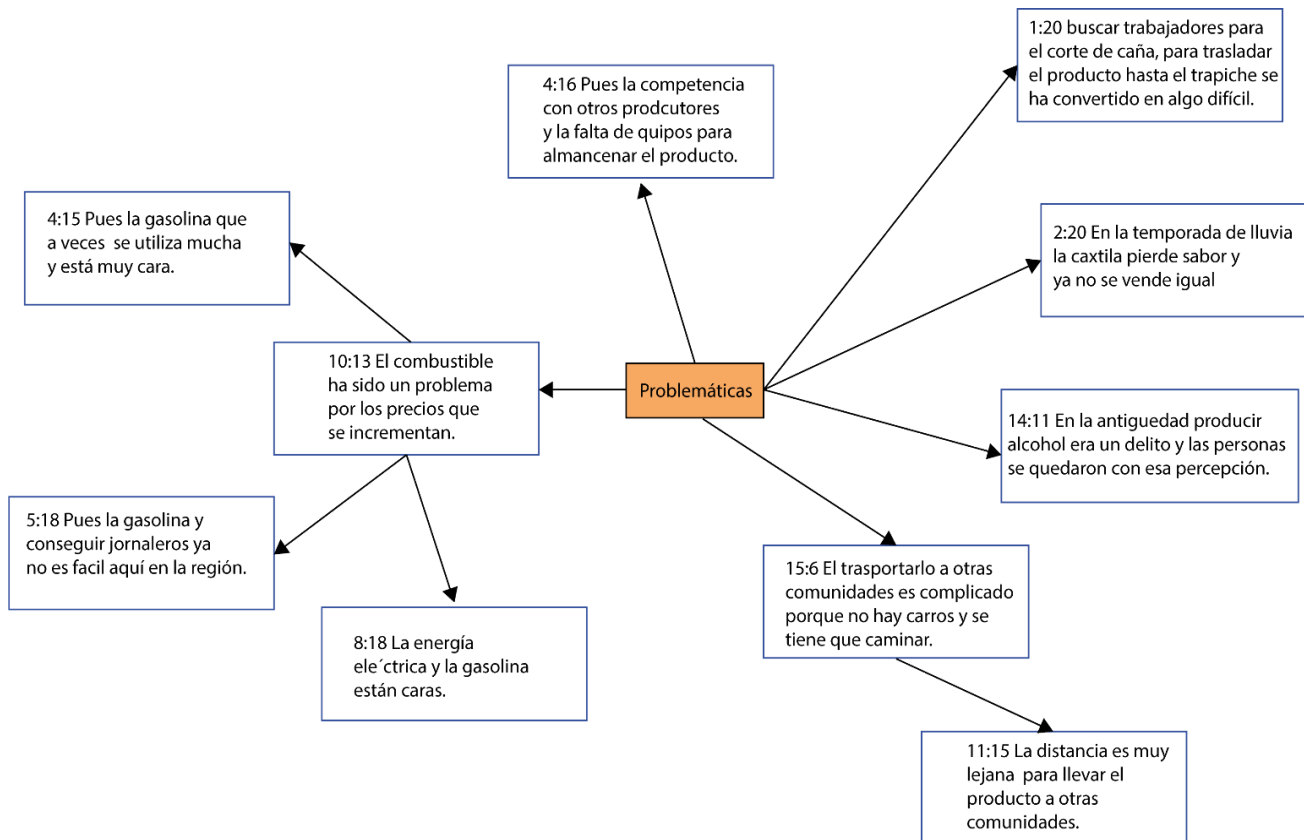
se coloca bajo tierra para terminar la fermentación. La corteza de otras plantas que se añaden al *basi* pueden ser el duhat (*Syzygium cumini* Skeels) y otros como los higos (*Ficus carica*) también son utilizados (Mura *et al.*, 2000). Éstos últimos autores encontraron que muchos de los ingredientes de plantas que se agregan al *basi* son inhibidores del crecimiento de bacterias de ácido láctico y ácido acético, principalmente los taninos condensados compuestos de catequinas y leuco antocianinas del *samac* y ácido gálico y leuco antocianina del *duhat*; todo ello causa un deterioro durante la fermentación y es crucial en la producción del *basi*.

Con relación a la Caxtila, los valores obtenidos de pH 6, están por arriba de lo que reporta Resende *et al.*, (2018) para una bebida fermentada de caña, para la cual obtuvieron un pH de 4.01 - 4.05, o lo reportado por Rivera-Espinoza *et al.*, (2005) con un pH de 3.2 para producción de un “vino” a partir de jugo de caña fermentado utilizando las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. Lo anterior, debido a que posiblemente la corteza de timbre que se añade a la Caxtila (al igual que en el *basi*) inhibe los componentes de ácidos orgánicos como el ácido acético, el ácido láctico y el ácido succínico. Por otro lado, con relación al porcentaje de sacarosa o sólidos solubles presentes en el producto, éstos fueron en un rango de 12.0 - 12.5°Brix. El rendimiento promedio para la fermentación en la Caxtila fue aproximadamente de 70%, lo cual indica que por cada 1000 mL de jugo de caña (12°Brix), se obtienen 720 mL de Caxtila. En relación al porcentaje de alcohol, los rangos fueron de 6.2%, inferior al vino y más cercano a otras bebidas fermentadas como el pulque.

Los productores enfrentan distintas problemáticas (Figura 3), la primera se relaciona con los insumos para la producción, principalmente para el caso de los que utilizan combustible o energía eléctrica en el trapiche, pues el precio de la gasolina se incrementó en un 17% en el periodo 2015 - 2019, lo cual repercute en los costos de producción; la segunda problemática se relaciona con la calidad e inocuidad del producto, pues la infraestructura para la obtención del jugo de caña, así como el manejo y depósitos utilizados, no cumplen con las características requeridas para el manejo y venta de bebidas y alimentos; y tercera, el traslado para la comercialización de estas bebidas, pues las comunidades se encuentran alejadas de puntos de venta potenciales que permitan al productor incrementar la producción y como consecuencia mejorar los rendimientos; finalmente, otras problemáticas como la escasez de mano de obra en la región para realizar actividades agrícolas, la baja calidad del producto y



competencia de otras bebidas que se prefieren en la actualidad ha llevado a la disminución del consumo y pérdida del conocimiento para la elaboración no sólo de esta bebida, sino también de otros productos que tradicionalmente se producían en la región como el aguardiente y la panela.



**Figura 3. Red de Problemáticas que enfrentan los productores.**

Algunas de las propuestas de mejora que se identificaron durante los recorridos en conjunto con los productores están las relacionadas con el proceso de extracción del jugo de caña, en el que se deben utilizar rodillos cilíndricos que consideren mejoras en la compresión, velocidad de rotación (Díaz e Iglesias, 2012). Por otro lado, en los procesos de la fermentación para elaboración del aguardiente y Caxtila se propone optimizar los carbohidratos, nitrógeno y fósforo del medio, para incrementar la eficiencia en la producción y establecer la influencia de los macronutrientes en los compuestos sensoriales indicados en la NOM-006-SCFI-2005 (Tellez *et al.*, 2012). Por último, los materiales plásticos utilizados para el almacenamiento de



estas bebidas alcohólicas deben cumplir con el contenido mínimo de metales pesados como indica en su manual la FAO (Rodríguez *et al.*, 2018). Por tal motivo, es prioritario estandarizar el proceso de producción mediante parámetros que resulten de estudios especializados y que garanticen una bebida de calidad, libre de riesgos humanos y que al mismo tiempo conserve las tradiciones que existen en torno a este producto.

## **Conclusiones**

El presente estudio abordó el proceso de producción y comercio de la Caxtila en la región de Zongolica, utilizando un enfoque etnográfico para estudiar el proceso de producción, comercialización y problemáticas que existen o a las que se enfrentan los productores. La producción de aguardiente y Caxtila en la sierra de Zongolica es una actividad tradicional que forma parte de la identidad de la región y las comunidades indígenas. Una restricción de la actividad son las escasas estrategias para valorar y fomentar este tipo de prácticas que tienen un valor cultural y material en la región debido principalmente a la disminución en el consumo de aguardiente y Caxtila que han sido sustituidas por otras bebidas alcohólicas como la cerveza y el tequila, entre otras. La estandarización del proceso y aplicación de normas de inocuidad en la preparación, almacenamiento y traslado del producto son aspectos fundamentales para el rescate y revaloración de esta bebida. Futuras investigaciones deben abordar el análisis de las propiedades químicas de la Caxtila para conocer posibles beneficios, así como disminución de riesgos en su consumo.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen la invaluable labor de las estudiantes Flor Tlehuactle y Elvira Lucely Choncoa por el trabajo de recolecta de información en campo, así como a los productores participantes en este trabajo.



## Literatura Citada

- Aguilar-Rivera, N. 2017. Cadena de Valor de la Diversificación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar en México. *Agroproductividad* 10(11):21–28.
- ATLAS.ti. 2018. Atlas.ti 8 Scientific Software Development GmbH. Germany.
- Barbosa, E. A., T. Souza M., S. Diniz, R. H., F. Godoy-Santos, F. Faria-Oliveira, F. M. Correa L. *et al.* 2016. Quality improvement and geographical indication of cachaça (Brazilian spirit) by using locally selected yeast strains. *Journal of Applied Microbiology* 121(4):1038–1051.
- Chaves-López, C., A. Serio, C. D. Grande-Tovar, R. Cuervo-Mulet, J. Delgado-Ospina and A. Paparella. 2014. Traditional Fermented Foods and Beverages from a Microbiological and Nutritional Perspective: The Colombian Heritage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13(5):1031-1048.
- Díaz, A. and E. Iglesias C. 2012. Theoretical bases of the sugar cane juice extraction process for the panela production. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21(1):53–57.
- Gill, P., K. Stewart, E. Treasure and B. Chadwick. 2008. Methods of data collection in qualitative research: Interviews and focus groups. *British Dental Journal* 204(6):291-295.
- Gómez-Merino, F.C., L. I. Trejo-Téllez, J. Salazar-Ortiz, J. A. Pérez-Sato, H. A. Senties-Herrera, J. J. Bello-Bello y N. Aguilar-Rivera. 2017. La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Agroproductividad* 10(11):7-12.
- González-Ibarra, C. V., O. Mancilla-Villa, R. Guevara-Gutiérrez R. D., Hernández- Vargas, O. Palomera-García, C. Can-Chulim, *et al.* 2018. Rentabilidad de la caña de azúcar con manejo orgánico y convencional Profitability of the sugar cane with organic and conventional management *Materiales y Métodos. Idesi* 36(3):5-13.
- Hammersley, M. 201). What is ethnography? Can it survive? Should it?. *Ethnography and Education* 13(1):1-17.
- Mura, K., H. Shiramatsu and W. Tanimura. 2000. A substance inhibiting the growth of lactic acid bacteria in duhat (*Sizygium cumini* Skeels) bark. *Biocontrol Science* 5(1):33-38.
- Quintero-Salazar, B, A. I. Berbaldez, O. Dublán G., V. D. Barrera G. y H. J. Favila C. 2012. Consumo y conocimiento actual de una bebida fermentada tradicional en Ixtapan del Oro, México: la sambumbia. *Alteridades* 22 (44):115-129
- Resende, É., M. Caliarí, M. Soares, A. Ribeiro, C. Marques D. R. and V. de Barros V. B. E. 2018. Assessment of chemical and sensory quality of sugarcane alcoholic fermented beverage. *Journal of Food Science and Technology* 55(1):72–81.





- Rivera-Espinoza, Y., E. Valdez-López and H. Hernández-Sánchez. 2005. Characterization of a wine-like beverage obtained from sugarcane juice. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 21(4):447-452.
- Rodríguez, A., M. Cortes y D. Giraldo. 2018. Evaluación de inocuidad para el cierre hermético de una bebida alcohólica según la normatividad vigente. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. 5(1):53-70.
- Sánchez, P. C. 2008. *Philippine fermented foods: principles and technology*. The University of Philippines Press.
- Téllez-Mora, P., F. A. Peraza-Luna, A. Feria-Velasco e I. Andrade-González. 2012. Optimización del proceso de fermentación para la producción de tequila, utilizando la metodología de superficie de respuesta (msr). *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11(1):163-176.



## ESTRATEGIA DE DESARROLLO RURAL REGIONAL: HARINA DE MALANGA EN LA REGIÓN DE SANTA ROSA, VERACRUZ

Jazmín Villegas Narváez<sup>1\*</sup>, Jacel Adame García<sup>1</sup>, Félix David Murillo Cuevas<sup>1</sup> y Sara Márquez Bueno<sup>1</sup>

### Resumen

La evolución constante de las tecnologías, la globalización de los mercados y la velocidad con que se trasmite la información, son características fundamentales de nuestro entorno; así mismo, el desarrollo de nuevos mercados son la base que sustenta la mejora económica de la producción. En Santa Rosa, Ver., surge la oportunidad de producir harina de malanga y generar riqueza económica y social, y constituye una alternativa para hacer uso de la merma del cultivo que no cumple con estándares exigidos por la exportación. La harina de malanga permite complementar y enriquecer la alimentación, por su contenido en vitamina C, B y E, y minerales, como potasio, fósforo, magnesio, zinc, imprescindibles para el buen funcionamiento del organismo; posee fibra que mejora el tránsito intestinal y es baja en sodio. Como objetivo del trabajo, se realizó un estudio de mercado, pruebas sensoriales, y un análisis CANVAS\_ *Modelo de Negocio* (Osterwalder, 2004) para diseñar un plan de negocios que facilite la comercialización de la malanga en la región. Los resultados muestran que se requiere invertir \$ 387 ,299.20. Los indicadores financieros del plan de negocios aceptado pueden lograr un VAN de \$ 748, 700.80 a una tasa de actualización de 10%, y una relación B/C de 1.31, con una TIR de 66.38%. La malanga ofrece dos tipos de harina, una con almidón especial para la repostería, y otra baja en almidón para un mercado fitness. Estas alternativas requieren nuevas estrategias de comercialización, una producción eficaz e impactan en el desarrollo económico.

**Palabras clave:** mercado, desarrollo económico, producción, CANVAS

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México. IT. Úrsulo Galván, Ver [\\*jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx](mailto:*jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx), [jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx](mailto:jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx), [felix.mc@ugalvan.tecnm.mx](mailto:felix.mc@ugalvan.tecnm.mx), [sara.mb@ugalvan.tecnm.mx](mailto:sara.mb@ugalvan.tecnm.mx)



## Introducción

El desarrollo rural es un proceso de transformación, integración y fortalecimiento de las actividades agropecuarias, y no agrícolas bajo un manejo sustentable de los recursos para el mejoramiento de los ingresos y condiciones de vida de las familias rurales. El proceso dirigido por los actores locales construye una territorialidad específica en coordinación con instituciones y organizaciones. Esta territorialidad es un camino propio de desarrollo basado en las capacidades, activos y recursos multidimensionales (COLPOS, 2020)

La demanda de harina de malanga en el mercado internacional como Estados Unidos, Canadá, China y Hong Kong, puede ser aprovechado por los productores para comercializar harina bajo las técnicas y procesos adecuados de procesamiento, de acuerdo con la NOM 247-SSA1-2008. Con esto se beneficiarán los productores del municipio de Actopan que a la fecha no han logrado obtener harina de malanga y solo se basan en la exportación del tubérculo, con un fuerte problema para cumplir con el calibre exigido. La elaboración de harina con el producto que no cumple con los estándares de exportación, desarrollando dos tipos de harina abriría dos ventanas de oportunidad en la comercialización.

La idea de la harina de malanga surge como una respuesta a la necesidad que tienen los productores de comercializar y exportar, lo cual no han logrado por desconocer los procesos adecuados para obtener la harina, conservando sus propiedades. Por otro lado, se utilizarían las mermas o malanga de baja calidad, disminuyendo las mermas. Además de que se están utilizando nuevas fuentes para la obtención de almidón. La harina de malanga es un producto comercializable con gran demanda debido a que el 74% de personas en México sufren problemas intestinales y una tendencia de consumir productos libres de gluten (Médica Sur, 2011). La harina de malanga, da respuesta a este tipo de demanda. Se debe tomar en cuenta que la harina baja en almidón tipo fitness va dirigido a las personas preocupadas por su físico, y es fácil de preparar, y puede tener usos como: malteadas, tortillas, entre otros.

El objetivo principal de nuestro proyecto fue realizar el plan de negocios basado en la técnica del CANVAS (Osterwalder, 2004), en donde principalmente se realizó la viabilidad técnica del proceso de la harina de malanga con base a la NOM247-SSA1-2008, realizando su caracterización nutrimental y microbiológica, el estudio de mercado y la viabilidad financiera.



## Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en la localidad de Santa Rosa (General Pinzón) Municipio de Actopan, Ver., el principal productor de malanga en el estado de Veracruz. Tiene 1,975 habitantes. Se localiza a 61 msnm, a 16.6 kilómetros de la cabecera municipal. El periodo de estudio comprendió 2019 y 2020. La investigación que se llevó a cabo fue con un enfoque cualitativo y cuantitativo fundamentado en el análisis CANVAS (Business Canvas, Modelo de Negocio) de Osterwalder (2004) para diseñar un plan de negocios que permite analizar el mercado y determinar sus características, las estrategias de producción, administración y financiamiento. El análisis de la información se realizó a través de un estudio de mercado, corrida financiera y diseño del diagrama de proceso cumpliendo la norma NOM247-SSA1-2008. Se aplicó una encuesta para determinar la mezcla de mercadotecnia, el cliente, la plaza y la competencia.

La malanga (*Colocasia esculenta*) es una planta herbácea, suculenta, hidrófila, de la familia de las Aráceas. Es una raíz tuberosa de forma ovoide-redonda, con pulpa blanca, y de 30 a 85% de almidón, con cascara de color marrón oscura (Dendy, 2001). Es originaria de América Central y se dispersó hacia Sudamérica, México, sureste de Asia, las islas del pacifico, las islas polinesias y África (Sonni *et al.*, 2003). En México se cultiva en Oaxaca, Veracruz, Tabasco y Yucatán, con una producción de 40 t/ha promedio. La producción anual en países productores es hasta de 84 t/ha (Who and Consultation, 2003).

En México la producción de malanga es incipiente, solo cuenta con 100 hectáreas y se cosechan 2, 500 t, que se exportan a Estados Unidos y Canadá, cuya demanda es de 30, 000 t anuales. La malanga es un cultivo rentable con un costo de producción estimado de \$ 45,000/ha y producción de 25 t/ha. En el 2014, el precio pagado al productor fue de \$ 5.00/kg, equivalente a \$ 125, 000/ha. La rentabilidad de este producto es de \$ 2.77, lo cual indica que por cada peso invertido el productor gana \$ 1.77. Los cultivos no tradicionales son una oportunidad de ingreso económico, pero desafortunadamente en las regiones tropicales y subtropicales no se tienen las condiciones adecuadas para su cultivo, debido a la falta de infraestructura y al desconocimiento del mercado.

Alexander Osterwalder (2004), definió una ontología consistente en una estructura de nueve bloques temáticos, que agrupan las principales variables de un negocio, el bloque del centro



representa la oferta de valor que se dirige a uno o varios segmentos de mercado a través de unos canales y con una forma específica de relacionarse con los clientes; también está representado por los bloques de la derecha y los de la parte izquierda que representan los recursos, actividades y terceros que actúan como aliados, necesarios para producir y mantener la oferta de valor. Los bloques inferiores representan el reflejo de ingresos y costos del conjunto anterior. Al mismo tiempo el objetivo del trabajo de Osterwalder (2004) es el desarrollo de un modelo que ayudará a diferentes empresas de diversos sectores, para describir y manipular sus modelos de negocio en proceso de creación de diferentes tipos estratégicas. La estructuración de este concepto abarca cuatro áreas clave de un negocio: a) clientes; b) oferta; c) infraestructura y d) viabilidad financiera.

Un plan de negocios “es un documento escrito de manera sencilla y precisa, el cual es el resultado de una planificación. Este documento muestra los objetivos que se quieren obtener y las actividades que se desarrollarán para lograr dichos objetivos” (Weinberger, 2009).

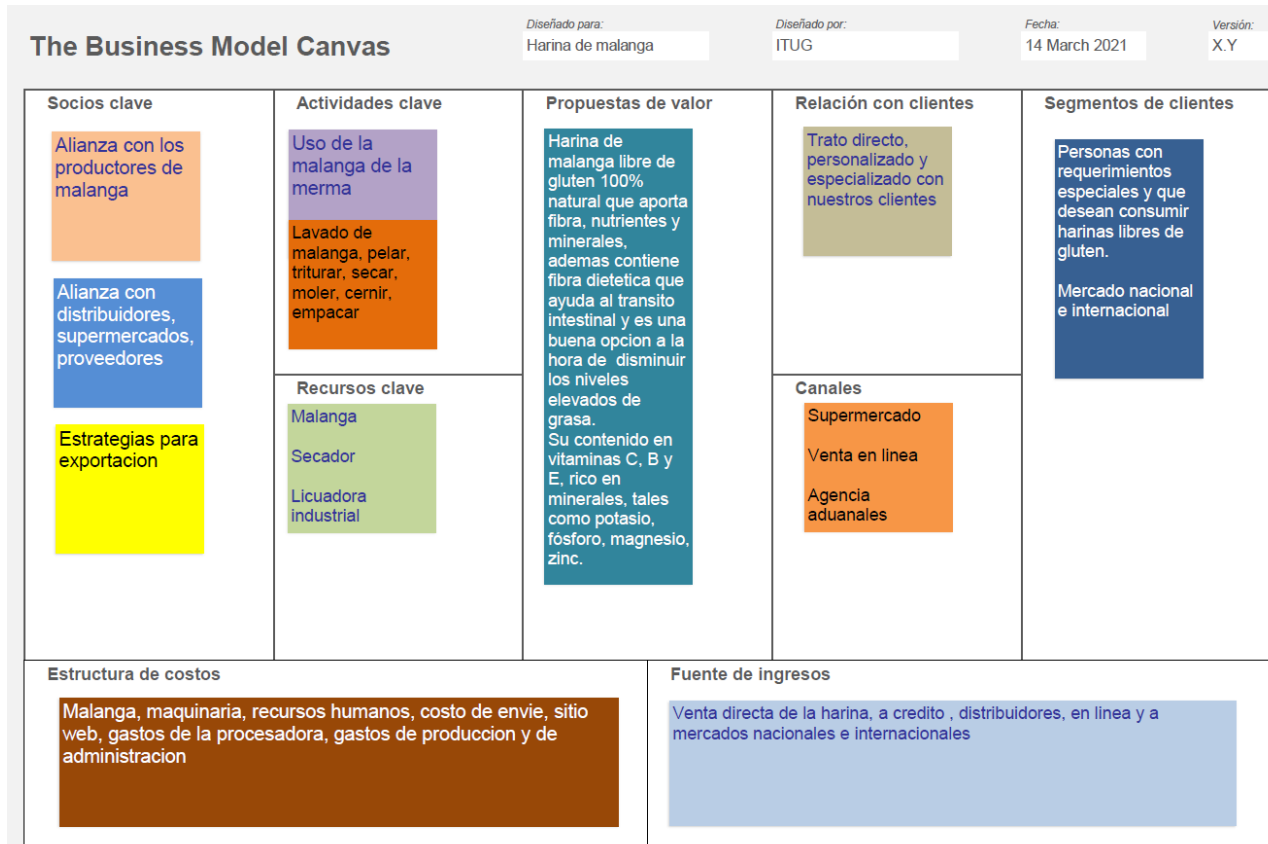
Según la guía para el desarrollo de la micro y pequeña empresa, un plan de negocio contiene la siguiente estructura: 1. Resumen ejecutivo: resumen y conclusiones. 2. Descripción y visión del negocio: información que permita entender el negocio y la descripción de los productos y los servicios que ofrece. 3. Análisis del mercado: descripción del sector en el que el negocio compite o competirá. 4. Planeamiento estratégico: una estrategia de planeamiento que nos permita saber dónde estamos y hacia dónde vamos, así como cuáles son nuestras fortalezas y debilidades. 5. Estrategia de comercialización y ventas: estrategia que se va a seguir para distribuir y vender los productos. 6. Análisis del proceso productivo: cómo se tiene que organizar para producir, qué insumos, maquinaria, etc., son necesarios. 7. Análisis económico financiero: cuántos ingresos y egresos se va a tener (ProInversión, 2007).

## **Resultados y Discusión**

Con el objetivo de lograr un enfoque práctico, se analizó primero el comercio de malanga con las empacadoras y exportadoras de la región, a través de un estudio de caso con enfoque descriptivo, explicativo y bajo el contexto de contrastación de teoría y la aplicación del modelo de negocios CANVAS (Osterwalder, 2004). Para el análisis de causa, el presente estudio se



estructuró en dos etapas, primero descripción de la producción de malanga, desde la etapa inicial hasta la final detallando sus perspectivas de futuro y posteriormente una descripción de las nueve dimensiones, de acuerdo con el modelo CANVAS (Osterwalder, 2004), (Figura 1).



**Figura 1. Modelo de negocios CANVAS.**

**Estudio de mercado.** Describimos el producto como un proceso el cual se optimizó es para obtener harina 100% de malanga, además de extraer el almidón, utilizando tecnologías sencillas. Se obtuvo una harina con almidón para la repostería y otra sin almidón, ya que el contenido de almidón natural libre es superior al 80% el cual se puede usar como pegamento, salchichas, para planchar, para talco para los pies, entre otras. El proceso consta de acondicionamiento de los tubérculos, retiro de cáscara, corte de tubérculos, triturado y lavado, centrifugado, filtrado, refrigerado, decantación, secado, molienda y almacenado etc.

Se determinó la mezcla de mercadotecnia (4 p) en donde el Producto que se ofrece es totalmente innovador, el cual es una alternativa diferente y saludable a las harinas típicas,



como la harina de trigo. Hecha a base de malanga 100% orgánica y procesada de manera artesanal sin conservadores ni aditivos artificiales (Figura 2).



**Figura 2. Producto terminado, harina de Malanga procesada artesanalmente.**

Como resultado se determinó que la Plaza (lugar de ubicación) para ubicar la procesadora debe ser en la localidad de Santa Rosa, municipio de Actopan, Ver., y la distribuidora en la ciudad de José Cardel, municipio de La Antigua, Ver, debido a que es un punto estratégico para la distribución, en donde los medios de comunicación son viables.

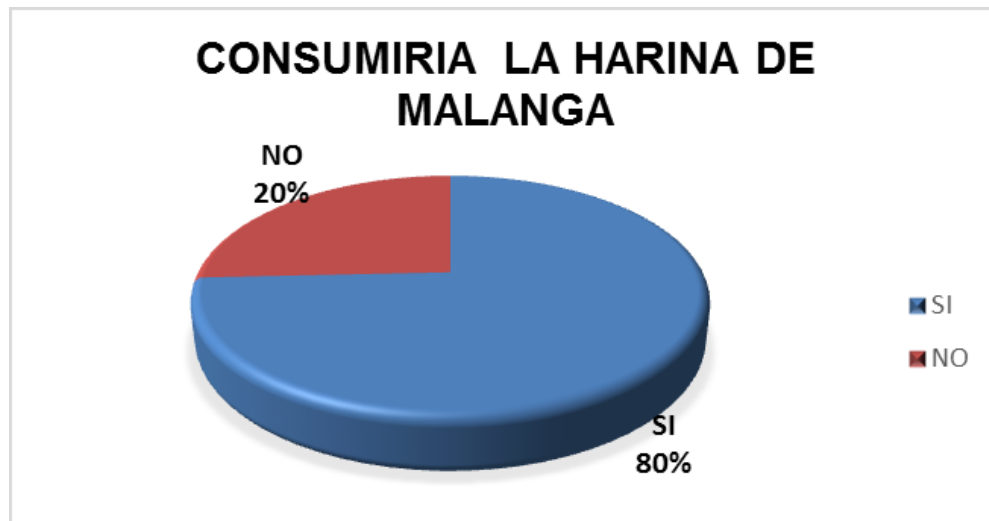
El Precio como toda empresa busca garantizar la supervivencia, cubrir costos y rentabilidad, además de ser un producto viable. Por otro lado, se desea acaparar la mayor parte del mercado por lo que debe ser de un producto de calidad. El precio consideró los costos de producción y se reflejó en \$ 25.00.

La promoción debe ser a través de redes sociales, correo electrónico, mercados nacionales e internacionales, ferias y páginas de productores, y que desean exportar. Se desarrolló un análisis FODA determinando las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que se presentan en el proceso de elaboración de harina de malanga (Figura 3).



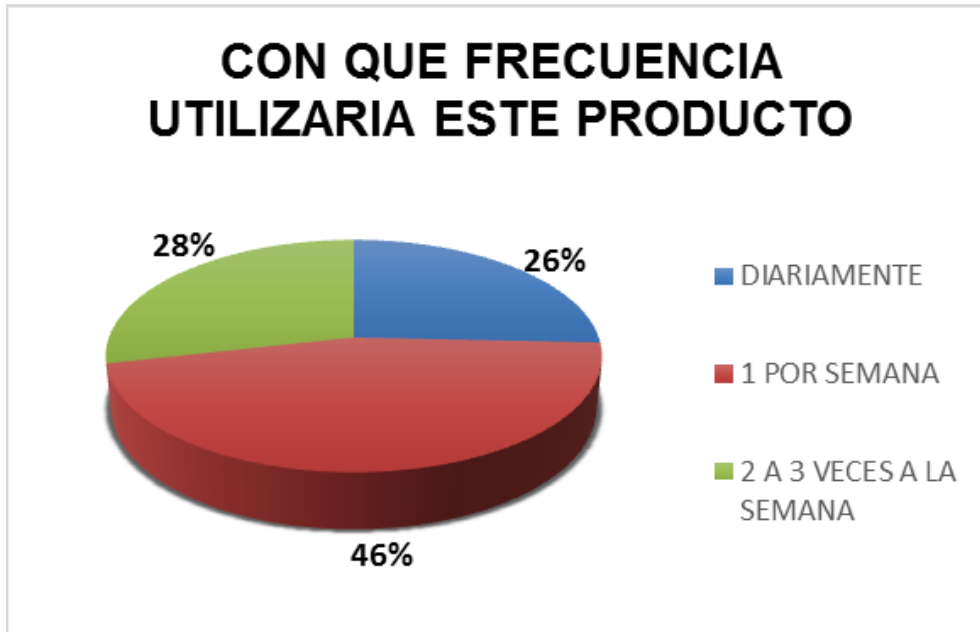
**Figura 3. Características del Análisis FODA.**

Para la investigación de mercado se aplicaron encuestas y se obtuvo la viabilidad. Los principales resultados se observan en las siguientes figuras:



**Figura 4. Personas que conocen los beneficios de consumir malanga.**





**Figura 5. Personas que consumirían la harina de malanga.**

El mercado meta y el primer punto de venta de la harina de malanga será la ciudad de José Cardel, Ver., y sus alrededores, pues en esta zona se está presentando un auge en la demanda de consumir y comprar productos saludables libres de conservadores. El mercado potencial serían los mercados internacionales como E.U.A., Canadá, China y Japón, los cuales presentan una alta demanda por productos derivados de malanga.

Se propone proteger el proceso de elaboración de la harina y extracción del almidón mediante una patente (IMPI), para diferenciarse de la competencia por el proceso, rapidez y calidad para realizar la harina de malanga. El proceso (Figuras 6 y 7), óptimo que determinamos en el tecnológico, haciendo las pruebas necesarias siguiendo la NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.



**Figura 6. Proceso de la elaboración de la harina de malanga.**

El punto de equilibrio refleja el nivel de ventas en el cual los ingresos obtenidos son iguales a los costos de producción, tanto fija como variable, es decir que la empresa no gana ni pierde. En este entendido las ventas mínimas en las cuales se debe de operar, las ventas posteriores al punto de equilibrio se considerarán utilidad. A continuación, se presenta la fórmula para la determinación del punto de equilibrio en función a la información siguiente: de manera mensual como punto de equilibrio 532.50 unidades, con un costo variable de producción de \$ 4.72, con un precio unitario de \$ 25.00, dando una utilidad de \$ 36, 675.20 (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Calculo del punto de equilibrio por mes en malanga.**

Producto		Harina de malanga		Precio Unitario		\$ 25.00
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Cantidad	Importe	
Luz	\$ 300.00	Malanga	\$ 3.00	1.50	\$ 4.50	
Gasolina	\$ 1,200.00	Caja	\$ 0.20	1.00	\$ 0.20	
Impuestos	\$ 300.00	Bolsa	\$ 0.02	1.00	\$ 0.02	
Sueldos	\$ 9,000.00	Costo variable			\$ 4.72	
Costo fijo	\$ 10,800.00					
		532.5		Unidades		
Punto equilibrio				Unidades a producir		2, 341.00
						Util.total
			58525	21849.52		3 6675.5



A continuación, se presentan los estados financieros proforma, proyectados a 5 años, espera vender 28,092 unidades en el primer año, con incrementos en ventas anuales del 10%, el precio por pieza es de \$25.00. Los VP de los costos y gastos de exportación atribuibles, según cotizaciones. Así mismo el TIR 66.38%(Tasa interna de retorno). El flujo de efectivo neto que muestra la disponibilidad de efectivo en cada año, derivado de los ingresos, cobros y erogaciones en el mismo periodo. Para la determinación del valor presente de la inversión de \$ 387, 299.20, dando como resultado un VP de la inversión inicial igual a \$ 748, 700.80 en función a los flujos netos proyectados anualmente durante 5 años. En función a la información obtenida y al análisis financiero, el periodo de recuperación de la inversión de acuerdo a las ventas proyectadas, es en el segundo año (Cuadro 8).

**Cuadro. 8. Corrida financiera de Malanga procesada como harina. (Tasa de actualización al 10%, VAN, TIR y RBC).**

Año	Ingresos	Costos	Flujo de efectivo	Tasa (1+t) <sup>-n</sup>	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
Año 0	\$ -	\$ 387,299.20	-\$ 387,299.20	1.00000	\$ -	\$ 387,299.20
Año 1	\$ 702,320.00	\$ 452,400.00	\$ 249,920.00	0.90909	\$ 638,472.73	\$ 411,272.73
Año 2	\$ 772,552.00	\$ 497,640.00	\$ 274,912.00	0.82645	\$ 638,472.73	\$ 411,272.73
Año 3	\$ 849,807.20	\$ 547,404.00	\$ 302,403.20	0.75131	\$ 638,472.73	\$ 411,272.73
Año 4	\$ 934,787.92	\$ 602,144.40	\$ 332,643.52	0.68301	\$ 638,472.73	\$ 411,272.73
Año 5	\$ 1,028,266.71	\$ 662,358.84	\$ 365,907.87	0.62092	\$ 638,472.73	\$ 411,272.73
Total	\$ 4,287,733.83	\$ 3,149,246.44	\$ 1,138,487.39		\$ 3,192,363.64	\$ 2,443,662.84
			VAN	\$ 748,700.80		
			TIR	66.38%		
			B/C	1.31		

## Conclusiones

Este proyecto se estructuró a partir de la detección de una problemática real y la búsqueda de la solución. Cumple con todo lo necesario para llevarse a cabo y satisfacer las necesidades comerciales de quienes lo realicen, y las necesidades socioeconómicas para quienes va destinado. El desarrollo de la producción de harina de malanga en Santa Rosa, municipio de



Actopan, es un caso de estudio, para promover el desarrollo económico de esta zona. Sin embargo, para el establecimiento y consolidación de la actividad se deben conjuntar otros factores como las condiciones climáticas propicias para el desarrollo del cultivo y la aceptación del producto por un mercado dinámico. Al igual que en otras partes del mundo, el éxito del cultivo ha favorecido la diversificación de las actividades económicas en comunidades rurales proporcionando una alternativa para mejorar las condiciones de vida de los productores. No obstante, aún se requieren acciones específicas que permitan elevar la competitividad mediante la transferencia de tecnología y el establecimiento de la producción de harina de malanga. Es un proyecto viable económicamente, técnicamente y en el mercado el cual ayudara al desarrollo económico de la región.

### Literatura Citada

- Dendy, D.A.V. 2001. Composite and alternative flours. Pp 456-501. *In*: Cereals and Cereal Products. Chemistry and Technology, (D. A. Dendy y B. J. Dobraszczyk eds.)
- Sonni, L. O. B. and A. A. Oyewole, A. Adebawale and K. Adebayo. 2003. Current trends in the utilization of roots and tubers for sustainable development. *Food Based Approaches for a Healthy Nutrition* 1(11): 23-28.
- Osterwalder, A. 2004. The Business Model Ontology a proposition in a design science approach. CANVAS. Tesis doctoral Universite de Lausanne. [http://www.hec.unil.ch/aosterwa/PhD/Osterwalder\\_PhD\\_BM\\_Ontology.pdf](http://www.hec.unil.ch/aosterwa/PhD/Osterwalder_PhD_BM_Ontology.pdf) [Consultado el 14 de mayo del 2020].
- NOM (Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008). 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
- COLPOS. (2020). Línea prioritaria de Investigación 10. Plan estratégico. Desarrollo rural sustentable. [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Investigacion/LPI/lpi-10/PE%20LPI%2010.pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/Investigacion/LPI/lpi-10/PE%20LPI%2010.pdf) [Consultado el 14 de mayo del 2020].
- ProInversión. 2007. Guía para el desarrollo de la micro y pequeña empresa. De dónde es, ciudad etc. <http://www.proinversion.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/> [Consultado el 14 de mayo del 2020].



Weinberger V. K. 2009. Plan de Negocios. [http://www.crecemype.pe/portal/images/stories/files/plan\\_negocios.pdf](http://www.crecemype.pe/portal/images/stories/files/plan_negocios.pdf) [Consultado el 08 de julio de 2013].

Who, J., and Consultation, F. E. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. World Health Organ Tech Rep Ser 916(i-viii):1-149.



# ANÁLISIS DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE FLORA NATIVA COMESTIBLE EN LAS MONTAÑAS, VERACRUZ, MÉXICO

Ángel Eduardo Vázquez Martín<sup>1</sup> y Noe Aguilar Rivera<sup>1\*</sup>

## Resumen

La comercialización de flora nativa comestible en mercados tradicionales mexicanos es un fenómeno sociocultural que data de siglos, fomentado por un mercado comercial poco estudiado. Este estudio propuso interpretar el perfil del comportamiento de consumo en consumidores locales de flora nativa, en la región de las Montañas en el estado de Veracruz. Los resultados, podrían permitir definir estrategias regionales para integrar el recurso alimentario local a mayor escala comercial, y diseñar acciones para la preservación de estos recursos naturales. Se diseñó un cuestionario semi estructurado, compuesto por 15 ítems y tres secciones. Se aplicó vía plataforma digital Google forms. La muestra fue de 124 personas, y el conjunto de datos fue analizado mediante estadística descriptiva. El cuestionario se dirigió a un grupo de personas que consumen este tipo de alimentos, integrado por personas de 15 a 64 años de edad. Los resultados identificarán que al menos 26 productos provenientes de la flora local, son reconocidos por los informantes. Sobresalió, el chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) y sus subproductos. Además, los datos permitieron obtener los posibles aspectos perceptivos relacionados con los alimentos que influyen en su consumo, y una clasificación entre factores intrínsecos (características físicas tangibles propias de los alimentos) y factores extrínsecos (rasgos distintivos intangibles alrededor de la flora). Los hallazgos permitieron definir el comportamiento de consumo del grupo de estudio a través de la identificación del perfil de consumidor, preferencia de compra y de los principales atributos que los participantes reconocieron dentro la diversidad de flora nativa comestible.

**Palabras clave:** factores intrínsecos, factores extrínsecos, comportamiento de consumo

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana. [naguilar@uv.mx](mailto:naguilar@uv.mx)



## Introducción

Las plantas vasculares se encuentran dentro de los elementos con mayor prevalencia y permanencia en los ecosistemas terrestres (Ren *et al.*, 2021). Se estima que, existen entre 300,000 a 500,000 especies de plantas superiores (angiospermas, briófitas, gimnospermas, helechos y licofitas) (Corlett, 2016). Esta clase de flora integra una parte esencial de la dieta de la fauna; además de que un grupo significativo de vegetales son esenciales para la supervivencia y el bienestar humano (Pimm y Joppa, 2015).

Desde tiempos prehistóricos la exploración y búsqueda de alimentos ha sido clave en la interacción entre la naturaleza y el ser humano (Ladio y Lozada, 2004; Sujarwo *et al.*, 2016; Fischer y Kowarik, 2020). Es ahí, donde el conocimiento tradicional sobre los usos de las plantas nativas ha representado una valiosa fuente de información para la obtención de alimentos (Pasta *et al.*, 2020). Son los pequeños agricultores quienes preservan y fomentan la diversidad de cultivares; tan sólo en los países en desarrollo proporcionan más del 80 % de los alimentos que se consumen en el planeta (Thomson, 2009; Dioula *et al.*, 2013). Paradójicamente es en las zonas rurales agrícolas alrededor del mundo donde se estima que viven 795 millones de personas, donde su población padece de algún grado de desnutrición e inseguridad alimentaria crónica (McGuire, 2015). Además, cabe resaltar que, la producción alimentaria de este segmento de productores agrícolas se lleva a cabo con diversas limitaciones de tipo legal, social, ambiental y económica (Jansen *et al.*, 2006). Actualmente, ante la creciente demanda de productos alimenticios, existe la necesidad de transformar el modelo agroindustrial, por lo que la búsqueda de alternativas para la producción de nuevos alimentos es prioridad para alcanzar la soberanía alimentaria (Giunta y Dávalos, 2020). Es por esta razón que las plantas comestibles, el ganado y otros organismos silvestres (utilizados como recursos bioculturales), podrían ser estudiados con el propósito de mejorar la calidad de vida de la humanidad (Argumedo *et al.*, 2020).

En el caso particular de México, desde la época precolombina los pueblos originarios han utilizado como recursos alimenticios a la flora nativa, entre ellos, diversidad de raíces, tallos, frutos, semillas, hojas y flores (Manzanero-Medina *et al.*, 2020). Además de que, se ha observado que son producidos por pequeños productores de orígenes remotos, en localidades de difícil acceso y con alta marginación (IFAD y UNEP, 2013). Este tipo de alimentos son una



importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales, formando parte de la seguridad alimentaria en amplias regiones rurales del país (Díaz-José *et al.*, 2019). Son elementos que integran parte la identidad cultural mexicana y las tradiciones gastronómicas regionales (De-Koker *et al.*, 2018). Son parte de la herencia cultural de la población rural mexicana, la cual cuenta con características propias del sistema familiar mesoamericano que ha subsistido al transcurso de las transformaciones históricas del país, en el que sistema de producción de la milpa prevalece (Michel, 2016). Mapes y Basurto, en 2016 elaboraron un inventario de plantas silvestres comestibles para México, e identificaron 244 especies de plantas pertenecientes a 121 géneros dentro de 46 familias botánicas.

En México, desde la época precolombina se comercializan, variedades de plantas xerofíticas, tomates (*Solanum lycopersicum*), chiles (*Capsicum*), frijoles (*Phaseolus vulgaris*), amaranto (*Amaranthus* sp.) y variedades de calabazas (*Cucurbita*) (Kowalewski, 2012), además de diversas plantas comestibles propias de cada ecosistema del país. Su valor como mercancía es estimado por los comerciantes conforme el uso, su valor de intercambio y su apreciación simbólica como objetos de intercambio (Cook, 2006). La comercialización de flora nativa comestible en los mercados tradicionales mexicanos es un fenómeno sociocultural, y un mercado comercial poco estudiado. Este estudio propone interpretar el perfil de comportamiento de consumo en consumidores locales de flora nativa comestible e identificar los factores que promueven la intención de consumo en las Montañas del estado de Veracruz. Dichos factores podrían estar relacionados con constructos conductuales que reflejan las intenciones de compra (Yeh *et al.*, 2021). Los resultados, podrían permitir definir estrategias regionales para integrar el recurso alimentario local a escala comercial, planteando estrategias de preservación de estos recursos naturales, para finalmente diversificar la dieta local.

## **Materiales y Métodos**

### **Lugar de estudio**

La región de las Montañas se localiza en la zona centro-sur del estado de Veracruz, México. Su extensión territorial es de 6, 350.85 km<sup>2</sup> y se encuentra integrada por 57 municipios (Figura 1).





**Figura 1. Municipios que integran la región de Las Montañas, Veracruz, México (SEFIPLAN, 2013).**

De su territorio, el 67.9% se destina a actividades agropecuarias, del cual el 56% es de uso agrícola principalmente de temporal; y el 11.9% de la superficie es de pastizal. La región genera el 23.2% del valor de la producción agrícola del estado de Veracruz. Para 2012, se sembraron 48 cultivos en más de 250 mil hectáreas, siendo los de mayor representación el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el café (*Coffea arabica*) y el maíz (*Zea mays*). En la oferta local de productos agropecuarios encontramos el frijol (*Phaseolus vulgaris*), limón (*Citrus x limon*), papa (*Solanum tuberosum*), hoja de plátano (*Musa x paradisiaca*), chayote (*Sechium edule*), hule (*Hevea brasiliensis*), entre otros (SEFIPLAN, 2013).

La población de la región en 2010 era de 1´ 401,000 personas, lo que correspondía al 52% de mujeres (728,000) y el 48% hombres (673,000) (SEFIPLAN, 2013). En 22 municipios de la región su población reside en localidades rurales (menos de 2,500 personas). Además de que cabe resaltar que el 13.5% de su población es hablante de lengua indígena. Existe una región de influencia respecto a la comercialización de alimentos, en la que se distinguen los municipios de Córdoba, Coscomatepec de Bravo y Zongolica.



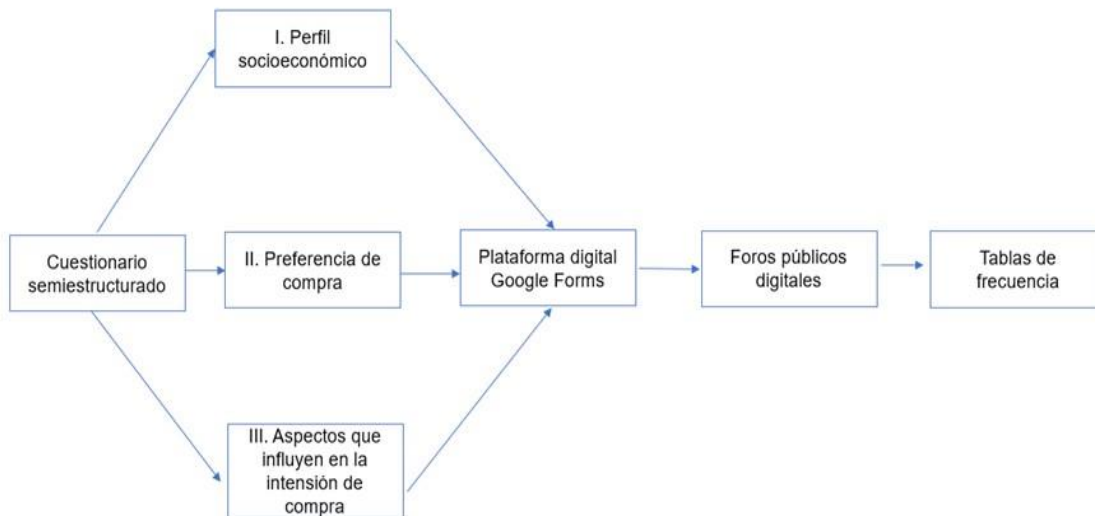
## Materiales y Métodos

Se llevó a cabo un estudio de caso socioeconómico en la región de las Montañas de Veracruz, México, para integrar un grupo de consumidores de flora local e identificar su perfil de consumo a través de la identificación de los factores que intervienen en la intención de consumo, entre noviembre de 2020 a febrero de 2021. Para ello se diseñó un cuestionario semiestructurado, integrado por 15 ítems, dividido en tres secciones. La sección del perfil socioeconómico se compone por el género del participante, edad, lugar de residencia y ocupación laboral. La sección de preferencia de compra, incluyó el reconocimiento de los productos que el entrevistado conoce, la identificación de los productos agrícolas locales de su consumo frecuente, la frecuencia de adquisición, la forma de cocción, el motivo de la frecuencia de compra, el importe económico promedio que se paga por la adquisición de estos productos, además del lugar de adquisición de esta clase de alimentos. Finalmente, la sección de factores perceptivos que influyen en la intención de compra incorpora preguntas abiertas respecto a los motivos intrínsecos (características físicas tangibles propias de los alimentos) y motivos extrínsecos (características externas intangibles alrededor de los alimentos). Además de incluir cuestionamientos respecto al posible propósito en el consumo de productos agrícolas distintos a los que ya conoce (Casas *et al.*, 2003; García *et al.*, 2006; Miklovda *et al.*, 2020). Para la codificación de las respuestas de tipo abierto, se utilizaron categorías, establecidas con base a lo mencionado por cada entrevistado.

Dicho instrumento se aplicó a través del muestreo por bola de nieve de manera no probabilística e intencional, por medio del uso de la plataforma digital Google forms (Shamsudin *et al.*, 2020; Sutharshan *et al.*, 2020) (Figura 2). Lo anterior permitió su difusión en distintos foros públicos regionales (académicos, recreacionales, de consumo alimentario local, entre los principales). Los cuales se encuentran dentro de las plataformas digitales “Facebook, Instagram y Whatsapp”. Por lo que los criterios de accesibilidad fueron establecidos por la intencionalidad a participar, el consumo afirmativo de alimentos nativos, el acceso durante los meses en los que estuvo el cuestionario se encontró disponible, además de que el lugar de residencia de los interesados correspondiera a cualquiera de los municipios de la región objeto de estudio. Por lo que se aseguró el acceso de forma abierta y voluntaria, a los posibles consumidores de flora nativa. La muestra final total obtenida fue de 209 personas, de las cuales



únicamente 124 personas cumplieron con los criterios de elegibilidad, con lo que los datos obtenidos fueron analizados por medio de estadística descriptiva por tablas de frecuencia.



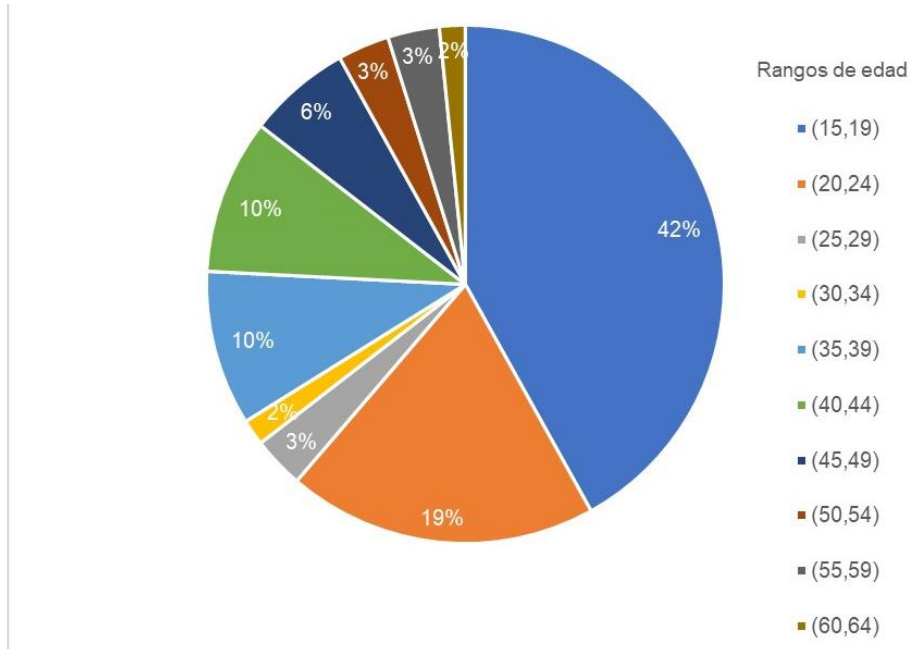
**Figura 2. Mapa conceptual de las etapas del estudio. Elaboración propia.**

## Resultados y Discusión

### Descripción del perfil del consumidor de la flora nativa comestible

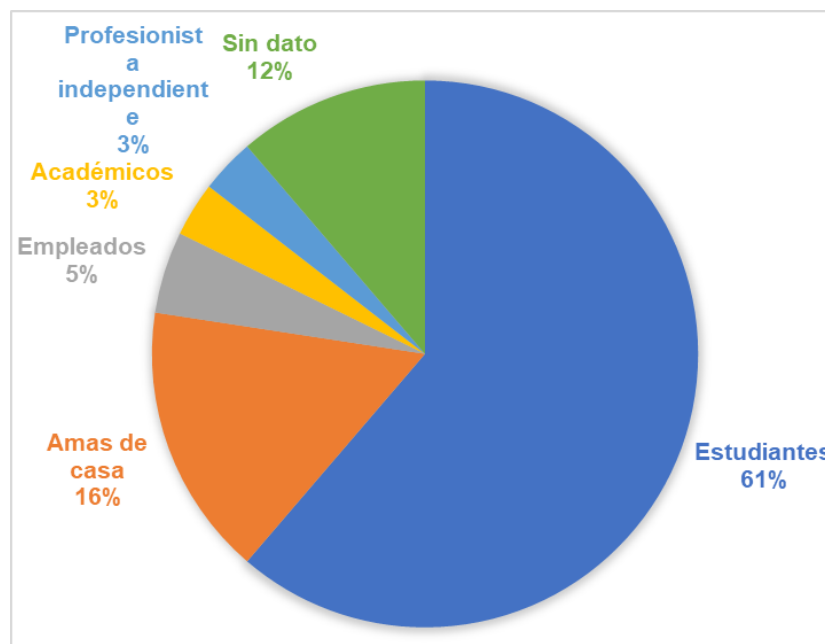
Por medio del enfoque metodológico se logró integrar el grupo de análisis compuesto por 124 personas, en el que predominó la participación de mujeres (60%). Respecto a la edad de los individuos fue de 15 a 64 años, resultando el grupo de interés con mayor frecuencia el grupo etario de 15 a 24 años (Figura 3).

Lo anterior, permite obtener un panorama general respecto a la dinámica de cómo se integran los patrones de consumo de alimentos en el grupo de estudio. Esto coincide con lo observado por Stanton quien menciona, que los consumidores de diferentes edades se preocupan por preservar los alimentos que les significan arraigo cultural (Stanton, 2019).



**Figura 3. Composición del perfil de edad del grupo de estudio. Elaboración propia.**

Los datos obtenidos indican que los principales grupos de interés respecto a la ocupación, lo conformarán los estudiantes y las amas de casa (figura 4).



**Figura 4. Descripción del perfil de ocupación de los encuestados. Elaboración propia.**



Estos resultados se encuentran relacionados al tipo de foros y el medio digital en donde se disperso el cuestionario, con lo que se pretendia obtener un significativo alcance de participación para conformar el grupo de análisis.

### Preferencia de compra de alimentos nativos

El grupo de análisis reconoce al menos 26 productos provenientes de la flora nativa comestible que son consumidos (Cuadro 1). Entre los cuales resalta el chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), el palmito / flor de izote (*Yucca guatemalensis* Baker) y la ciruela (*Spondias purpurea* L.). Los datos reflejan que el 28% de los participantes indicó reconocer al menos un alimento dentro de la flora local que consume. La regularidad de compra de este tipo de alimentos fue de un 75% de frecuencia semanal, señalando que su lugar de adquisición son los mercados tradicionales locales (65%), los tianguis (20%) el ambulante (10%) y otros medios de adquisición (5%). Para así, obtenerse el promedio del importe económico de compra en \$ 75.00 por transacción semanal.

**Cuadro 1. Enlistado de los productos locales mencionados por los entrevistados que provienen de la flora nativa comestible.**

Nombre común	Nombre científico	Número de menciones
Chayote	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	30
Palmito/flor de izote	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	27
Ciruela	<i>Spondias purpurea</i> L.	25
Zapote mamey	<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	23
Huitlacoche	<i>Ustilago maydis</i> (Persoon) Roussel	22
Epazote	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin et Clemants	20
Tlanepa/acuyo	<i>Piper auritum</i> Kunth	20
Guia de chayote	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	19
Citlale	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	19
Chayotextle	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	17
Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	16
Gasparito	<i>Erythrina americana</i> Mill.	15
Chile de cera	<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz et Pav.	15
Chilacayote	<i>Curcubita ficifolia</i> Bouché	15
Papálo	<i>Porophyllum ruderale</i> subsp. macrocephalum (DC.) R.R. Johnson	14



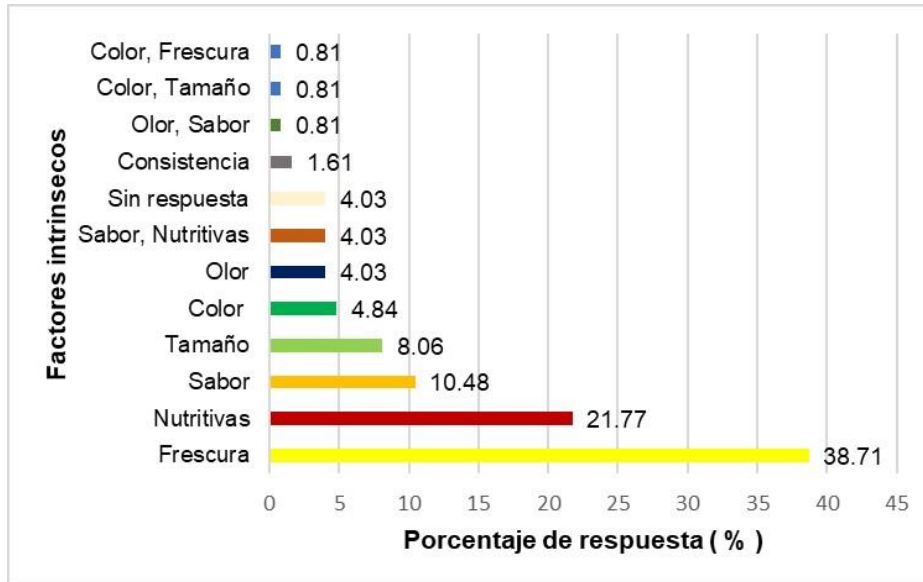
### Continúa Cuadro 1...

Nombre común	Nombre científico	Número de menciones
Pipicha	<i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	13
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	13
Zapote negro	<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	13
Tepejilote	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	9
Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	8
Tempesquistle	<i>Sideroxylon palmeri</i> (Rose) T.D. Penn	7
Chinene	<i>Persea schiedeana</i> Nees	4
Hierba mora	<i>Solanum americanum</i> Mill.	3
Chile gato/flor de gato	<i>Spathiphyllum cochlearispathum</i> (Liebm.) Engl.	1
Flor de quiate	<i>Agave angustifolia</i> Haw	1
Chile tabaquero	<i>Capsicum annum</i> L.	1

Finalmente, respecto a la forma de consumo, los participantes indicaron que los alimentos son consumidos en platillos locales o crudos. Los resultados observados relacionados con el conocimiento etnobotánico de los entrevistados, sugieren que sus preferencias en el consumo incentivan el mercado local de estos tipo de alimentos. Esto podría estar relacionado con la construcción de los sistemas socioecológicos integrados en la región de estudio (grupos semiurbanos, mestizos y étnicos) (Estrada *et al.*, 2021).

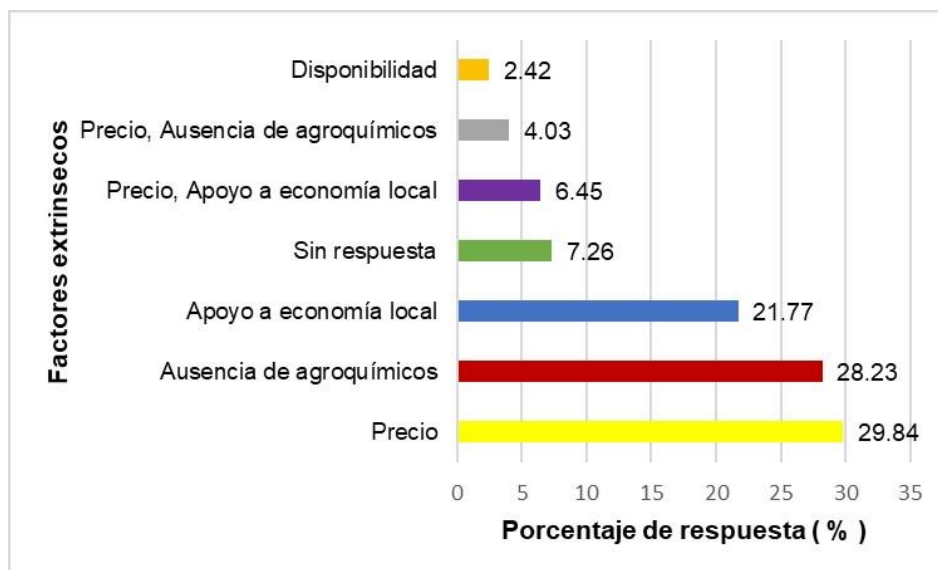
### Factores perceptivos que influyen en la intención de compra

En la tercera sección, la categorización de las respuestas a las preguntas abiertas permitió comprender los elementos que integraron los factores intrínsecos de mayor relevancia que incentivan este tipo de consumo. Resultando de mayor significancia, la frescura de los alimentos (38.71%), los aspectos nutricionales (21.77%), y los elementos relacionados con el sabor (10.48%) (Figura 5). Estudios reconocen que esta clase de alimentos, los cuáles no dependen de un cultivo formal extensivo, podrían contribuir a impulsar la mejora del contenido nutrimental de las dietas en poblaciones urbanas y rurales (Odhava *et al.*, 2007). Debido a que estos alimentos provienen de la recolección de plantas comestibles y del cultivo en huertos domésticos, existe una oportunidad de mejorar el estado nutricional de los grupos más vulnerables de la sociedad (Govender *et al.*, 2016).



**Figura 5. Factores intrínsecos (características físicas tangibles propias de los alimentos) identificadas por el estudio de caso. Elaboración propia.**

Respecto los factores extrínsecos que los participantes relacionan con la flora nativa comestible que se comercializa fueron: precio (29.84%), sin uso de agroquímicos (28.23%), apoyar a la economía local (21.77%), son las principales causas (Figura 6) que detonan su interés de compra.



**Figura 6. Factores extrínsecos. (características externas intangibles alrededor de los alimentos), identificadas por los encuestados. Elaboración propia.**



Las observaciones realizadas dentro del estudio de caso permiten comprender el fenómeno del como los factores culturales influyen en la toma de decisión para la elección de los alimentos. (Bee, 2014; Espejel *et al.*, 2014; Busch, 2016). A pesar de los procesos de aculturación alimentaria en México y en particular en la región de las Montañas; en donde es existen patrones alimentarios definidos. Esto postula la oportunidad para la promoción y desarrollo de nuevos cultivares que posiblemente beneficiaran a la población e impulsarían la reconstrucción de los nichos agroecológicos degradados por la extracción agrícola local.

## **Conclusiones**

Los hallazgos permitieron definir el comportamiento de consumo en el grupo de estudio a través de la identificación del perfil de consumidor, preferencia de compra y de los principales atributos que los participantes reconocieron dentro la diversidad de flora nativa comestible, que los participantes consumen. Además de que, estos resultados plantean la posibilidad de generar acciones dentro de la investigación para el desarrollo de iniciativas para el rescate, valoración y fortalecimiento de la cultura alimentaria en la región de las Montañas, Veracruz, México.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo con la beca 785907 lo cual permitió el desarrollo de este estudio. Así como también a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Campus Córdoba de la Universidad Veracruzana.





## Literatura Citada

- Argumedo A., Y. Song, C. K. Khoury, D. Hunter and H. Dempewolf. 2020. Support indigenous food system biocultural diversity. *The Lancet Planetary Health* 4(12):554. Doi: 10.1016/S2542-5196(20)30243-6.
- Bee, B. A. 2014. 'Si no comemos tortilla, no vivimos:' women, climate change, and food security in central Mexico. *Agriculture and Human Values* 31:607-620. Doi: 10.1007/ s10460-014-9503-9.
- Busch, L. 2016. Individual choice and social values: Choice in the agrifood sector. *Journal of Consumer Culture* 16(1):124-143. Doi: 10.1177/1469540514536193.
- Casas J., J. R. Repullo y J. Donado. 2003. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria* 31(8):527-38.
- Corlett R.T. 2016. Plant diversity in a changing world: status, trends, and conservation needs. *Plant Diversity* 38(1):10-6. Doi: 10.1016/ j.pld.2016.01.001.
- Cook, S. 2006. Commodity cultures, Mesoamerica and Mexico's changing indigenous economy. *Critique of Anthropology* 26(2):181-208. Doi: 10.1177/0308275X06064978.
- De-Koker, T., M. M. Mars, M. Torres R. and T. M. Quist, 2018. Wild greens knowledge and consumption: a qualitative exploration of human agency in the Southern Arizona food system. *Food, Culture & Society* 21(3): 331-349. Doi: 10.1080/15528014.2018.1451040.
- Díaz-Jose, J., F. Guevara-Hernández, V. Morales-Ríos and J. L. López-Ayala. 2019. Traditional knowledge of edible wild plants used by indigenous communities in Zongolica. *Ecology of Food and Nutrition* 58(5):511-526. Doi: 10.1080/ 03670244.2019.1604340.
- Dioula, B. M., H. Deret, J. Morel, E. Vachat and V. Kiaya. 2013. Enhancing the role of smallholder farmers in achieving sustainable food and nutrition security. *In: International Conference on Nutrition-better nutrition better lives, Paris. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Health Organization (WHO), Rome.* [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agn/pdf/Dioula\\_Paper\\_ICN2.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agn/pdf/Dioula_Paper_ICN2.pdf) [Consultado el 6 de noviembre de 2021].
- Espejel, J. E., M. J. Camarena, D., y A. Sandoval, S. 2014. Alimentos tradicionales en Sonora, México: Factores que influyen en su consumo. *Innovar* 24(53):127-139. Doi: 10.15446/innovar.v24n53.43920.



- Estrada-Castillón, E., J. A. Villarreal-Quintanilla, J. A. Encina-Domínguez, E. Jurado-Ybarra, L. G. Cuéllar-Rodríguez, P. Garza-Zambrano and *et al.*, 2021. Ethnobotanical biocultural diversity by rural communities in the Cuatrociénegas Valley, Coahuila, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17(1):1- 22. Doi: 10.1186/s13002-021-00445-0.
- Thomson, K. 2009. The state of food and agriculture 2008 *In: Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities* (Vol. 38). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 128 p. <http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>
- McGuire, S. 2015. The state of food insecurity in the world 2015: meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome: FAO, IFAD, and WFP, 2015. *Advances in Nutrition* 6(5): 623-624.
- Fischer, L. K., and I. Kowarik. 2020. Connecting people to biodiversity in cities of tomorrow: Is urban foraging a powerful tool?. *Ecological Indicators* 112: 106087.
- García A., F., A. Alfaro E., A. Hernández M. A., y M. Molina A. 2006. Diseño de Cuestionarios para la recogida de información: metodología y limitaciones. *Revista Clínica de Medicina de Familia* 1(5): 232-236.
- Giunta, I., and J. Dávalos. 2020. Inclusive and sustainable economic growth in the 2030 agenda: A critical analysis from the perspective of food sovereignty and the rights of nature. *Iberoamerican Journal of Development Studies* 9(1):146-176.
- Govender, L., K. Pillay, M. Siwela, A. Modi and T. Mabhaudhi. 2016. Food and nutrition insecurity in selected rural communities of Kwazulu-Natal, South Africa-linking human nutrition and agriculture. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(1): 17. [Doi: 10.3390/ijerph14010017](https://doi.org/10.3390/ijerph14010017).
- IFAD, UNEP. 2013. Smallholders, Food Security, and the Environment. International Fund for Agricultural Development and United Nations Environment Program. Rome. Url: [http://www.unep.org/pdf/SmallholderReport\\_WEB.pdf](http://www.unep.org/pdf/SmallholderReport_WEB.pdf). [Consultado el 05 de octubre de 2021].
- Jansen, H. G. P., J. Pender, A. Damon and R. Schipper. 2006. Rural Development Policies and Sustainable Land Use in the Hillside Areas of Honduras: A Quantitative Livelihoods Approach. International Food Policy Research Institute. Washington D. C. U.S.A. Vol 147. Doi: 10.2499/0896291561.
- Kowalewski, S. A. 2012. A Theory of the Ancient Mesoamerican Economy *In: Matejowsky, T. and Wood, D.C. (Ed.) Political Economy, Neoliberalism, and the Prehistoric Economies of Latin America (Research in Economic Anthropology* Vol. 32:187-224. Doi: 10.1108/S0190-1281(2012)0000032012.



- Ladio, A. H., and Lozada, M. 2004. Patterns of use and knowledge of wild edible plants in distinct ecological environments: A case study of a mapuche community from northwestern patagonia. *Biodiversity and Conservation* 13(6):1153-1173. doi: 10.1023/B:BIOC.0000018150.79156.50.
- Manzanero-Medina, G. I., M. A. Vásquez-Dávila, H. Lustre-Sánchez and A. Pérez-Herrera. 2020. Ethnobotany of food plants (quelites) sold in two traditional markets of Oaxaca, Mexico. *South African Journal of Botany* 130(1): 215-223. Doi: 10.1016/j.sajb.2020.01.002.
- Mapes, C. and F. Basurto. 2016. Biodiversity and edible plants of Mexico. In: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (Eds.), *Ethnobotany of Mexico*. Springer, New York, pp. 83-121. Doi: 10.1007/978-1-4614-6669-7\_5.
- Michel, A. 2016. Familles en Archipel: Migrations dans les sociétés rurales mexicaines au XXesiècle. *Annales De Demographie Historique*, 132(2): 223-246. Doi:10.3917/adh.132.0223.
- Miklovda, V. P., M. I. Pitiulych, V. V. Hoblyk, M. M. Pityulych and N. I. Keretsman. 2020. Socio-economic transformations of small rural settlements of Zakarpattia Amidst Decentralisation. *International Journal of Criminology and Sociology* 9:3089-3094. Doi: 10.6000/1929-4409.2020.09.375.
- Odhava, B., S. Beekrumb, U. Akulaa and H. Baijnathc. 2007. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in Kwazulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis* 20(5): 430-435. Doi: 10.1016/j.jfca.2006.04.015.
- Pasta, S., A. La Rosa, G. Garfi, C. Marcenò, A. S. Gristina, F. Carimi, and R. Guarino. 2020. An updated checklist of the Sicilian native edible plants: Preserving the traditional ecological knowledge of century-old agro-pastoral landscapes. *Frontiers in Plant Science* 11:388. Doi: 10.3389/fpls.2020.00388.
- Pimm S. L., and L. N. Joppa. 2015. How many plant species are there, where are they, and at what 145 rate are they going extinct? *Ann. Missouri Bot. Gard* 100 (3):170-176. Doi: 10.3417/2012018.
- Ren H., F. Wang, W. Ye, Q. Zhang, T. Han, Y. Huang and *et al.*, 2021. Bryophyte diversity is related to vascular plant diversity and microhabitat under disturbance in karst caves. *Ecological Indicators* 120:106947. Doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106947.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación). 2013. Programa región de las Montañas (2013-2016). Programas regionales veracruzanos. Gobierno del estado de Veracruz. Xalapa, México. Url:<http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2014/04/tf07-pr-montana.pdf>.



- Shamsudin, M.F., H. A. Azuwan, S. Nayan, S. A. Esa and B. Kadir. 2020. Evaluating factors that lead to customer satisfaction in e-wallet services. *Journal of Critical Reviews* 7(19):649-659. Doi: 10.31838/jcr.07.19.79.
- Sujarwo W., I. B. K. Arinasa, G. Caneva and P. M. Guarrera. 2016. Traditional knowledge of wild and semi-wild edible plants used in Bali (Indonesia) to maintain biological and cultural diversity. *Plant Biosystems* 150(5):971-976. Doi: [10.1080/11263504.2014.994577](https://doi.org/10.1080/11263504.2014.994577).
- Sutharshan G.S., D. R. Gayatri and G. Lakshmanan. 2020. Knowledge and awareness of the general public about impact of COVID-19 on the global economy-a survey. *International Journal of Pharmaceutical Research* 12:965-974. Doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.111.
- Stanton, J. V. 2019. Changing consumer preferences in emerging markets: food market challenges in Central Mexico. *Journal of Food Products Marketing* 24(4):378-403. Doi: 10.1080/10454446.2019.1566807.
- Yeh, C., M. Hartmann, M. Gorton, B. Tocco, V. Amilien and K. K. Steinnes. 2021. Looking behind the choice of organic: A cross-country analysis applying integrated choice and latent variable models. *Appetite* 167:1-13. Doi: 10.1016/j.appet.2021.105591.



# MERCADOS AGROALIMENTARIOS SOLIDARIOS PARA UNA SOBERANÍA ALIMENTARIA LOCAL

*José Fernando de la cruz García<sup>1</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 y sus aportes para la construcción de la seguridad alimentaria local. Se realizó investigación empírica en un mercado agroalimentario solidario de campesinos en Coscomatepec, Ver., haciendo uso de herramientas cualitativas como el método Delphi y la observación participante, y se analizó la información a través de la metodología de las redes sociales. Los principales resultados obtenidos fueron, las características generales del funcionamiento y cómo se desarrolla, los actores participantes, 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 este proceso de comercialización. Se llega a la conclusión del importante papel social, económico y cultural que juegan este tipo de mercados, que son una oportunidad de reconfiguración del mercado a través de las prácticas solidarias, justas y equitativas, sus aportes para la construcción de la seguridad y la soberanía alimentaria, se visibiliza su potencial como una estrategia integradora y que logra construir relaciones sociales, cabe mencionar que estas relaciones son cambiantes en el espacio y tiempo. Con el trueque se reconstruye la soberanía alimentaria, en el entendido que el enfoque de la soberanía alimentaria tiene un carácter autogestivo y político y al ser autogestivo es necesario que exista una convicción de los actores rurales para su desarrollo, a través de diversas estrategias agroalimentarias

**Palabras clave:** Campesinos, exclusión, género, intercambio, seguridad alimentaria

---

<sup>1</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 es una actividad cultural, para otros está ligada a la pobreza o es desapercibido, aunque en su momento fue una práctica comercial que movió mercancías durante la época prehispánicas. Hoy es poco practicada por la sociedad, los mercados que se rigen bajo la actividad del trueque son pocos en el país, no se conoce una cantidad exacta, y poco se conoce como se realiza esta actividad, en que consiste, y como se asigna valor a los productos sin usar dinero.

La investigación se basa en un estudio del trueque campesino, como una forma de intercambio social solidario, que contribuye a la obtención de alimentos locales, saludables y con una importancia cultural, sin afectar económicamente a las familias. Esta actividad puede contribuir a un comercio justo, valorando los productos campesinos. Desde esta perspectiva 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. El trueque se caracteriza por ser una red integrada en su mayoría por familias campesinas que lo han determinado 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.

La zona de estudio se ubica en el centro del Estado de Veracruz, en la zona montañosa con arraigos cultural prehispánico, un territorio biodiverso y biocultural, que abarca diferentes municipios, incluyendo Coscomatepec, Ixhuatán del Café, Tomatlán, Huatusco, Chocamán, Calcahualco, Alpatlahuac, entre otros.

## **Materiales y Métodos**

La región de estudio se localiza en la zona centro del Estado de Veracruz, en la región montañosa de la Sierra Madre Oriental. El espacio físico del trueque es el municipio de Coscomatepec y un componente de comunidades de diferentes municipios (Ixhuatlán del café, Huatusco, Córdoba, Chocamán, Tomatlán, Calcahualco y Alpatlahuac).



## **Herramientas de investigación**

La investigación hace uso de métodos empíricos para la recopilación de información y datos, pero también se adaptaron las metodologías. Bola de nieve, es un método para establecer relaciones de confianza, cuando el tamaño de la muestra es restringido, debido a que lo que se busca es obtener información confiable. Se decidió dejar de buscar informantes cuando la información empezó a repetirse y no se encontró información nueva. Entonces se combinó con otro tipo de muestreo, el muestreo por cuota, este “implica separar del resto de informantes, esto permite hacer selecciones de tipo secundaria o terciaria. Permite hacer comparaciones entre grupos (Blanco & 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 lo define como personas capaces de proporcionar valoraciones fiables sobre un problema en cuestión, y al mismo tiempo, hacen recomendaciones (Barroso y Cabero, 2013). Se hizo uso de observación participante, la información se recogía en una libreta de campo que fue de suma importancia para complementar la información de las entrevistas.

Se aplicaron entrevistas abiertas, que constituyen una guía para entrevistar; fueron dirigidas a dos tipos de personas, a los que participaban en el trueque y a los que no, con la finalidad de analizar dos percepciones distintas sobre el trueque.

## **Análisis de información**

Los datos se analizaron en 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 visible, en este caso en 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 Calcahualco, 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 se realiza en éste lugar, y es una actividad cultural que se lleva a cabo entre vecinos y familias de las mismas comunidades, mediante visitas, como forma de establecer y reforzar sus relaciones de confianza y solidaridad, donde el valor económico de las cosas queda de lado.

Los lunes, la calle Miguel Domínguez de Coscomatepec, se destina para el intercambio, las personas no pagan cuota municipal, sin embargo, algunos deciden instalarse en otras calles, aunque implique pagar el derecho de piso. Inicialmente ocupaban un espacio en la parte central, frente a la iglesia, pero con el transcurso del 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. 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.



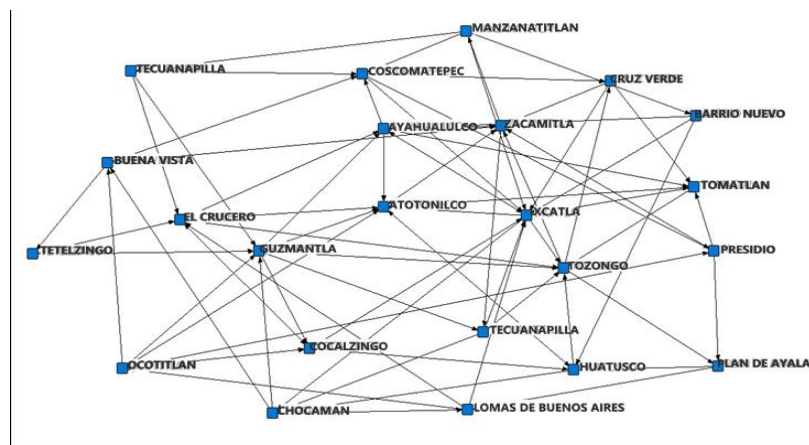


Se calcula que el número de personas que participan en el trueque oscila de 100 a 130 personas. El vestido usado por las mujeres se caracteriza por portar un delantal, a veces un rebozo, llevan falda o vestido largo, aunque también existen mujeres que llevan pantalones, pero estas son las más jóvenes. El hombre se caracteriza por el uso de sombrero, gorra, un pantalón de mezclilla o tela, camisa cuadrada o playera, algunos traen camionetas, en las que ponen animales a la venta, mientras que las mujeres intercambian. Ellos son los encargados de vender los animales y en algunos casos pueden llegar a intercambiarlos. Algunas personas vienen en transporte público o en grupo con los que traen vehículos.

El trueque se realiza prácticamente todo el día, desde las siete de la mañana, hasta las cuatro de la tarde. Existe mayor afluencia de personas de las ocho a las doce del día.

### Estructura de la red

Las personas provienen de distintas comunidades campesinas que pertenecen a los municipios ya mencionados. Es evidente que hay personas que generan mayores relaciones que otras, existen comunidades que tienen mayor relación con otras, esto se obtuvo en base a preguntas como: si sabía de donde provenían los alimentos que intercambiaba, y con quien hacía más intercambios, entre otras preguntas, esto hizo posible la construcción de una red entre comunidades y observar las relaciones que se dan. En la Figura 1, se presenta un grafo que muestra la construcción de la matriz de relaciones establecidas entre los actores de diferentes comunidades; en esta se analizan las interacciones de los campesinos y de donde provienen los alimentos.

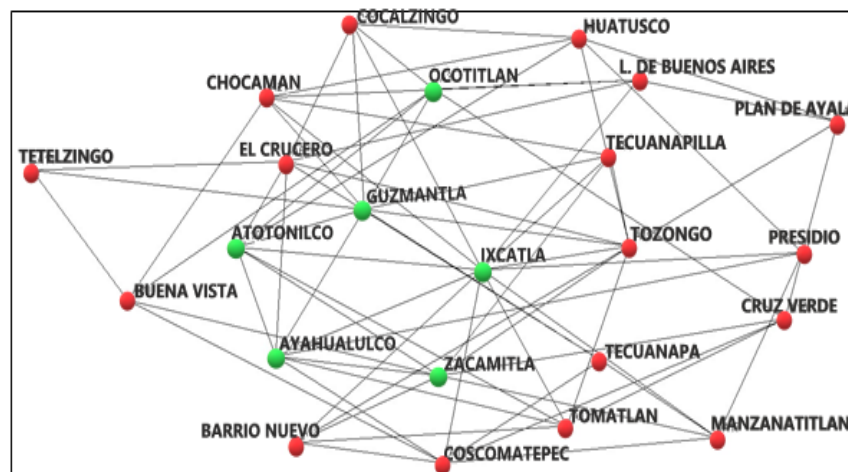


**Figura 1. Red de las diferentes relaciones entre comunidades campesinas que realizan el Trueque.**



Mostró las comunidades que participan en el trueque, el alcance y el impacto que tiene, y son 22 comunidades campesinas, de diferentes municipios.

La Figura 2, muestra un análisis básico de redes que arroja el nombre de las comunidades de donde proviene algunos participantes en el trueque. Son aquellas que tienden a tener un mayor número de conexiones con las demás comunidades, estas comunidades claves son Ixcatla, Guzmantla, Ayahualulco, Zacamitla y Atotonilco, y tienen un papel importante pues destaca por su nivel de participación, y tienen mayor relación con las demás, a lo que se puede inferir que son las que provén mayor cantidad de alimento.



**Figura 2. Comunidades clave dentro de la red del trueque campesino.**

### **¿Cómo se crean las relaciones del intercambio?**

Una de las características sustanciales que sucede en este espacio es el dinamismo de las relaciones, pues se rompen y se crean en todo momento, y algunas se conservan a través de los años. Para realizar el intercambio, las personas móviles, caminan entre los puestos con sus botes, se acercan a los puestos de las personas fijas, o bien las fijas las llamen cuando pasan cerca, para esto utilizan un lenguaje simple, con frases como: ¿cambia?, ¿que cambia?, ¿cambio maíz?, ¿Qué trae?, ¿no cambia naranja?. Estas y otras frases se hacen sonar entre las calles, si el producto de intercambio es de interés, se empieza la parte de la negociación, de cuanta cantidad de producto, por otro producto, cabe destacar que durante este proceso el dinero se encuentra excluido, pero no en su totalidad, ya que algunas personas que no



participan en el trueque llegan a comprar estos alimentos, también las medidas comunes tienen una participación menor. Para determinar las cantidades de intercambio, se manejan medidas locales no convencionales, como montones, medidas (vaso de yogurt), cuartillas, litros y puños. 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 nos lleva a 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 (Torres *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, productos buenos y buen sabor; los intercambios son justos para ellos, se busca el bienestar común y equidad, donde todos se sientan satisfechos. El Cuadro 1 presenta algunas equivalencias presentes en el trueque, donde se observa las cantidades de alimentos cambiados por otros, en la temporada de noviembre a enero.

**Cuadro.1. Relación de posibles cambios entre alimentos.**

Producto 1	Cambiar 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 + 2 kg de frijol
1 kg de maíz	=	3 kg de chayote
1 calabaza	=	2 kg de chayote + 1 royo 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 jazz	=	1 rollo de yerba mora + 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 +1 rollo de cilantro



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 muy utilizados en sucesos culturales, como en el altar de muertos, en platillos regionales, o fiestas patronales.

### **Productos intercambiados y el papel de la canasta básica**

En este espacio físico, se pueden intercambiar diferentes productos alimentarios, cosméticos, de ornato etc., pero se dará prioridad a los agroalimentarios. Se intercambian productos que las personas han considerado de primera necesidad, basados en su dieta, pues están presentes toda la semana en su mesa, o por lo menos una vez se consumen.

De acuerdo con el Cuadro 2, en promedio se intercambian 70 productos comestibles, pero existen temporadas en los que llegan a incluirse otros alimentos pocos comunes.

**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	Gasparcito	Hierva mora
Perón	Maracuyá	Tortillas	Perejil
Café	Macadamia	Chirimoya	Hojas de maíz
Chilacayote	Cebollas	Chinene	Hojas de papata
Hierva mora	Cebollín	Tepejilote	Orégano
Mango	Ciruela	Laurel	Zarzamora
Guayaba	Quelites	Tlanepa	Manzanilla
Caña de azúcar	Nanche	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	Flor de izote	Mango	Flor de tepejilote

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, en el caso de la carne de cerdo no es común su intercambio, mientras que la carne de pollo y el huevo, no tienen una presencia tan marcada debido a que la mayoría de las familias tienen aves en su traspatio.

En el Cuadro anterior se observó la diversidad de productos del trueque, pero aparte de la diversidad alimentaria cultural, se hace un análisis de la cantidad de alimentos presentes en el trueque que comprenden la canasta básica. Con esto se visualiza el grado empoderamiento adquisitivo de la población, al tener más posibilidades de adquirir la canasta básica, sin mediar dinero, y solo con excedentes de producción. Sin embargo, en el Cuadro 3, se enlistan 17 productos de la canasta básica, que no se comercializan totalmente en el trueque, ya sea por cuestiones externas a ellos, pero que los consideran necesarios, como el arroz, la leche, el piloncillo, la carne de cerdo o res. Y en otros casos, el consumo de éstos 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 2. Productos de la canasta básica que no se incluyen en el trueque.**

Productos	
Crema fresca	Sandía
Leche pasteurizada	Espinaca
Leche en polvo	Carne de cerdo
Arroz	Carne de res
Pan dulce	Jamón
Pastas y sopas	Chorizo
Azucar o piloncillo	Pescado
Margarina	Chocolate de mesa
Salchichas	

Fuente: Elaboración propia. Datos del servicio de información agroalimentaria y pesquera.

#### **Beneficios económicos**

Con el intercambio de alimentos, existen muchos beneficios y no interviene el valor económico. De acuerdo con lo obtenido una familia se puede ahorrar de \$ 500.00 a \$ 900.00 por semana, dependiendo el tamaño de la familia si es de tres o diez integrantes, y de la época, ya que unos alimentos suelen incrementar o bajar su precio.



Los campesinos expresan que el ir al trueque no solo les ahorra dinero en el gasto de los alimentos que se consumen semanalmente, también los productos que se intercambian son para el funcionamiento de la unidad productiva familiar, con esto se refieren a que algunos alimentos no son para consumo humano, si no para los animales, por ejemplo, el maíz podrido para alimentar a las aves de traspatio o a los cerdos.

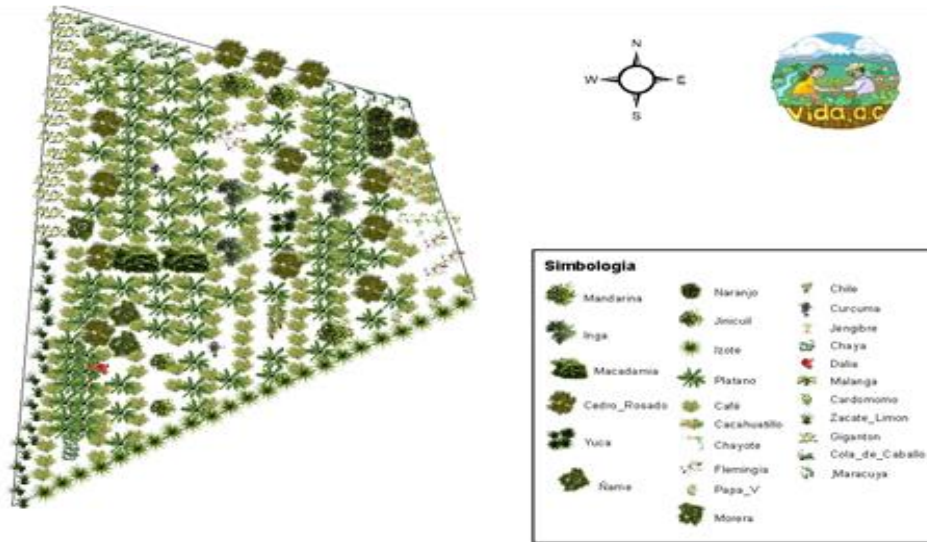
### **El origen de los alimentos y su forma de producción**

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 de cultivos. Dentro de la zona de las comunidades de estudio existen varias organizaciones campesinas, se destaca la participación de la organización Vida A.C., es importante analizar la importancia del papel de la organización, ya que genera una mayor condición de bienestar entre los pobladores. Los campesinos que participan en el trueque, han diversificado sus cafetales y desarrollado un sistema de cafetal bajo sombra. Los sistemas agroforestales como el café de sombra desempeñan la función de reducción de riesgos; estos sistemas imitan la estructura del bosque natural que predomina en la región.

Los productores incorporados a la organización Vida A.C., diversifican sus cafetales con plantas y productos cultural y nutricionalmente aptos para su alimentación; además, su comercialización los ayuda a mejorar sus condiciones de vida y que les sirve como un *commodity* ante los bajos precios del café o la baja producción. Vida A.C. desarrolla un proyecto de cafetal comestible, para hacer más eficiente el uso de la tierra, mediante una correcta distribución espacial de los cultivos, la propuesta incluye diversidad de árboles frutales que proporcionen sombra y plantas fijadoras de nitrógeno como la Inga y la cúrcuma.

En la Figura 4 se observa la composición de un cafetal comestible. Este diseño es una propuesta para fomentar la seguridad alimentaria entre los campesinos, pero también impulsa la soberanía alimentaria, ya que éste diseño está basado en los cultivos que componen la dieta local y culturalmente aceptada por los campesinos.

Los alimentos orgánicos en México, son un poco inaccesibles, por su costo y por qué no se encuentran en todos los mercados, muchas veces los mismos productores, no los consumen para poder venderlos. La organización y la concientización ha sido un elemento clave; ya que la certificación orgánica de productores de café organizados dentro de VIDA A.C. les permite comercializar y consumir alimentos orgánicos.



**Figura 4. Módulo de cafetal comestible en la localidad de Piedra Parada, Cosautlan, Ver. Fuente: VIDA A.C.**

Los alimentos deben ser sanos y producidos ecológicamente, algunos productores de las comunidades cafetaleras cuentan con una certificación orgánica por parcela. Esto se compara con los que no participan en el trueque que tienden a diversificar menos con plantas comestibles y más árboles de sombra que aportan beneficios nutricionales a su cafetal, presentan una mayor vulnerabilidad ante los precios bajos del café, además de que tienden a laborar fuera de la comunidad en otras actividades económicas para obtener ingresos y asegurar su sobrevivencia. A esto se le agrega que su alimentación se encuentra menos diversificada.

### **Composición familiar y pluriactividad**

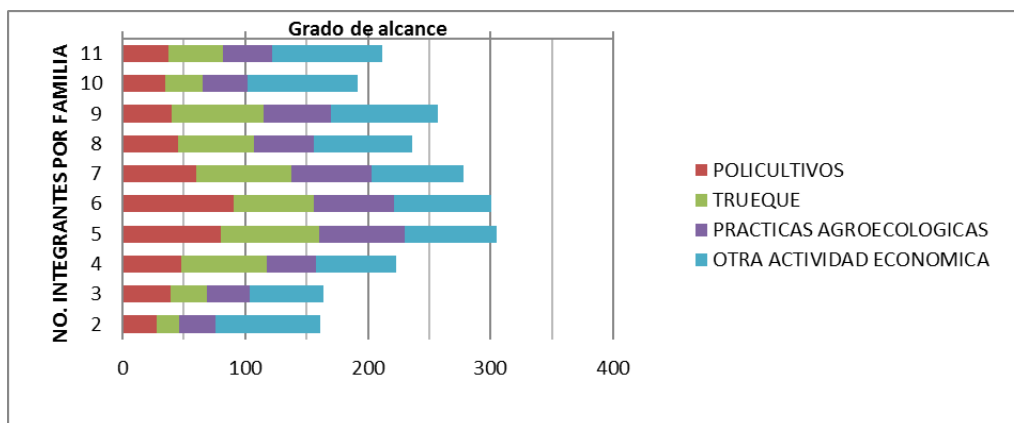
Con los datos recabados en campo se realizó un análisis de las familias campesinas de las comunidades clave, esto con la finalidad de comprender el nivel de trabajo, su capacidad para producir y sus limitantes. Ya que no todas las familias pueden ir al trueque, diversificar sus cultivos y realizar prácticas agroecológicas, debido al esfuerzo y tiempo que demandan.

Al analizar la gráfica se puede ver diferentes estratos familiares, diferenciados por el número de miembros. Cada uno de ellos se evaluó su capacidad y limitaciones para desarrollar múltiples actividades que los puedan llevar a una mejoría en su alimentación. Las unidades familiares campesinas, pueden verse afectadas por varios factores que determinan el nivel del trabajo: la estructura interna familiar, la satisfacción de las necesidades de consumo familiar y



las condiciones de producción que determinan la productividad de la fuerza de trabajo (Chayanov, 1974).

Para obtener estos datos, se trabajó con diferentes familias, y se obtuvo un porcentaje de esfuerzo y tiempo dedicado a cada actividad, y el porqué de la selección de actividades. Posteriormente se agruparon y se calculó el promedio para facilitar el análisis. La Figura 5 muestra que las familias integradas con 5 a 7 miembros, cuentan con más fuerza de trabajo y desarrollan más actividades, participan en el trueque y diversifican cultivos. Sin embargo, el tamaño del grupo familiar no determina la diversificación de actividades, pues intervienen otras condiciones de producción, como la cantidad de tierra disponible. Chayanov (1974), menciona que si la tierra es poca respecto al tamaño de familia, se reduce considerablemente la actividad agrícola, y la mano de obra familiar incursiona temporalmente en otras actividades no agrícolas, y claramente se puede observar que el segmento de otra actividad económica se ve incrementada en relación a los demás.



**Figura 1. Estructuras familiares y nivel de trabajo.**

Cabe agregar que aspectos de salud de los integrantes de la familia y la edad (discapacidad física, bebés o personas de la tercera edad), limitan 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. Las mujeres participan en 88% de los casos estudiados en el intercambio de frutas, verduras, animales de especies menores como gallinas, guajolotes, patos y conejos.





Mientras, la participación de los hombres se centra en la venta de ganado (cerdos, borregos, chivos y caballos). Esto coincide con (Chiappe, 2005) quien señaló el papel de las mujeres en la alimentación familiar, la definición de la dieta y los huertos para proveer la cocina.

Así también las familias campesinas que no realizan trueque, lo discriminan, expresan que les genera pena y vergüenza, y la relacionan con la pobreza, aquel que realiza el trueque es porque no tiene que comer y es para personas pobres. La condición de patriarcado condiciona ciertas formas de pensar, pues cuando el hombre no deja salir a las mujeres a realizar trueque, es porque les preocupa que piensen no son buenos proveedores del hogar. Por último, señalan que el trueque no es negocio pues no hay una circulación de dinero.

## **Conclusiones**

Los mercados agroalimentarios de intercambio solidario son espacios construidos a través de relaciones de solidaridad, reciprocidad y confianza, construidas por diversos actores sociales, donde se concentran alimentos producidos localmente y contribuyen a la construcción de la seguridad alimentaria. Son una forma de comercialización directa entre productor y consumidor, de una gran variedad de alimentos frescos, locales, de importancia cultural y agroecológicos. Los alimentos comercializados provienen de la agricultura familiar y de sistemas agroforestales, por lo que promueven e impulsan estos sistemas como alternativa para comercializar sus productos. Contribuyen a que el campesino se apropie de su paisaje culinario y agroalimentario, y favorece su economía. Es necesario remarcar que construir esta práctica de intercambio, no es sencilla, las dimensiones y el arraigo cultural, serán un factor importante, la concepción del intercambio y sus alcances en cuanto al beneficio que aporta, ayudarán a mejorar la visualización de este dentro de la sociedad. La construcción de estos mercados mantiene una dieta, basada en los alimentos que culturalmente un grupo considera adecuados, producido por sus ancestros.



## 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. y A. B. S. Castro. 2007. *El muestreo en la investigación cualitativa*. *Nure investigación* 4(27):1-4.
- Chayanov, A. V. 1974. *La organización de la unidad económica campesina*. Fondo de Cultura Económica, México 346 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. Montevideo, Uruguay 34 p.
- 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* 7:21-29. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/1569/1/analisis\\_redes\\_sociales.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/1569/1/analisis_redes_sociales.pdf)
- 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.
- Torres M. E., L. Valenzuela F. y C. Barra. 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.



## ESTRATEGIAS DE VIDA DE LOS PRODUCTORES DE CAFÉ

*Iván Jair González Valencia<sup>1\*</sup>, Gregorio Briones Ruiz<sup>1</sup>, Alma Berenice Morales Guzmán<sup>1</sup> y Julio Díaz José<sup>1</sup>*

---

### Resumen

La cafecultura se considera una actividad estratégica que impulsa cadenas productivas, genera divisas, empleos y servicios ambientales; de esta actividad depende el modo de vida de miles de pequeños productores. En México la producción se concentra en regiones con altos índices de pobreza, las cuales han enfrentado desde hace años la caída de los precios debido a la apertura de mercados, cambios en las políticas agrícolas, exceso de oferta, cambios en los gustos del consumidor. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión de literatura relacionada con las estrategias que adoptan los productores de café para enfrentar esta problemática. Para ello se consultaron 35 distintas fuentes de información a través de búsquedas en bases de datos referenciales y de acceso libre. Los resultados indican que los cafecultores utilizan dos estrategias para enfrentar esta situación, por un lado, la diversificación de las actividades productivas que complementan sus ingresos, y por otro, la especialización y certificación de su producto para acceder a nuevos mercados, resulta complejo considerar una estrategia como la mejor alternativa para el desarrollo social del productor, estas dependen de los capitales presentes en la unidad de producción. Se concluye que si bien, en algunos casos la especialización genera mayores recursos económicos, la pluriactividad representa una forma de vivir para enfrentar choques tanto económicos como ambientales.

**Palabras clave:** Cafecultura, capitales, diversificación, especialización

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana. Camino Antiguo Peñuela-Amatlán km. 1. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. CP. 94950. \*Autor para correspondencia: ivangonval11@gmail.com



## Introducción

La cafecultura es una de las actividades agrícolas más importantes del mundo, por su evidente valor económico y cultural, por los servicios ambientales como captura de agua, carbono, conservación del suelo, y protección de grupos biológicos (Anta, 2006). Sin embargo, las crisis que ha enfrentado desde los noventa, a causa de los cambios estructurales ocurridos en la oferta global. No sólo ha debilitado el papel económico y social de este sector, sino que también, ha contribuido a acentuar la difícil situación que atraviesan las economías de las regiones productoras de café. Lo anterior Impacta en empleo y los ingresos de un amplio número de familias, en alta proporción indígenas, situadas en los estratos de menores ingresos (Ortega y Ramírez, 2012). Actualmente, el café es una de las principales commodities en el mundo, con plantaciones que cubren aproximadamente 10,6 millones de hectáreas (Castro *et al.*, 2012).

La cafecultura ha permitido a los productores desarrollar estrategias de sobrevivencia y reproducción social y cultural, entradas externas de bajo costo, valor agregado mediante el desarrollo de procedimientos agroalimentarios a pequeña escala, establecimiento de redes de comercialización alternativas, ingresos no agropecuarios y migración (Alvarado *et al.*, 2006). Los retos que enfrenta el sector son complejos, por la necesidad de asumir nuevas formas de producción, modelos de negocios, relaciones comerciales, tecnologías de comunicación y políticas de libre comercio. A pesar de los problemas económicos y ambientales que enfrenta la producción, se cree que existen oportunidades para el desarrollo de competitividad basada en la innovación, redes de valor y organización; no obstante, estos procesos son complejos y algunas veces pasan desapercibidos por los actores encargados de impulsar el sector, entre los que existe un debate sobre cómo lograr desarrollar las pequeñas fincas y el papel que pueden desempeñar. El objetivo de este trabajo es caracterizar las diferentes estrategias de desarrollo impulsadas desde la pequeña cafecultura.

### **Pequeños productores de café: Temas y debates**

En la literatura autores (Katlyn *et al.*, 2013 y Bacon *et al.*, 2014), afirman que, el 85% de los caficultores son pequeña propiedad y en su mayoría indígenas, caracterizados por poseer áreas mínimas de producción, como se evidencia en América Latina, países como Nicaragua donde el promedio de la unidad de producción es de 3.5 ha, los cuales producen el 85% de la



cosecha de café (Donovan y Poole, 2014). En Costa Rica las áreas mínimas son 0.17 ha y máximo 4.9 ha (Castro *et al.*, 2012). Mientras que en Perú, los pequeños caficultores poseen de 5 a 6 ha (Ruben y Fort, 2012). En África, en países como Rwanda, el tamaño promedio es de 0.76 ha y en monte Kilimanjaro, Tanzania, es de 0.6 ha, pero la mitad de los agricultores tienen menos de 0.4 ha, considerados huertos caseros (Soini, 2005). La agricultura familiar se caracteriza por no emplear personas y apoyarse de la fuerza de la familia, considerada por algunos como un problema y para otros es un sector clave ya que son sostenibles en el largo plazo y pueden ayudar a mitigar el hambre (FAO-BID, 2007). Al reevaluar el papel y el potencial de desarrollo de pequeñas explotaciones, surgen dos conjuntos de consideraciones. Uno se preocupa por la eficiencia y especialización ¿Mantener una finca intensificada y especializada confiere ventajas? Una segunda pregunta es ¿Cuán eficaz puede ser el desarrollo de fincas diversificadas en la reducción de la pobreza?

### **Intensificación y especialización**

Para la FAO (2007), es el aumento de la producción agrícola por unidad de insumo (mano de obra, tierra, tiempo, fertilizantes, efectivo), en el cultivo del café la intensificación productiva es un tanto limitada, ya que, una de las bases del manejo agronómico campesino está basado en el manejo de complejos agroecosistemas (Noriega *et al.*, 2014); sin embargo, un ambiente con acceso a mercados, políticas públicas dirigidas a eficientizar la producción, carreteras, información, organización, acceso a crédito y nivel educativo del jefe de familia, facilita la intensificación y especialización (FAO, 2007). La intensificación, pudiera verse traslapada por la especialización, sin embargo, esta última surge de un alto inconformismo de los consumidores en Estados Unidos de América (Ponte, 2002). Y la necesidad de generar valor agregado para aumentar los ingresos en las cooperativas, el café de especialidad se ha vuelto una oportunidad, generando un comercio interno e internacional más justo, creando economías de escala, promoviendo la inclusión, desarrollo social, y generando valor agregado dentro de la cadena productiva (Giovannucci *et al.*, 2007).

Si bien las demandas en el consumo de café en el mercado más grande del mundo, estaban cambiando por café de especialidad, el desarrollo de este tipo de producción en México, no fue tan importante, hasta la crisis de 1989, cuando se buscó diferenciar el producto, para captar mejores precios (Moreno, 2014). Esta situación se fecundo principalmente en el sur de México (Regiones de Oaxaca y Chiapas), las cuales cuentan con condiciones adecuadas de suelo y



clima, aunado a esto los productores contaban con ventajas competitivas como la cercanía, relaciones bilaterales de comercio, es así que durante el periodo de 1995 al 2005, se presentó una transición de la producción artesanal a una certificada por Fair Trade y Café Orgánico, lo cual influyó en la forma de trabajo, ya que, aunado a la mano de obra familiar, se expandió la contratación de fuerza de trabajo externo para expandir sus cosechas y alcanzar un cambio en la productividad, promocionado también por la inversión tecnológica de las cooperativas (Bradford *et al.*, 2011). Aunque es notorio el aumento de los ingresos de aquellos pequeños productores cafeteros que optan por las certificaciones, el ingreso a este mercado es a través de cooperativas, las cuales cobran por su intermediación con las exportadoras, que a su vez cobran por su intermediación con los compradores (tostadoras), reduciendo las bonificaciones que se obtienen por las certificaciones, además la demanda de cafés certificados no crece en la misma medida que la oferta (Moreno, 2014).

Barham y Weber (2011, 2012) mencionan que las certificaciones de Rain Forest Alliance y de café orgánico por parte de cooperativas peruanas no promovió la producción sustentable y la inestabilidad de las primas (pagos diferenciados), no incentivaron a los productores a quedarse en el mercado. Por otra parte, la insuficiencia de las certificaciones de origen voluntario, ha obligado a otros países a optar por certificaciones de especialidad y no de calidad, ya que, cuentan con características parecidas a las colombianas (microclimas y microlotes de producción), con la posibilidad de sembrar variedades “exóticas” de café, lo que da la posibilidad de ingresar a mercados de especialidad (Castro, 2004). En estudios publicados por Ruben y Fort (2011) sobre el impacto de la certificación Fair Trade en los campesinos en Perú, se encontró que existe un modesto cambio en el ingreso y la productividad, no así, en la organización, insumos, salud y capacidades productivas; por otra parte, Christopher Bacon *et al.*, (2014), en su trabajo sobre formas de enfrentar la crisis del café en Nicaragua, menciona que, los procesos de certificación de calidad no fueron suficientes, para conseguir un aumento en los ingresos netos de los caficultores. Lo anterior, se debe a que la mayoría de los caficultores en Centroamérica son productores de pequeña escala (85%), lo que los coloca en una posición de vulnerabilidad respecto a las cooperativas, quienes fueron las que consiguieron las certificaciones de calidad, sin embargo, se encontró que existe una mayor correlación entre el precio y las certificaciones, que entre el precio y la calidad del café (USAID, 2002); por el contrario Bolwing (2009) encontró que existe un efecto positivo en el ingreso de



los participantes en el esquema de certificación de café orgánico (por las primas pagadas), además de un efecto positivo, no tan grande, obtenido por el cambio en las técnicas de producción tradicional, versus la producción orgánica; sin embargo, los autores resaltan, que es más fácil el acceso a este tipo de técnicas y formas de producción para grandes productores, por lo cual, el impacto social y medioambiental en la pequeña producción (campesinos más vulnerables) en realidad no es tan grande.

Por otra parte, hay situaciones totalmente diferentes en las unidades cafetaleras de los países africanos tropicales respecto a las Latinoamericanas, su situación geográfica, ha sido determinante para el desarrollo de la industria cafetera donde las certificaciones de comercio justo, producción orgánica y protección medioambiental, se desarrollaron para generar una producción sustentable y con impacto social. El caso de Uganda, es uno de los más representativos en cuanto a la exportación certificada, ya que, para el 2005 fue el segundo país con mayor exportación (en término de ingreso) de café orgánico, sobrepasado solamente por Etiopía (Gibbon, 2006). El caso particular de Vietnam, un país que hoy en día se posiciona como el segundo mayor exportador de café verde en el mundo, y que ha enfocado su producción fuera de la especialidad, enfocándose en términos de productividad y cantidad. Según el reporte del sector cafetero en Vietnam, este país ha presentado el mayor crecimiento en producción del mundo, alcanzando volúmenes de producción equivalentes a los de Colombia (su más cercano competidor) en solo diez años; lo que le tomaría a Colombia 75 años (Giovannucci *et al.*, 2007).

Si bien puede demostrarse, que la especialización por sí sola tiene beneficios importantes, los retornos de especializarse dependerán de ciertos factores, todos dependientes de los capitales presentes en las unidades productivas, por ejemplo, en Colombia la CEPAL (2004); menciona que los mayores niveles de educación conducen a un incremento significativo de los retornos de la especialización, aunque estos mismos hogares tienen más probabilidades de participar en actividades no agrícolas. El coeficiente de propiedad de la tierra e infraestructura es altamente significativo y positivo para una especialización sumado a que un núcleo familiar pequeño tiene más tendencia a adoptar estrategias especializadas, Vellema *et al.*, (2015) mencionan que especializarse, aumenta el ingreso por conceptos del café, pero no el ingreso total de los hogares, ya que como lo describe Ellis (2000); los capitales humanos y sociales son fundamentales en esta tendencia, ya que el tiempo y el esfuerzo requeridos para lograr el



mayor ingreso de café ofrecido por la producción certificada significa que los agricultores tienen que renunciar a otras actividades como la ganadería, cultivos, aunque los precios y la mano de obra es más eficiente entre los productores de café orgánico las diferencias en los rendimientos son más importantes que las primas de precios, esta misma situación fue reportada por Bradford *et al.*, (2010) en su estudio “Comercio de café orgánico, medios de vida rurales en productores de café en el sur de México”.

Se ha documentado en países como Uganda y Etiopía, casos de certificación orgánica de café, donde se han presentado cambios positivos tanto en la calidad, como en los ingresos netos de los caficultores; sin embargo, también se encontró que la mayor problemática para el ingreso a este tipo de mercado diferenciado, son las restricciones que enfrentan los productores de café de pequeña escala, para cumplir con los requerimientos y normas que demandan tanto el consumidor como los importadores (Ruben, 2012).

### **Diversificación**

En particular, la diversificación es una estrategia fundamental para los hogares rurales (Berhaus *et al.*, 2007), en Latinoamérica el 30% de los empleos son no agropecuarios y representan el 40% de los ingresos rurales (Reardon *et al.*, 2001). Aunque puede variar en función del contexto y los activos de los hogares (Mushongah y Scoones, 2009). Las unidades utilizan y conjugan los capitales para desarrollar estrategias y así enfrentar los riesgos y disminuir su vulnerabilidad, esto asociado a una fuerte resiliencia y ocupación de toda la mano de obra familiar (Brown *et al.*, 2006; Van den Berg, 2010). Bacon *et al.* (2014), comentan que esta estrategia está asociada a la cafecultura, una de las características importantes de los pequeños caficultores son los agroecosistemas diversificados o sistemas agroforestales, que proporcionan servicios ecosistémicos, los cuales se desarrollan principalmente en El Salvador, Guatemala, Nicaragua y parte de México, Katly *et al.*, (2013); Speelman *et al.*, (2014), sugieren que los sistemas agroforestales de café se caracterizan por la conservación de la biodiversidad; los árboles proporcionan al agricultor una variedad de productos como frutas, leña y madera, resaltando de este sistema agroforestal la calidad del café.

En Tanzania, Soini (2005), describe los agrosistemas de café en sistemas combinados de café y banano (*Musa x paradisiaca*), con múltiples cultivos de comida, intercalados y cultivos de maíz (*Zea mays*), mijo (*Panicum miliaceum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Los árboles son utilizados para protección del café, como cercas vivas, forraje, madera y leña. También, las





colmenas y gallinas juegan un papel muy importante dentro de estos sistemas. Moguel y Toledo (1999), mencionan que las fincas de café en México se mezclan con vegetación local y forman complejas estructuras, clasificadas como policultivos tradicionales o comerciales, de los cuales se obtienen beneficios de cada sistema en particular ya sea por autoconsumo o bien por medio de comercio, además de beneficios colaterales como la introducción de especies de árboles para sombra fijadoras de nitrógeno.

La diversificación a diferencia de la especialización está relacionada a una serie de actividades, tanto en el acceso a los bienes y factores sociales (relaciones sociales, instituciones, organizaciones) y por las tendencias exógenas (tendencias económicas) y choques (sequía, enfermedades, inundaciones y plagas). Es por ello que los hogares rurales utilizan distintas estrategias para sobrevivir, además de la diversificación productiva como migración, búsqueda de apoyos, empleo temporal o fijo de algún miembro de la familia, no tienden a maximizar las ganancias, si no a evitar los riesgos, utilizando la mano de obra familiar (Ellis, 2000). Los bienes y el acceso a capitales determinan conjuntamente la subsistencia de un hogar cafetalero, aunque la agricultura predomina en muchas comunidades rurales, los medios de vida son complejos y a menudo pluriactivos, múltiples cultivos, por ejemplo, la milpa (maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita pepo*), el café (cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa x paradisiaca*), forestales, ornamentales) entre otros agroecosistemas que a veces se conjugan con ganado, que en conjunto con otras actividades contribuyen al bienestar de la familia (Dorward, 2006).

El proceso por el cual los hogares construyen una cartera diversa de actividades y activos con el fin de sobrevivir se ha definido como " la diversificación del sustento" por Ellis (2000a), ya que, la actividad agrícola es muy riesgosa, y muchos hogares rurales pueden ser incapaces de satisfacer las necesidades básicas, por lo que, los miembros del hogar a menudo buscan medios alternativos para hacerles frente (Justina y Jones, 2008). Ejemplo de lo mencionado, en el sur México, Hernández y Valverde (2013) reportan que el 85% de los migrantes manda remesas a sus familiares, y que el 80% de los hogares depende de ellas, las cuales se han convertido en la principal fuente de ingreso de muchas familias, como resultado, la mayoría de los hogares rurales dependen de una combinación de actividades agrícolas y no agrícolas para ganarse la vida (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Estudios empíricos con enfoque en diversificación.**

Título	Autor	Actividades	% de Ingresos
Organic Coffee, Rural Livelihoods, and the “Agrarian Question”: Southern Mexican Coffee Families in Transition	Barham, Callenes, Gitter, Lewis, & Weber, (2011)	Remesas	35
		Subsidios	20
		Actividades no agrícolas	17
		Salario agrícola fuera granja	19
		Café	35
Livelihood Strategies of Smallholder Coffee Farmers in South Sulawesi and East Nusa Tenggara (Flores)	Hartatri, Neilson, Arifin, & Fujita, (2010)	Ingresos no agrícolas	3
		Otros ingresos agrícolas	41
		Ganadería	22
The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialisation	Vellema et al., (2015)	Café	34
		Asalariados agrícolas	SD
		Otros ingresos agrícolas	SD
		Actividades no agrícolas	SD
		Café	50
The Impact of Fair Trade Certification for Coffee Farmers in Peru	Ruben & Fort, (2012)	Otras actividades cultivo	SD
		Trabajo no agrícola	SD
		Remesas	SD
		Café	55

### Medios de vida y capitales

Las estrategias de las pequeñas unidades de producción cafetalera, están relacionados con los medios de vida y capitales (Ellis, 2000 y Scoones, 2009). Gottret (2011), considera que los medios de vida son las reservas y flujos adecuados de alimentos y efectivo para satisfacer las necesidades básicas, donde se conjugan la propiedad, el acceso a los recursos y las actividades generadoras de ingresos, incluidas las reservas y los activos para compensar el riesgo, aliviar crisis y enfrentar contingencias. Un medio de vida es sostenible cuando puede hacer frente y recuperarse del estrés y los choques; mantener o mejorar sus capacidades y bienes; y proporcionar oportunidades de subsistencia sostenibles para la próxima generación; y aporta beneficios netos a otros medios de subsistencia a nivel local y global y en el largo y corto plazo (Schneider y Niederle, 2010). Los medios de vida son una opción que está disponible en términos de capacidades, activos tanto recursos materiales y sociales y actividades para ayudar a hacer frente y resistir a los choques económicos. Desde la posición de Ellis, (2000a); los activos y el acceso a éstos, constituyen la base bajo la cual los hogares



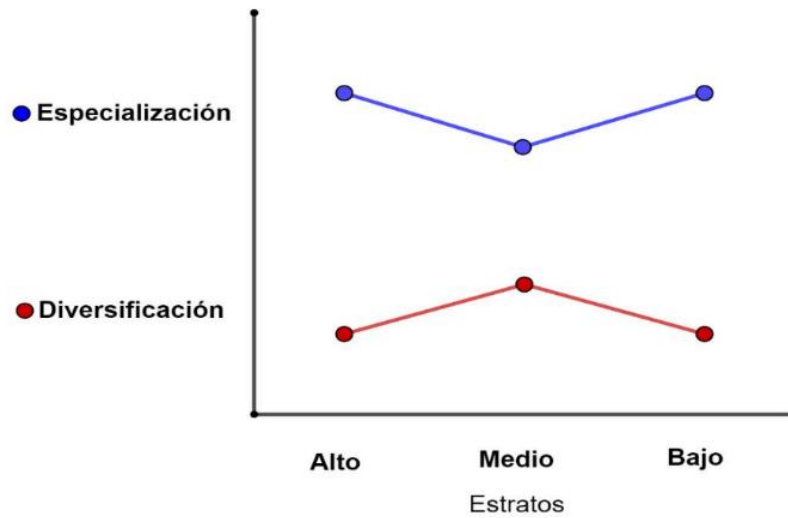
rurales generan sus medios de vida. Los activos se convierten en capital cuando son utilizados para generar bienes los cuales se dividen en cinco tipos: humano, social, natural, físico y financiero.

Estudios han demostrado que las pequeñas unidades, adoptan y adaptan diferentes medios de vida en situaciones de vulnerabilidad generadas por los desastres económicos, políticos o naturales (Vorley and Barnett, 2010). Considerando lo descrito por Ellis, (2000), la base de capitales presentes en los pequeños productores de café dan partida a las estrategias de vida que puedan emplear, misma afirmación que daba Scoones, (2009), empleando una combinación de diferentes tipos de capital dan como resultado la capacidad de reproducción social; por ejemplo, de acuerdo con Giovannucci *et al.*, (2007), los cafecultores que optaron por la especialización contaban con los capitales financiero humano y social mayormente desarrollados, ya que, al emplear el uso de insumos agrícolas, capital de ingreso, ahorro, crédito, además concordando con lo mencionado por Martin and Lorenzen, (2016), la especialización tiene mejores resultados en hogares con mayores capitales y de estrato alto, no obstante, los hogares del estrato más bajo, tienden a especializar en actividades que no son redituables. Mientras que, los productores diversificados mantenían capitales natural y físico en mejor plano, Berhaus *et al.*, (2007), menciona a la diversificación como una estrategia fundamental para los hogares rurales, fomentando, servicios como escuelas, bancos, centros de empleo y muchos otros servicios no familiares pueden influir en el hogar agrícola a continuar con la agricultura o cambiar de actividad más rentable. Agricultores ubicados cerca de centros urbanos, mercados, transporte, servicios comunitarios, incluida educación y las instalaciones de salud, aumentan las posibilidades de empleo fuera de la unidad (Reardon *et al.*, 2007). El capital humano es utilizado en ambas estrategias para generar sus medios de vida, ya que, comprende la cantidad y calidad de trabajo disponible, en la diversificación tiende a un declive, puesto que, la unidad es más vulnerable al abandono por parte de sus integrantes.

En la especialización, han optado por certificarse para poder acceder a mercados orgánicos y de comercio justo. Sin embargo, hallazgos muestran que la certificación de café aumenta el ingreso por conceptos del café, pero no el ingreso total de los hogares. Los detonantes de esta estrategia se relacionan con la educación, acceso a mercados, extensión de la tierra, etc. Sin embargo, la especialización tiene mejores resultados en hogares con mayores activos y los hogares del estrato más bajo se especializan en actividades que no son redituables. La



diversificación, es una constante en unidades con activos intermedios, las estrategias de diversificación comúnmente incluyen una combinación de actividades agrícolas (producción granos básicos) y no agrícolas (ganadería extensiva, empleados, jornaleros) así como, remesas de migrantes en todos los grupos socioeconómicos, sin embargo, la forma que esto toma depende también de la riqueza (Figura 1).



**Figura 1. Distribución de los estratos de ingresos en unidades de producción agrícolas de acuerdo a las estrategias de vida. Elaboración propia con información de Martin and Lorenzen, (2016).**

El aumento en el estado de los activos de los hogares puede abrir una posibilidad para permitir mayores oportunidades de migración generadoras de ingresos y puede facilitar la transición al empleo no agrícola, fortaleciendo aún más, los medios de vida al reducir los riesgos inherentes asociados con la agricultura, así como, a una variedad más amplia de actividades de empleo agrícola.

## Conclusiones

En los últimos años, las unidades de producción cafetalera se han visto forzadas a competir con los mercados globales modernos y la agroindustria, en respuesta a esta situación, los productores han optado por realizar cambios estructurales en los medios de vida, para



asegurar su supervivencia y reproducción social. En la literatura se encuentran dos estrategias adoptadas por los pequeños productores, la certificación y la diversificación de la producción, siendo esta última fundamental para los hogares rurales en zonas con difícil acceso a mercados, con múltiples beneficios, aportando alimentos y otros recursos necesarios para la familia, sin embargo, no se puede negar el hecho que las actividades no agrícolas toman una gran fuerza en esta cultura, subsidios, empleo permanente o temporal fuera de la unidad de producción, migración, teniendo como consecuencia el abandono de los cafetales. La certificación, juega un papel clave en la intensificación, en virtud, de que puede abrir un mercado justo para el productor, aun así, se encontró que la mayor problemática son las barreras a la entrada de estos esquemas de producción, determinada por la falta de información y la cadena de comercialización, puesto que, algunas veces el pago diferencial no compensa la inversión por unidad de superficie. Es complejo considerar una estrategia como la mejor alternativa para el desarrollo social del pequeño productor de café, en la literatura existe una diversidad de opiniones sobre si las políticas públicas deberían fomentar la especialización del café o la pluriactividad, ya que, algunos mencionan que también los hogares ricos tienen pluriactividades, esto los hace más resistentes y capaces de mantenerse por arriba de la pobreza extrema, con seguridad alimentaria y en algunos casos hasta mantener niveles adecuados de ingresos. Para desarrollar políticas que fomenten el desarrollo de una región cafetalera se deben conocer los medios de vida y fomentar la mejora en cada uno de los activos, para finalizar estas políticas deben fomentar los capitales sociales, físicos, económicos, naturales y humanos, así como, bienes públicos por encima de los productos de consumo como agroquímicos.

### **Literatura Citada**

- Alvarado, M. C., H. Juárez T. y B. Ramírez V. 2006. La comercialización de café en una comunidad indígena: Estudio en Huehuetla, 87 Puebla. *Ra Ximhai* 2(2): 293–318.
- Anta, S. 2006. Café de sombra y servicios ambientales. *Gaceta Ecología INE-SEMARNAT* 80: 19-31. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908002.pdf> [Consultada el 05 de octubre de 2021].



- Bacon, C. M., W. A. Sundstrom G. M., E. Flores V., E. Méndez, R. Santos and B. Goldoftas. 2014. Explaining the 'hungry farmer paradox': Smallholders and fair trade cooperatives navigate seasonality and change in Nicaragua's corn and coffee markets. *Global Environmental Change* 25:133-149.
- Berhaus, W., D. Colman y B. Fayissa. 2007. Diversification and Livelihood Sustainability in a Semi-Arid Environment: A Case Study from Southern Ethiopia. *Journal of Development Studies* 43(5):871-889.
- Barham, B. L., and J. G. Weber. 2012. The economic sustainability of certified coffee: Recent evidence from Mexico and Peru. *World Development* 40(6):1269-1279.
- Barham, B. L., M. Callenes, S. Gitter, J. Lewis and J. Weber. 2011. Fair trade/organic coffee, rural livelihoods, and the "agrarian question": Southern Mexican coffee families in transition. *World Development* 39(1):134-145.
- Brown, D. R., E. C. Stephens, J. O. Ouma, F. M. Murithi and C. Barrett. 2006. Livelihood strategies in the rural Kenyan highlands. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 1(311-2016-5503), 21-36.
- Castro, P., Y. Contreras and K. Nakamatsu. 2004. Café de especialidad: alternativa para el sector cafetalero peruano. *Programa Magistral en Administración* 9(17):61-84.
- Castro, S., T. Dietsch, N. Urena, L. Vindas and M. Chandler. 2012. Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 155: 172-181.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2004. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. <https://www.cepal.org/es/acerca> [Consultado el 10 de enero de 2012].
- Justina, N. and N. Jonas. 2008. Livelihoods and rural wealth distribution among farm households in western Kenya: Implications for rural development, poverty alleviation interventions and peace. *African Journal of Agricultural Research* 3(7): 455-464.
- Donovan, J. and N. Poole. 2014. Changing asset endowments and smallholder participation in higher value markets: Evidence from certified coffee producers in Nicaragua. *Food Policy* 44: 1-13.
- Dorward, A. 2006. Understanding small stock as livelihoods assets. Final Technical Report. AGRIS-FAO 7 p. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB2012111182> [Consultado el 06 de octubre de 2021].
- Ellis, F. 2000. *Rural Livelihoods and diversity in developing countries*. GB Oxford University Press 273 p.



- Ellis, F. 2000a. The Determinants of Rural Livelihood Diversification in Developing Countries. *Journal of Agricultural Economics* 51(2): 289-302.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. The linkages between Migration, Agriculture, Food Security and Rural Development. Technical report by the FAO, IFAD, IOM, and WFP Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2007. Report of the Eighteenth Session of the Committee on Forestry. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/012/j9643e.pdf> [Consultado el 06 de octubre de 2021].
- Gibbon, P. 2006. *An overview of the certified organic export sector in Uganda* (No. 2006: 13). DIIS Working paper.
- Giovannucci, D., C. Lui and D. Buyers. 2007. Colombia Coffee Sector Study. 93 p. <https://ssrn.com/abstract=996138> [Consultado el 06 de octubre de 2021].
- Gottret, M. 2011. El Enfoque de Medios de Vida Sostenibles: Una estrategia para el diseño e implementación de iniciativas para la reducción de la pobreza. CATIE. 29 p. <http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/7986/El%20enfoque%20de%20medios%20de%20vida....pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado el 06 de octubre de 2021].
- Hernández, A. y B. Valverde. 2013. Crisis de la cafecultura y migración en el contexto de pobreza y marginación. El caso de los productores indígenas de Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai* 9(1):173-186.
- Katlyn, S. V. Méndez and M. Olson. 2013. Seasonal food insecurity in a Salvadoran organic coffee cooperative. *The Journal of Peasant Studies* 40(2):457-480.
- Martin, S. and K. Lorenzen. 2016. Livelihood Diversification in Rural Laos, *World Development* 83: 231-243.
- Moguel, P. and V. Toledo. 1999. Review: Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Conservation Biology* 13 (1): 11-21.
- Moreno, R. 2014. ¿Es posible desarrollarse en torno al café orgánico? Las perspectivas de un negocio local - global en comunidades mayas. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología* (19):217-241.
- Mushongah, J. and I. Scoones. 2012. Livelihood Change in Rural Zimbabwe over 20 Years. *Journal of Development Studies* 48(9):1241-1257.
- Noriega, A. G., B. Cárcamo R., M. Gómez C., R. Schwentesius R., S. Cruz H., J. Leyva B. and *et al.*, 2014. Intensificación de la producción agricultura orgánica: Caso café. *REMEXCA* 5(1): 163-169.



- Ortega, A. and B. Ramirez. 2012. Crisis de la cafecultura y migración en el contexto de pobreza y marginación. *Ra Ximhai* 9(1):173–186.
- Ponte, S. (2002). Estándares, comercio y equidad: Lecciones de la industria de los cafés especiales. *economía Mundial del café*, centro de investigaciones para el desarrollo de Copenhague. Ensayos sobre Economía Cafetera pp.131-163. <https://federaciondecafeteros.org/static/files/2.estandarescomercioyequidad.pdf> [Consultado el 05 de octubre de 2021].
- Reardon, T., J. Berdegue and G. Escobar. 2001. Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America: Overview and Policy Implications. *World Development* 29(3):395-409.
- Reardon, T., J. Berdegue, C. Barrett and K. Stamoulis. 2007. Household income diversification into rural nonfarm activities. *Transforming the rural nonfarm economy: Opportunities and threats in the developing world* 141 p.
- Ruben, R. and R. Fort. 2012. The Impact of Fair Trade Certification for Coffee Farmers in Peru. *World Development* 40(3):570-582.
- Scoones, I. 2009. Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. IDS working papers;72. Institute of Development Studies. <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/3390/Wp72.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado el 05 de octubre de 2021].
- Soini, E. 2005. Changing livelihoods on the slopes of Mt. Kilimanjaro, Tanzania: Challenges and opportunities in the Chagga homegarden system. *Agroforestry Systems* 64(2):157-167.
- USAID (Agency for International Development). 2002. USAID. <https://www.usaid.gov>
- Vellema, A., C. Buritica and M. Gonzalez. 2015. The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialization. *Food Policy* 57:13-25.
- Vorley, B. and A. Barnett. 2010. Agricultores de pequeña escala en el mercado globalizado: tomando decisiones en un mundo cambiante. International Institute for Environment and Development, London, 168 p. <https://pubs.iied.org/es/16543IIED> [Consultado el 05 de octubre de 2021].





## LIDERAZGO AUTOGESTIVO EN UN PROGRAMA DE TRANSFERENCIAS SOCIALES EN MÉXICO

*Ana Lid del Angel Pérez<sup>1\*</sup>, Tanith E. Villagómez Del Angel<sup>2</sup>, Cruz Alfredo Tapia Naranjo<sup>3</sup>, Alma Velia Ayala Garay<sup>4</sup> y Jeremías Nataren Velázquez<sup>1</sup>*

---

### Resumen

En 2014 y 2015, el gobierno federal mexicano promovió el componente de agricultura familiar, periurbana y de traspatio (CAFPT), a través de la SAGARPA. Su finalidad fue fortalecer la seguridad alimentaria con el cultivo de hortalizas, la cría de conejos y aves de postura en los hogares. Dentro de este marco se destacó la emergencia de un liderazgo voluntario que se integró a la organización de los grupos de trabajo, y la configuración de nuevos arreglos de convivencia y tareas. El objetivo de este trabajo fue analizar las características del liderazgo emergente en el CAFPT y su potencial. La información se obtuvo a través de talleres presenciales, usando narrativas y cuestionarios con 27 actores de San Luis Potosí y Veracruz, finalizando con seguimiento de los casos de Veracruz en 2018. Los resultados mostraron la emergencia de un liderazgo regido por compromisos morales cuyas acciones tienen su origen en el entorno sociocultural y refuerzan valores culturales. Los elementos más importantes fueron la revalorización de personas unidas en la pobreza, bajo los principios de confianza y solidaridad. El surgimiento de los líderes mostró la supervivencia de una organización social tradicional cuya base es la cooperación y la ayuda mutua. La existencia de este tipo de líderes y su gestión señalan la importancia de un potencial sociocultural que favorece y fortalece capacidades y competencias comunitarias.

**Palabras clave:** agricultura familiar, programa social, confianza, sociocultural

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Ver. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP- CIRGOC. \*delangel.analid@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana. Campus Veracruz.

<sup>3</sup> Campo Experimental Querétaro. CIRCE -Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP-CIRCE.

<sup>4</sup> Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP- CIRCE.



## Introducción

Después del agotamiento del modelo de sustitución de importaciones, y el ascenso del paradigma neoclásico en su vertiente neoliberal, buscando la integración de nuestro país al proceso de globalización, el crecimiento promedio anual comparado del PIB, fue de 6.31% con el primer modelo, y de 2.3% con el neoliberalismo, en un período de 1982 al 2012. Durante este período se llevaron a cabo una serie de reformas estructurales con el objeto de estabilizar la economía e impulsar el crecimiento (Trejo y Andrade, 2013); la idea de progreso se fundamentó en el desarrollo económico, orientado primordialmente a sectores progresistas, favoreciendo una distribución inequitativa del ingreso y profundizando las brechas socioeconómicas, de pobreza y conflictos sociales.

Dentro de este marco sucedieron una serie de reformas para potenciar la generación de riqueza, esperando la extensión de los beneficios a los estratos más pobres; esto a través de una serie de transferencias, presuponiendo efectos positivos en capacidades humanas, ingreso, salud, educación y nutrición (Cecchini y Atuesta, 2017; Feijoó, 2014); sin embargo han sido más formales que estructurales, con bajo impacto en el nivel de vida, dentro de la evidente disparidad y vulnerabilidad multifacética de la población. Los logros del desarrollo económico solo han reconfigurado áreas de pobreza rural y urbana, con mayor vulnerabilidad que se extiende al ámbito de las capacidades, las oportunidades y las libertades, en aumento debido a la inestabilidad financiera y a las crecientes presiones del cambio climático, que juntos potencian el socavamiento del progreso en el desarrollo humano.

En México, las transferencias de ingreso a los grupos más vulnerables, se han instalado con diversos programas de asistencia social, algunos focalizados, otros universales, con diferentes montos en dinero y/o especie. Como meta se busca un impacto redistributivo para reducir la pobreza y desarrollar las capacidades de las familias urbanas y rurales para evitar la transmisión intergeneracional de la pobreza (Huesca y Calderón, 2015; Cecchini *et al.*, 2017). Estos esquemas de transferencias se fundamentan en la teoría de igualdad de oportunidades, cuya base ética es nivelar el terreno de competencias, donde ninguna persona es privada de conseguir un resultado por condiciones socialmente injustas (Arreola *et al.*, 2015). Existe evidencia suficiente que muestra un impacto desigual o bajo, en la consecución de la nivelación social de los programas, pero pareciera ser que su continuidad es la vía más rápida de agilizar



la disminución de la desigualdad (Arreola *et al*, 2015; Huesca y Calderón, 2015). Por un lado, la eliminación de la pobreza no es suficiente para reducir la desigualdad, y por otro lado queda en duda la eficiencia de las transferencias para revertir la pobreza, la cual pasó en 2012 de 53.3 a 53.4 millones de personas en 2016 (Moyado, 2019).

Dentro de estas reformas, y en el marco de la Cruzada Nacional Contra el Hambre, que promovió la seguridad alimentaria, en 2014 y 2015 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), inicio el Componente de Agricultura Familiar, Periurbana y de Traspatio, a nivel nacional. Se promovió el cultivo de hortalizas en patios, la cría de conejos y gallinas para huevo, a los hogares que se inscribieron. El objetivo fue incrementar la producción de alimentos mediante incentivos para la adquisición de insumos, infraestructura, equipamiento productivo en paquetes de huertos y granjas familiares (una pareja de conejos y gallinas ponedoras y su corral), con paquetes tecnológicos, sustratos de cultivo y presuponiendo acompañamiento técnico, con un monto de hasta \$ 8,000.00 por hogar y \$ 100,000.00 por grupo organizado solidario (SAGARPA, 2015).

La mayor parte de los usuarios fueron mujeres y se otorgaron insumos, capacitación y asesoría técnica a través de prestadores de servicios técnicos (PSP), contratados por la SAGARPA. El ingreso de usuarios al componente fue alto, 50,000 hogares en 2014 y casi 70,000 en 2015. La cantidad de usuarios no fue atendida de forma satisfactoria, debido a que la demanda de acompañamiento técnico superó a la cantidad de PSP contratados, y en 2015 la plantilla disminuyó drásticamente. Este fenómeno permitió observar el surgimiento de formas de ayuda y cooperación a partir de la figura de líderes voluntarios. Estas figuras surgieron en momentos de crisis, de disminución de la ayuda gubernamental y han fortalecido los componentes tecnológicos transferidos mediante capacitación, constituyéndose como portavoces técnicos, facilitadores e innovadores. Por lo anterior este trabajo tiene como objetivo analizar las características de este tipo de liderazgo emergente y determinar su potencial sostenibilidad.

## **Materiales y Métodos**

Se realizaron dos talleres, en la ciudad de Veracruz, Ver., y en San Luis Potosí, S.L.P., en diciembre de 2015, y seguimiento de casos en Veracruz hasta 2018, con líderes urbanos



emergentes participantes del CAFPT, previamente identificados. Este tipo de líderes apoyaron, facilitaron y promovieron el uso de estrategias de agricultura urbana y periurbana, impulsadas en 2014 y 2015 por el gobierno federal en todo el país, encabezado por la SAGARPA. El liderazgo de estas personas fue autogestivo, sin promoción. La gestión voluntaria, fue detectada por los técnicos (PSP) contratados para capacitar a los participantes del programa. La mayoría 70%, fueron mujeres (amas de casa, 60% y empleadas, 10%); el 30% fueron varones, (jubilados, 20% y empleados, 10%). Emergieron como líderes, voluntarios ante la baja oportunidad de acompañamiento técnico e interés, así como interés en el programa.

Se aplicaron dos instrumentos de análisis psicosocial para conocer las características de este tipo de liderazgo emergente, para determinar su potencial sostenibilidad y potencial impacto. El primero, fue un test de tipo auto reflexivo y auto reconocimiento que se elaboró, para destacar características de liderazgo, motivando la reflexión de su gestión, con relación a sus fortalezas y debilidades. El test incluyó 33 ítems (rasgos) vinculados a gestión de liderazgo, que implica cuatro factores contextuales, y fueron: **Social** (amistad, armonía, amor fraternal, confianza, honestidad, moral, sinceridad, sensibilidad, integridad, lealtad, participación, cooperación, disposición, esfuerzo, sabiduría), **Saberes** o conocimiento técnico de la tarea (Conocimientos, creatividad, experiencia, desarrollo), **Gestión** (apoyo al grupo, control, compromiso, logro, orden, poder, reconocimiento, responsabilidad, retos, respeto, toma de riesgos), **Personal** (estabilidad económica, flexibilidad). Se pidió a los participantes que señalaran los ítems que describen su personalidad como líderes (fortalezas y debilidades), y lo que requieren mejorar o reforzar. Finalmente, los ítems fueron analizados de forma conjunta y agrupados en factores, para determinar el peso de cada uno de ellos en las formas de gestión.

El segundo instrumento fue un cuestionario, diseñado con ocho escenarios hipotéticos dentro del desarrollo del programa de agricultura familiar, que demandan una reacción o acción como líderes. Cada escenario consideró tres posibles alternativas de solución que muestran la intensidad de una acción y van desde no hacer nada, hasta actuar de alguna forma (se ponderó con valores 1-3, donde uno es malo, 2 regular y tres es bueno), utilizando escalas tipo Likert (Asún *et al.*, 2016). Los escenarios fueron: solución de contingencias, organización, iniciativa, mediador de conflictos, motivación de la cooperación, facilitadores, altruismo, capacidad de



transmitir conocimientos. El análisis permitió mostrar las reacciones o respuestas ante diversas situaciones.

A lo largo del taller se intercalaron una serie de dinámicas de grupo, con un facilitador del área de psicología, para aligerar la sesión, incrementar la confianza y retroalimentación entre los asistentes y el facilitador. El análisis estadístico se realizó con XLSTAT © (2015), utilizando estadística descriptiva, test no paramétricos Kruskal-Wallis y Q de Cochran para datos dicotómicos.

## **Resultados y Discusión**

### **Autorreflexión sobre fortalezas y debilidades**

El liderazgo es una competencia que se conforma con habilidades, actitudes, aptitudes y conocimientos que manifiesta el individuo líder, a partir de un proceso integrador entre situaciones de interacción, motivación y función; estas habilidades son relevantes para configurar una transformación, donde las acciones de transacción llevan a un cambio y al logro de las metas con mayor eficiencia (Bautista, 2008; Alvarado *et al.*, 2009). De esta forma las habilidades y las destrezas en la gestión del liderazgo son determinantes en la capacidad de incidir en el cambio. El Cuadro1, muestra los rasgos que conforman las fortalezas de los líderes: confianza, respeto, responsabilidad y honestidad son las principales, autodefinidas por los participantes, con diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), y la confianza fundamenta este tipo de liderazgo. Los comentarios dentro de la dinámica de grupo denotaron la importancia de generar un clima de confianza y amistoso les permitió obtener mejor respuesta de los seguidores; la confianza como señaló Cansino (2020), es un elemento esencial que en el seno de las organizaciones es un mecanismo interno que facilita la comunicación y la cooperación entre los miembros de las mismas, y favorece la gestión horizontal y/o grupal (Cuadro 1). Hasta 2018 en Veracruz se mantiene el 65% de los líderes en función en su área, colaborando con los hogares antiguos y nuevos que cuentan con huertos familiares, no así el área pecuaria que se extinguió.



**Cuadro 1. Fortalezas del liderazgo voluntario, obtenidas por autorreflexión.**

Rasgo	Porcentaje (%)	Grupos $p < 0.0001$ *
Orden	4.00	a
Poder	4.00	a
Sinceridad	4.00	a
Sabiduría	4.00	a
Control	8.00	ab
Integridad	8.00	ab
Desarrollo Personal	8.00	ab
Armonía	12.00	ab
Amor Fraternal	12.00	ab
Experiencia	12.00	ab
Moral	12.00	ab
Toma De Riesgos	12.00	ab
Lealtad	15.00	abc
Sensibilidad	15.00	abc
Creatividad	19.00	abc
Reto	19.00	abc
Cooperación	23.00	abc
Esfuerzo	23.00	abc
Participación	27.00	abc
Amistad	35.00	abc
Disposición	35.00	abc
Honestidad	42.00	abc
Respeto	50.00	bc
Responsabilidad	50.00	bc
Confianza	58.00	c

\*Q Cochran, 0.05. Fuente: elaboración personal a partir de datos registrados en talleres.

Aunque se formaron estadísticamente cinco grupos, destaca la confianza, responsabilidad y respeto, en oposición al liderazgo formal donde el poder y el control fundamenta esta figura. Los datos permiten observar que los rasgos con mayor porcentaje señalan al alto valor que para la gestión de este tipo de líderes tiene el contexto sociocultural, fundamentándose como fortalezas. En este sentido se refieren a una serie de actitudes y un comportamiento regido por costumbres, y posiblemente aceptadas socioculturalmente, que funcionan como vías en la apertura de canales de comunicación y establecimiento de vínculos con los seguidores (Díaz,



2014). Resalto el valor *amor fraternal* que manifiestan las mujeres y tiene su origen en aspectos espirituales generados en la fe y la religión. Considerando a Giraldo (2021), quien señala que la confianza se relaciona de manera significativa y positiva con las competencias directivas, y a mayor desarrollo de las competencias directivas, mayor confianza al interior de los equipos de trabajo, por ello a menor desarrollo de las competencias directivas, menor será el nivel de confianza; es entonces que si bien las competencias de este tipo de líderes son de orden sociocultural, la confianza es mayor pues alude a características emergidas de un ambiente conocido, cotidiano y personalizado como miembro de una misma comunidad.

Los comentarios de los actores al efectuar las dinámicas psicosociales de grupo, señalaron que la responsabilidad y la disposición, son rasgos orientados a la atención de los seguidores en el momento requerido y junto con la confianza, respeto, honestidad y amistad fortalecen la aceptación del liderazgo por los seguidores, y fundamentan la imitación del líder, el que asegura que los pequeños huertos favorecen una alimentación sana, más barata, menos gasto y fácil de producir, lo cual marca el ejemplo a seguir. La motivación de los líderes, es un punto fundamental para realizar la tarea y la gestión, y se refuerza más adelante como respuesta ante diferentes escenarios (demandas de alimentos en los hogares y crisis económica). Además, observando que la mayor parte de los rasgos están enfocados a resaltar un sistema muy fuerte de valores que definen a los líderes, el perfil general este orientado a un marco de *liderazgo transformacional*, donde resalta resalta como valores fundamentales la búsqueda de un mundo en paz, responsabilidad, armonía, libertad y respeto mutuo, lo cual sugiere una orientación al bienestar colectivo (Khan and Khan, 2019). Vallejo-Correa *et al.* (2019), Papagiannakis y Lioukas (2018), Cuadrado *et al.* (2012), al analizar la influencia de valores sociales, encontraron que los orientados al mantenimiento de costumbres, apertura al cambio, autotranscendencia y autopromoción o utilización de la influencia personal o carisma para liderar a otros, se vinculan al *liderazgo transformacional*, en especial, con la dimensión del carisma, y las mujeres resaltan estos factores.

En éste trabajo no se analiza el liderazgo transformacional o transaccional, pero resalta que la aparición de este tipo de líderes, no fue una tarea forzada, formalizada, y si voluntaria, importante en el actual panorama de individualismo, establecido como una construcción sociocultural de imperantes económicos y descomposición de valores y códigos sociales que valora pobremente la reciprocidad, la cooperación y la confianza (Reyes y Perinat, 2011), este



tipo de liderazgo muestra factores de oportunidad para la resiliencia social, pues el capital sociocultural, permite una mayor igualdad de oportunidades para los integrantes del programa. Con relación a las características que definen las **debilidades**, los líderes señalaron 23 rasgos, y destacan la falta de *experiencia* técnica y *sabiduría* para tomar las acciones correctas, en este caso se refieren a sabiduría sobre lo correcto (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Debilidades de liderazgo voluntario, obtenidas por autorreflexión.**

Rasgo	Porcentaje (%)	Grupos (p<0.0001)*
Falta más compromiso	4.00	a
Tener un poco de poder legal	4.00	a
Ser más responsable	4.00	a
Tener más educación formal	7.00	a
Lograr mejor cooperación	7.00	a
contabilizar más logros grupales	7.00	a
Subir la moral del grupo	7.00	a
Estabilidad económica general	11.00	ab
Poco reconocimiento	11.00	ab
Favorecer entorno de amistad	15.00	ab
Poco apoyo de gobierno	15.00	ab
Poco control del grupo	15.00	ab
Lograr la disposición	15.00	ab
Ser más creativo (a)	19.00	ab
Ser más ordenado (a)	23.00	ab
Superar los retos	25.00	ab
Mayor desarrollo personal	25.00	ab
Mayor esfuerzo	25.00	b
Tener mayor flexibilidad de horario	31.00	abc
Mejorar la participación en el grupo	35.00	abc
Tomar mayores riesgos	42.00	abc
Tener más sabiduría	54.00	bc
Tener más experiencia técnica	73.00	c

\*Q Cochran, 0.05. Fuente: elaboración personal a partir de datos registrados en talleres.

Las características que estructuran las debilidades observan diferencia altamente significativa, y cinco grupos, destacando la falta de experiencia técnica y la sabiduría, diferente a todas las





características, como las más importantes, aunque diferentes entre ellas. Para 2018, los líderes señalaron que ya sienten contar con suficiente experiencia sobre el tema. En este sentido y de acuerdo a los comentarios, sabiduría es la mejor manera de ayudar a los demás, más sabia, equitativa y sin distinción. La toma de *riesgos*, aunque está en otro grupo. lo encabeza debido al porcentaje que obtuvo, y puede sugerir un orden lógico de la falta de experiencia técnica, el deseo de hacer lo correcto, con sabiduría, y cierto temor a la toma de riesgos en un contexto nuevo.

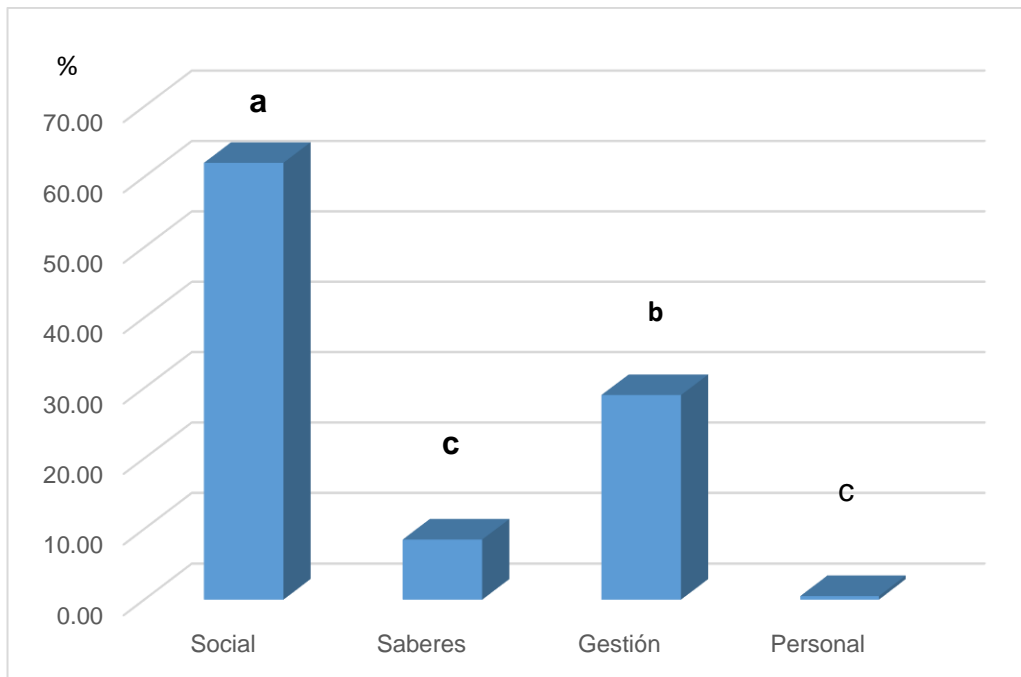
### **Dominios que agrupan las características de los líderes**

En el análisis del dominio de las **fortalezas**, se logró un acercamiento a las capacidades de los líderes en su ejercicio. Los datos estructuran tres dominios, donde sobresale el *social* como el de mayor influencia en la gestión. La Figura 3, permite observar que el dominio social es el que más abona a las fortalezas, lo cual puede indicar una que las acciones de los líderes tienen como punto de partida una serie de determinantes socioculturales, cuyo origen es el ámbito de la organización social tradicional (Díaz, 2014); es decir, emerge de un bagaje sociocultural transmitido, no aprendido académicamente, y que por supuesto aún existe en la sociedad. Tal vez esto se reafirma al observar la correlación negativa del dominio social con el de saberes ( $r = -0.6444$ ,  $p = 0.0005$ ), y el de la gestión ( $r = -0.5729$ ,  $p = 0.0026$ ), ya que en la medida en que el dominio social adquiere mayor importancia para fortalecer la estructura del liderazgo, disminuye la de los otros. En este caso el dominio personal fue subsumido y no es relevante. El peso del contexto sociocultural parece indicar que estas personas han construido y gestionado el liderazgo a partir del beneficio social, más allá del individual; esto se reafirma en la descripción de sí mismos, pues los líderes incluyeron con más frecuencia metas altruista-morales, incorporando valores y una filosofía de vida ética, muy importante lograr los objetivos de su gestión, aún en los casos analizados en 2018 (Frisancho y Pain, 2013).

De alguna manera el contexto sociocultural parece favorecer el ejercicio del liderazgo y su capacidad de mantener la cohesión, organizar al grupo y resolver conflictos. Algunos autores también se han referido a los valores de los líderes como un sistema integrado que genera patrones de comportamiento deseables, los cuales influyen decisivamente sobre el rendimiento de los subordinados, su compromiso y los niveles de satisfacción con el trabajo (Papagiannakis y Lioukas, 2018; Martínez *et al.*, 2014). Como señalan Frisancho y Pain (2013), para ellos, ser un buen líder significa poder vincular su propia existencia con la de los demás,



reconocer al otro como un ser humano con alegrías y sufrimientos, ser sensible a sus experiencias e identificarse con ellas y, además, comprometerse con la mejora de sus vidas, a través de la tarea que los llevó a destacar como líderes emergentes.



(Kruskal Wallis  $p < 0.0001$ , 0.05).

**Figura 3. Dominios que describen las fortalezas en la gestión de liderazgo del grupo obtenidos por autorreflexión durante talleres.**

Fuente: elaboración personal a partir de datos registrados en talleres.

### Reacciones a diversas situaciones

En la sociedad moderna los objetivos del liderazgo implican la consideración de una meta para lograr un cambio, a través de la dirección y el trabajo en equipo (Pons, 2012), y sin lugar a dudas el líder tiene una serie de roles interpersonales, destacando el ejemplo y la aceptación de sus seguidores (Ramírez, 2012; Lussier y Achua, 2011), donde las características, las conductas, el ambiente-situacional en el que se produce el liderazgo y el efecto relación-interacción entre líder y seguidor fortalece los escenarios de cambio (Hernández *et al.*, 2015; De Barrera, 2019). Por lo anterior tratando de obtener información sobre las capacidades de liderazgo ante diversos escenarios, el Cuadro 3 muestra cada uno de los escenarios hipotéticos que podrían suceder en el transcurso del programa y la reacción.



**Cuadro 3. Principales acciones de respuesta ante escenarios hipotéticos del CAFPT.**

Rasgo	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Grupos
Solución de contingencias	1.0	3.0	1.7	0.5944	a
Capacidad de organización	1.0	3.0	1.7	0.7121	a
Iniciativa	1.0	3.0	1.9	0.4560	a
Mediación de conflictos	1.0	3.0	2.0	0.8771	ab
Motivación de la cooperación	1.0	3.0	2.2	0.9214	abc
Facilitador	1.0	3.0	2.4	0.6939	bc
Altruismo	1.0	3.0	2.7	0.5064	c
Capacitación	1.0	3.0	2.8	0.5064	c

(Kruskal Wallis  $p < 0.0001$ , 0.05). Fuente: elaboración personal a partir de datos registrados en talleres.

Las medias más altas en la escala empleada destacan una respuesta *buen*a en los escenarios de capacitación y altruismo. Los escenarios donde el líder emergente funciona como *facilitador*, *motivador de la cooperación*, y *mediador de conflictos*, pueden clasificarse como *buen*os de acuerdo a las escalas de medición. En los escenarios que destacan la iniciativa, la capacidad de organización y la solución de contingencias, aunque las medias alcanzan valores que podrían significar *buen*os, es prudente incluirlas como reacciones clasificadas de nivel *mal*o. En estos casos para potencial este tipo de liderazgo aceptado por los grupos creados por el programa, se deberá de integrar a un programa de motivación de capacidades. La mediación de conflictos y la motivación de la cooperación en términos generales fue medida hacia el interior y hacia el exterior, es decir para identificar si solo se conformaron redes de afinidad o más allá. Los resultados mostraron que en el primer caso, el 60% es capaz de mediar conflictos más allá de su área cotidiana de acción (más allá de la afinidad), y en el caso de la motivación de la cooperación, el 75% se sale de las redes de afinidad o cercanía. Se debe dejar claro que las respuestas sobre todo de los últimos cinco escenarios manifiestan una fuerza transformadora en la ejecución de la tarea (potencial) y la creación de un espacio público, donde se señala la gran importancia de la tarea (mantener los huertos) para los líderes. Al comparar estadísticamente las reacciones dentro del grupo, se encuentran diferencias altamente significativas en su manifestación ( $p < 0.0001$ ). Se destaca la respuesta al escenario de capacitación, mientras que los escenarios que definen altruismo y facilitación, forman un solo grupo por la cercanía de sus medias. Solución de contingencias, capacidad de



organización e iniciativa son diferentes al resto, pero iguales entre sí estadísticamente, formando un solo grupo pero con medias que los definen como una reacción con clasificación *mala*. La presencia del altruismo que fue medida desde una perspectiva ética, la visión del bien e inclinación a ser compasivo, así como la conciencia del sufrimiento de los demás, permite argumentar de acuerdo a Frisancho y Pain (2013), que se trata de líderes regidos por fuertes compromisos morales y socioculturales y una conducta prosociocultural.

Los datos sugieren la aparición de una alternativa popular ante la ausencia de compromisos efectivos de parte del gobierno federal para el desarrollo y continuidad de este programa. La aparición de este tipo de líderes, muestra un pequeño brote de resistencia y oposición social ante el estancamiento del interés real en disminuir las brechas sociales y aumentar las capacidades que fortalezcan las oportunidades de la población urbana y que podría no solo favorecer la seguridad alimentaria, sino también disminuir la vulnerabilidad ante el crecimiento acelerado de las ciudades con la producción de alimentos en los sectores más pobres. La aparición de los líderes muestra un movimiento de solidaridad por el derecho a la alimentación de las áreas urbanas que surgió en dos estados mexicanos en diferentes áreas geográficas y que debe existir en todo el país, sugiere formas de cohesión y organización que no son nuevas, sino que estuvieron dormidas en la trama económica neoliberal, pues muestran determinantes socioculturales; este argumento se refuerza debido a que el 65% de los líderes aún promueven y apoyan a los hogares que se han sumado a esta tarea, considerándose un movimiento autogestivo donde en muchos casos existen mercados de intercambio. Así mismo constituye la parte de la realidad social en la cual las relaciones sociales no están cristalizadas en estructuras, y hace pensar en la urgencia de reconfigurar su potencial actuación y su capacidad para activarse y movilizarse en términos transformadores a la sociedad urbana, fortaleciendo sus capacidades autoalimentarías (Rivas, 2014).

La expresión de este liderazgo puede observarse como una demanda social que el gobierno federal no ha considerado como prioritario ni ha integrado a las agendas públicas por tratarse de áreas urbanas donde los alimentos no se producen, solo se compran, a pesar de que se ha demostrado que favorecen la disminución del gasto en la compra de alimentos (Del Angel-Pérez *et al.*, 2018). Las buenas acciones y deseos de este tipo de liderazgo parecen formar parte de una serie de manifestaciones coyunturales y temporales que requiere ser consolidado para su pervivencia más allá de lo local, para que de alguna manera las acciones puedan



trascender y establecerse, para dejar de ser solo un liderazgo de esperanza, un pequeño atisbo de resistencia y como señala Holloway (2015), la debilidad misma de esta iniciativa fue la fuerza que permitió la aparición de una forma de organización local de autogestión.

## **Conclusiones**

El componente (CAFPT) fue el espacio público para la expresión de un liderazgo emergente local, cuyas perspectivas de sostenibilidad también son de autogestión, pero a través del ámbito de acción del organismo encargado son mínimas por las restricciones al presupuesto para acompañamiento o fortalecimiento de las capacidades de este tipo de liderazgo. Por otra parte, el contexto socioeconómico del país, no facilita la sostenibilidad de este tipo de líderes pues la gestión de liderazgo más común en la sociedad líquida o material actual es la política, formal, sin fortalezas socioculturales. El Programa mostró el éxito y el fracaso de una iniciativa de gobierno, el éxito manifestado en la esperanza de miles de usuarios que encontraron una forma de cubrir la demanda de alimentos de los hogares urbanos y periurbanos, donde surgieron figuras que reforzaron y mantienen resabios del programa; y el fracaso por la disminución de la capacidad de acompañamiento y agotamiento de un programa urbano, ya que la SAGARPA solo atiende lo rural. El surgimiento de estos líderes muestra la pervivencia de los rasgos de organización social tradicional cuyas características tienen como base un contexto sociocultural, y cuya base es la cooperación y la ayuda mutua. De la misma forma las características (rasgos) del grupo de líderes manifiestan la solventación de tareas más allá del ámbito de la afinidad y muestran aspectos de servicio comunitario. De la misma forma la existencia de este tipo de líderes y su autogestión señalan la importancia de una potencial demanda de programas que atiendan las necesidades de alimentación urbanas a través del fortalecimiento de capacidades y competencias locales o comunitarias.



## Literatura Citada

- Asún, R. A., K. Rodríguez-Navarro and J.M Alvarado. 2016. Developing multidimensional Likert scales using item factor analysis: The case of four-point items. *Sociological Methods and Research* 45(1):109-133.
- Alvarado Y., S.A.T. Prieto y D. Betancourt. 2009. Liderazgo y Motivación en el ambiente educativo. Universidad de Costa Rica. *Actualidades Investigativas en Educación Revista Electrónica* 9 (3):1-17. <http://revista.inie.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/292/291> [consultado el 15 de mayo de 2020].
- Arreola, K. S. B., C.S. López G. y P.O. Espinosa. 2015. Desarrollo e igualdad de oportunidades en México: una evaluación por cuantiles del Programa Oportunidades. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública* 8(15):107-146.
- Bautista A.S.D. 2008. "Propuesta del Modelo SPAP de liderazgo para el funcionario de la Administración Pública". *Contribuciones a la Economía* 2(9):1-5. <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/racs/article/view/13779/13762> [consultado el 10 de marzo de 2020].
- Cansino, C. H. 2020. La confianza organizacional vista desde la perspectiva de Los Sistemas Complejos Adaptativos. *Administración y Organizaciones* 23(44):55-72.
- Cázares, F. L., M.A. Ortiz E. y O.E. Cernas A. 2015. Los claros y oscuros de transferencias intergubernamentales y la eficiencia relativa: caso estado de Jalisco, México. *Economía Informa* 393: 35-61.
- Cecchini, S. and B. Atuesta. 2017. Programas de Transferencias condicionadas en América Latina y el Caribe. Tendencias de cobertura e inversión. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41811/1/S1700419\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41811/1/S1700419_es.pdf) [consultado el 15 de mayo de 2020].
- Cuadrado G.I., A.F. Molero y M. Navas. 2012. El liderazgo de hombres y mujeres: diferencias en estilos de liderazgo, relaciones entre estilos y predictores de variables de resultado organizacional. *Acción Psicológica* 2(2):115-129. Disponible en: <http://revistas.uned.es/index.php/accionpsicologica/article/view/525/465> [consultado el 8 de enero de 2016].
- De Barrera, J. H. 2019. Un acercamiento sintagmático al concepto de liderazgo. *Desarrollo Gerencial* 11(1):190-208.



- Del Ángel-Pérez, A. L., C.A. Tapia-Naranjo, T.E. Villagómez-del Angel, N.G. Uzcanga Pérez y C.A. Hernández-Estrada. 2018. Capital social, redes sociales y liderazgo en agricultura familiar periurbana en México. REMEXCA 9(6):1137-1148.
- Díaz, M. 2014. Comportamientos socioculturales tradicionales ante brote de peste en el distrito de Chicama, Perú. Revista Ciencia y Tecnología 10(2):129-143.
- Feijoó M. del C. 2014. Educación, programas de transferencias condicionadas y protección social en América Latina y el Caribe, pp. 21-48. *In*: Feijoó M. del C. y M. Poggi (Coord.) Educación y políticas sociales: sinergias para la inclusión. Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación IIPE-Unesco, Buenos Aires, 1ª. Edic., 288 p.
- Frisancho, S. y O. Pain. 2013. Trayectorias de Vida: Justicia e Identidad Moral en Seis Líderes Comunitarios. Schème-Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas, 5, 160-185. <http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/scheme/article/view/3226> [consultado el 9 de abril de 2018].
- Giraldo, L. M. C. 2021. Competencias directivas y confianza en una empresa privada de servicios. Industrial Data 24(1):121-137.
- Hernández G.T.J., V.M. García R. y D.M. Navarrete Z. 2015. Prácticas de Liderazgo en Personal de Trabajo Social: Análisis y Relación con Algunas Variables Sociolaborales. Revista de Gestión Empresarial y Sustentabilidad 1(1):45-60. <http://rges.umich.mx/index.php/rges/article/view/11> [consultado el 3 de febrero de 2016].
- Holloway, J. 2015. Pensemos en la crisis, pensemos en la esperanza. Revista Crítica y Resistencias 1(1):43-50.
- Huesca, R. L. y V.C. Calderón. 2015. La política social y la crisis económica: ¿son progresivas las transferencias en México?. Contaduría y Administración 60(2):169-194.
- Khan, N. A. and y N.A. Khan. 2019. ¿Qué dicen los seguidores sobre los líderes transformacionales que fomentan la innovación de los empleados a través del aprendizaje organizacional, el intercambio de conocimientos y el uso de las redes sociales en organizaciones públicas? Government Information Quarterly 36(4):101391.
- Lussier R. N., C.F. Achara. 2011. Liderazgo: Teoría, aplicación, desarrollo de habilidades. Cengage Learning Inc., México, 4ª. Ed. 547 p.
- Martínez, I. A. M., F.U. Prado J. y B.R. Rivera G. 2014. Liderazgo y su relación con variables de resultado: un modelo estructural comparativo entre liderazgo transformacional y transaccional en una empresa de entretenimiento en México. Acta de investigación psicológica 4(1):1412-1429.



- Moyado F. S. 2019. *Transferencias monetarias condicionadas Prospera y la pobreza en México*. In: Desigualdad socio-espacial, innovación tecnológica y procesos urbanos. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. CDMX.
- Papagiannakis, G. y S. Lioukas. 2018. Gestión ambiental corporativa: impulsores a nivel individual y el papel moderador del liderazgo carismático. *European Management Review* 15(4):475-489.
- Pons V., F. J. y L. Ramos J. 2012. Influencia de los estilos de liderazgo y las prácticas de gestión de RRHH sobre el clima organizacional de innovación. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones* 28(2):81-98.
- Ramírez, M. 2012. Estilos de liderazgo y sus enfoques gerenciales. Una aproximación teórica-metodológica para el análisis de la dirección organizacional. *Revista de Ciencias Socioculturales* 18(1):89-98.
- Reyes, M. y A. Perinat. 2011. La construcción biográfica del liderazgo comunitario en sectores populares: Un estudio piloto orientado a la exploración del capital social en Santiago de Chile. *Castalia* 13(19):65-89.
- Rivas, A. A. 2014. Tiempos de espera. Neoconservadurismo y movimientos sociales en la segunda década del siglo XXI (Anotaciones críticas para una diatriba contra la inmovilidad). *OXÍMORA Revista Internacional de Ética y Política* 1(4):82-94.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2015. Agricultura Familiar, Periurbana y de Traspatio. Conceptos de apoyo. [http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2015/Programa\\_integral\\_de\\_desarrollo\\_rural/Agricultura\\_familiar\\_periurbana\\_y\\_de\\_traspatio/Paginas/Conceptos\\_de\\_Apoyo.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2015/Programa_integral_de_desarrollo_rural/Agricultura_familiar_periurbana_y_de_traspatio/Paginas/Conceptos_de_Apoyo.aspx) [consultado el 03 de febrero de 2016].
- Sosik, J. J. and S.L. Dinger. 2007. Relationships between leadership style and vision content: The moderating role of need for social approval, self-monitoring, and need for social power. *The Leadership Quarterly* 18(2):134-153.
- Trejo R.M. y Andrade R. A. 2013. Evolución y desarrollo de las reformas estructurales en México (1982-2012). El cotidiano, *Revista de la Realidad Mexicana actual* 28(177):37-46.
- Vallejo-Correa, V. A., K.A. Jaramillo-Solar, M.I. Reyes-Espejo, F. Almazán-Montenegro, C. Flores-Ortiz y C.S. Rodríguez-Tobar. 2019. Liderazgo comunitario en las políticas públicas chilenas: representaciones y significados desde la ciudadanía. *Revista de psicología (Santiago)* 28(2):47-63.





# EVALUACIÓN TERMO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO SOLAR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Juan Quintanar Olguin<sup>1</sup>

## Resumen

En las áreas rurales de México, la comercialización de productos agrícolas se realiza principalmente en fresco, lo cual conlleva a que el producto que no se comercializa se pierda o se venda a precios muy bajos. El principal proceso de conservación de productos agrícolas para uso futuro es el secado. La forma más común de realizar este proceso, es exponiendo el producto a los rayos solares de manera directa y a la intemperie, donde la calidad final no siempre es la óptima. Una alternativa para mejorar el proceso ha sido el aprovechamiento de la energía solar, mediante el uso de secadores solares. Se evaluó la eficiencia del proceso de secado solar con base en el rendimiento térmico, como en el análisis de los costos de secado, esto es, para la determinación de la factibilidad termo-económica. La eficiencia térmica es la relación de la ganancia de calor útil a la energía solar disponible en el interior del secador solar. Para evaluar la eficiencia económica, se determinaron los costos para secar un kilogramo de producto, lo cual está en función del tiempo y de los insumos (inversión en la construcción del secador, depreciación del equipo, volumen del producto a secar, salarios por carga, costo del terreno y de administración). Como resultados, al evaluar un secador tipo túnel para el secado de café, se encontró una eficiencia térmica de 26.3% para una insolación de 850 w/m<sup>2</sup> y un costo unitario de \$3.87 para secar un kilogramo de café.

**Palabras clave:** eficiencia térmica, costo unitario de secado

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito. quintanar.juan@inifap.gob.mx



## Introducción

En las áreas rurales de México, la comercialización de productos agrícolas se realiza principalmente en fresco, lo cual conlleva a que el producto que no se comercializa se pierda o se venda a precios muy bajos. El principal proceso de conservación de productos agrícolas para uso futuro es el secado. Si bien el contenido de agua de la mayoría de los productos agrícolas es superior al 50%, el de los alimentos debidamente secados varía del 5 al 25%, según el alimento. Por lo que, el secado extiende la vida útil de los alimentos y evita las pérdidas durante el período de almacenamiento (Sivakumar y Rajesh, 2016). La forma tradicional de secar es exponiendo el producto a los rayos solares de manera directa, pero al no tener ningún control sanitario, es fácil que el producto se contamine, llegándose a desperdiciar cerca del 37% del volumen cosechado (FAO, 2015). Una alternativa a este problema ha sido el aprovechamiento de la energía solar, mediante el uso de secadores solares, cuyo funcionamiento está basado en el principio invernadero, donde la energía solar es atrapada mediante colectores que elevan la temperatura del fluido (aire), el cual realiza el proceso de secado. Además, son instalaciones que requieren de poco capital, bajos costos de mantenimiento, son de fácil construcción y cualquier material disponible en la zona de construcción puede ser usado, con tendencia de los diseños a la simplicidad, debido a que no existe una diferencia significativa en los resultados obtenidos con los diseños más primitivos, respecto de los más sofisticados.

Así, la evaluación de la eficiencia del proceso de secado solar debe basarse, tanto en el rendimiento térmico, como en el análisis de los costos de secado; esto es, la determinación de la factibilidad termo-económica. El desempeño térmico se considera un medio para evaluar qué tan bien, o mal, un secador opera bajo ciertas condiciones y se define como la relación entre la cantidad de energía destinada al secado y la cantidad de agua evaporada durante el proceso. La eficiencia térmica total es la relación de la ganancia de calor útil a la energía solar disponible en el interior del secador solar (Almuhanna, 2012). Así, la eficiencia de un secador solar, es una medida de la eficacia con que se utiliza la radiación solar por el sistema, para secar el producto y evaluar su rendimiento (Keke *et al.*, 2014). En relación a la evaluación económica, las determinaciones de los costos de secado están en función del tiempo y de los insumos (inversión en la construcción del secador, depreciación del equipo, volumen del



producto a secar, salarios por carga, costo del terreno y de administración). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar la metodología para determinar la eficiencia termo-económica del proceso de secado solar de productos agrícolas, para así realizar comparaciones entre diferentes diseños de secadores solares.

## Materiales y Métodos

La determinación de la eficiencia térmica del secado solar se determina utilizando la siguiente ecuación (Sandali *et al.*, 2019; Desa *et al.*, 2020; Singh and Gaur, 2020):

$$\eta_s = \frac{(W_o - W_t) * L_v}{(H_t * A_c) + P_v}$$

Dónde:

$\eta_s$  = Eficiencia del secador solar.

$W_o$  = Peso del material inicial (kg).

$W_t$  = Peso del material en el tiempo t (kg).

$L_v$  = Calor latente de vaporización del agua en el producto a secar (kJ/kg).

$H_t$  = Radiación horaria incidente sobre la superficie del colector (kJ/m<sup>2</sup>).

$A_c$  = área del colector (m<sup>2</sup>).

$P_v$  = Consumo de energía por los ventiladores (kJ).

Como parte de la evaluación económica, para realizar comparaciones entre diferentes diseños de secadores solares, se determina el costo de secado de un kilogramo de material, utilizando las ecuaciones siguientes:

1. El costo anual del secador solar ( $C_{an}$ ) se da como:

$$C_{an} = C_{cca} + C_{mt} - V_r + C_{oav}$$

Dónde:

$C_{cca}$  = Es el costo de capital anual, incluyendo costo inicial de infraestructura.



$C_{mt}$  = Es el costo anual de mantenimiento del secador solar.

$V_r$  = Es el valor de rescate.

$C_{oav}$  = Es el costo anual operativo de los ventiladores.

2. La cantidad total de productos secados anualmente en el secador solar ( $P_{sa}$ ) viene dada por:

$$P_{sa} = \frac{M_{ps} D_u}{D_n}$$

Dónde:

$M_{ps}$  = Es la masa de producto secado por lote en un secador solar.

$D_u$  = Es el número de días durante los cuales se usa el secador en el año.

$D_n$  = Es el número de días necesarios para secar el material por lote.

3. El costo de secado de un kg de material ( $C_{us}$ ) viene dado por:

$$C_{us} = \frac{C_{an}}{P_{sa}}$$

Dónde:

$C_{an}$  = Es el costo anual del secador solar.

$P_{sa}$  = Es la cantidad total de productos secados en la secadora anualmente.

## Resultados y Discusión

Los secadores solares tienen en cuenta la conversión de energía solar a energía térmica útil para el proceso de secado. En el secado solar, el rendimiento térmico es un indicador confiable para estudiar los méritos del sistema y se puede cuantificar mediante análisis de energía.

Los resultados que se presentan son relacionados con el secado de café realizado en un secador tipo túnel con 22.5 m<sup>2</sup> de cubierta externa, considerada como superficie colectora, a partir de un volumen de 200 kg (19.5 kg/m<sup>2</sup>) de grano de café secados por carga. Además, el valor del calor latente de vaporización para café cuando tienen un 50% de humedad en base seca, que es de 2786.3 kJ/kg (Restrepo y Burbano, 2005).

Así, la eficiencia térmica ( $\eta_s$ ) del secador tipo túnel aplicando la ecuación 1, a las 13:00, determinada como la hora con mayor insolación con un valor de 850 w/m<sup>2</sup> para un día soleado de finales del mes de enero es de 26.3%, valores congruentes con los reportados por Yelmen *et al.* (2019) para secadores de convección natural, cuyos valores de entre 20-30%. Sin



embargo, esta eficiencia térmica es menor a los resultados de 39.2% reportados por Subramaniyan *et al.* (2021). Esto demuestra que las condiciones climáticas, como la temperatura ambiente y la radiación solar, tienen una influencia importante en el rendimiento del secador solar (Jambhulkar *et al.*, 2017; Sandali *et al.*, 2019).

En relación con los resultados, respecto del costo de secado de 1 kg de material, se parte del costo inicial del secador que es de \$22,500.00, con un costo de mantenimiento anual de \$3,000.00 y un costo de recuperación de \$10,000.00. La cantidad total de café secado anualmente es de 4,000 kg, partiendo de 200 kg por lote de secado y un uso aproximado del secador solar de 160 días al año. Por lo tanto, el costo de secar 1 kg es de \$3.87. Estos resultados revelan que el proceso de secado solar es bastante simple y el costo de secado de 1 kg de producto, depende fundamentalmente de la inversión inicial para la construcción, el costo operativo, el costo de mantenimiento, su valor de recuperación, así como del volumen a secar y los tiempos de secado (Sharma *et al.*, 2018; Poonia *et al.*, 2019).

## Conclusiones

La factibilidad termo-económica de un secador solar tipo túnel, con insolación promedio de 850 w/m<sup>2</sup> al secar café es de 26.3% de eficiencia térmica con un costo unitario de \$3.87 para secar 1 kg de café.

## Literatura Citada

- Almuhanna, E. A. 2012. Utilization of a solar greenhouse as a solar dryer for drying dates under the climatic conditions of the eastern province of Saudi Arabia. Part I: Thermal performance analysis of a solar dryer. *Journal of Agricultural Science* 4(3):237-246.
- Desa, W. N. Y. M., A. Fudholi and Z. Yaakob. 2020. Energy-economic-environmental analysis of solar drying system: a review. *International Journal of Power Electronics and Drive System* 11(2):1011-1018.



- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Boletín 2. 31 p. <http://www.fao.org/3/I4655S.pdf> [consultado el 3 de junio de 2021].
- Jambhulkar, A. C., V. B. Pawar, S. B. Pawar, A. S. Dharwadkar, P. S. Pandure and S. P. Gadewar. 2017. Solar drying techniques and performance analysis: a review. *IOSR-Journal of Mechanical and Civil Engineering* 6:35-29.
- Keke, M. M., A. Femi S., S. Kayode A. and I. Abimbola A. 2014. Qualitative performance and economic analysis of low cost solar fish driers in Sub-Saharan Africa. *Journal of Fisheries* 2(1):64-69.
- Poonia, S., A. K. Singh, P. Santra and D. Jain. 2019. Economic analysis of inclined solar dryer for drying of fruit and vegetables. *International Journal of Agriculture Sciences* 11(20):9154-9159.
- Restrepo, V. A. H. y J. C. Burbano J. 2005. Disponibilidad térmica solar y su aplicación en el secado de granos. *Scientia Et Technica* 11(27):127-132.
- Sandali, M., A. Boubekri and D. Mennouche. 2019. Improvement of the thermal performance of solar drying systems using different techniques: a review. *Journal Solar Energy Engineering* 141(5):050802 (11 p).
- Sharma, A., O. Chatta and A. Gupta. 2018. A Review of solar energy use in drying. *International Journal of Engineering Technology Science and Research* 5(3):351-358.
- Singh, P. and M. K. Gaur. 2020. Environmental and economic analysis of hybrid greenhouse solar dryer: a review. *International Journal of Energy Technology* 2(1):55-69.
- Sivakumar, E. and K. Rajesh. 2016. Different types of solar dryer for agricultural and marine products: a reference guide. *International Journal of Research in Science and Technology* 6(3):118-125.
- Subramaniyan, C., K. B. Prakash, B. Kalidasan, N. Bhuvanesh and A. Amarkarthik. 2021. Exergy analysis on performance of groundnut solar dryer with forced convection. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1059(1):012056 (12 p).
- Yelmen, B., M. T. Çakir and H. H. Şahin. 2019. Performance evaluation of greenhouse type dryers for red pepper: technical and economic aspect. *Advances in Research* 20(2):1-13.



## BOSQUE, PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y CONSERVACIÓN EN HIDALGO, MÉXICO

*Ana Lid Del Ángel Pérez<sup>1\*</sup>, Jeremías Nataren Velázquez<sup>1</sup> y Carmen A. Hernández Estrada<sup>1</sup>*

---

### Resumen

Se trabajó en los municipios de Apan, Almoloya y Tepeapulco, localizados en la subcuenca de Tecocomulco en el estado de Hidalgo. El objetivo fue conocer las percepciones ambientales de la población respecto los servicios que provee el bosque y la disposición a pagar (DAP) para realizar actividades de conservación con participación y reconocimiento social, como una manera de obtener el potencial de los programas ambientales para la región. Se aplicó un cuestionario a una muestra de 266 personas utilizando el método de valoración contingente y fotografías de los paisajes regionales, para obtener una valoración de los mismos. Se obtuvo la DAP para conservar el bosque y la calidad de los servicios ecosistémicos que proporciona. Los resultados mostraron una DAP alta (65%) con una gran dispersión de valores que varía por municipio, diferenciándose los beneficios (servicios ecosistémicos) que señalan obtener del bosque, y las actitudes proactivas y no proactivas. Los servicios agua y aire son los de mayor reconocimiento e interés de la población; paisajes de agricultura intensiva, bosques, y ganadería fueron los mejor valorados en función de desarrollo económico y conservación. El potencial de la DAP es alto (\$72.37/mes en promedio), pero la percepción que los entrevistados tienen de las instituciones y programas de conservación están orientadas a una desconfianza en las acciones del gobierno, refiriéndose a cumplimiento de metas y manejo de recursos, por lo que se propone la inclusión de figuras no gubernamentales para mejorar los aspectos financieros. La consideración de nuevas figuras de acompañamiento a las actividades gubernamentales de conservación puede incidir en mejor cumplimiento de metas, transparencia y aceptación de las mismas por la población local.

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Cotaxtla, Ver. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP- CIRGOC. \* aldap28@yahoo.com



**Palabras clave:** servicios ecosistémicos, disposición a pagar, percepciones, conservación

## Introducción

Los Servicios Ambientales del Bosque son los beneficios que la gente recibe de ecosistemas forestales e influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades, por lo que cada vez es mayor la importancia de fomentar el reconocimiento de la relación que existe entre los recursos naturales, la salud planetaria y la especie humana. La naturaleza y su conservación son pilares del desarrollo sustentable, por esta razón, es imprescindible una valoración justa de los ecosistemas y los servicios ambientales que éstos prestan, ya que su estado está relacionado con la calidad de vida y el potencial para el desarrollo económico (CONAFOR, 2014). Aunque algunos ecosistemas y agroecosistemas importantes por sus riquezas naturales y provisión de servicios ambientales, como las partes altas de las cuencas, bosques y selvas, observan límites naturales que no suelen coincidir con los límites socioculturales y políticos, su manejo requiere incluir ciertos límites humanos y esta realidad hace necesario involucrar a todos los grupos que los habitan o utilizan, para identificar los problemas de manejo y diseñar de forma común, las acciones a tomar (Tabilo-Valdivieso, 2003).

La incorporación y participación de la sociedad para la elaboración de políticas públicas orientadas a la conservación ambiental, constituye una forma de inclusión de las demandas actuales y de la complejidad social. Uno de los argumentos más válidos para retomar esta vía, es la búsqueda de una maximización del bienestar social (Mesa *et al.*, 2008). La inclusión del capital social como una condición previa para la cooperación y la organización de las actividades humanas, tendientes a favorecer la cohesión y congruencia entre sus miembros en la búsqueda del bien común, hace de la sociedad algo más que la suma de un grupo de individuos (Herzig, 2007). El desarrollo de políticas y acciones que trasladen a los actores implicados y a las redes sociales existentes, la responsabilidad de organizarse y de aprovechar su capital social, es importante, como un proceso biocultural de experiencia directa sobre el ambiente. A través del conocimiento de las percepciones de los seres humanos, es posible entender el significado de sus acciones y prácticas actuales, así, éstas revelan sus intenciones





en relación con la toma de decisiones (Benez *et al.*, 2010). Por ello, las percepciones representan un respaldo a los instrumentos para la gestión de las políticas o programas de conservación, pues atribuyen características cualitativas a los objetos o circunstancias del entorno mediante referentes elaborados desde sistemas culturales e ideológicos específicos, contruidos y reconstruidos por el grupo social, lo cual permite generar evidencias sobre la realidad. Integrar la valoración de las condiciones ecológicas de sustentabilidad y los significados y sentidos de la naturaleza, contruidos desde la cultura, permite dar lugar a la integración de un nuevo paradigma (Leff, 2004) para la construcción de un desarrollo sustentable.

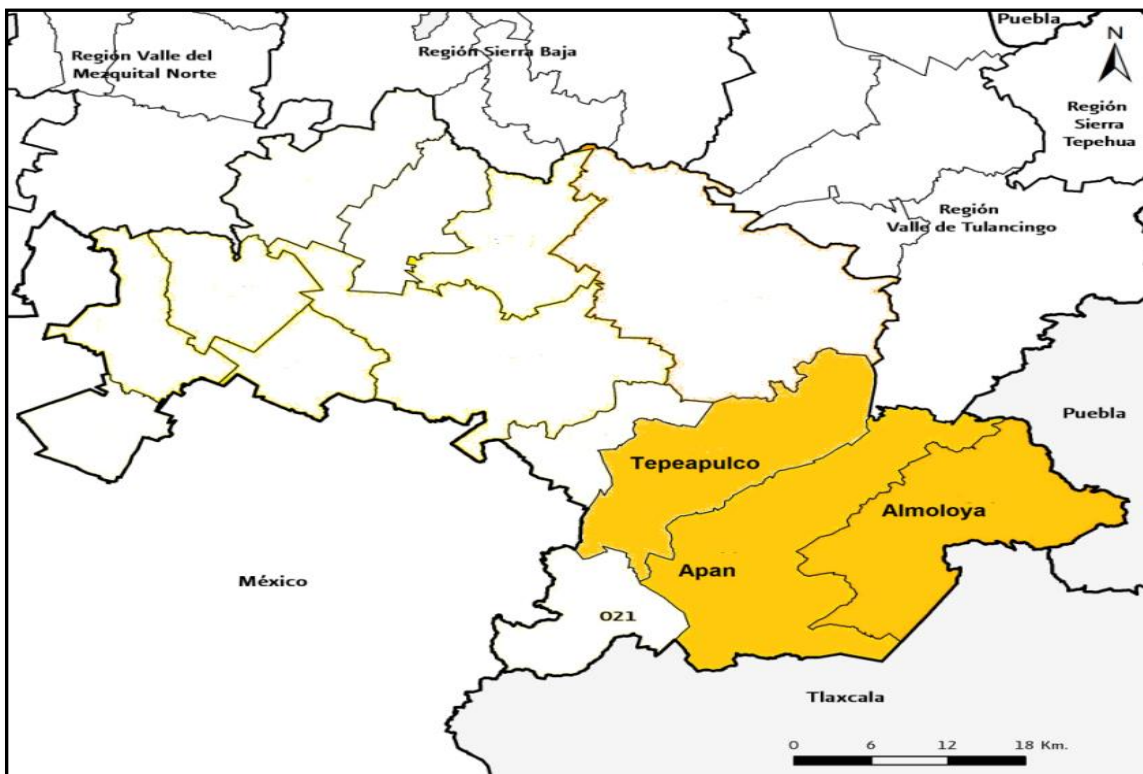
Es indudable que las perspectivas de conservación suponen la necesidad de armonizar los objetivos de la conservación de las riquezas naturales de una región, con las prioridades de desarrollo regional, requiere una apropiación sostenible de los recursos en los cuales se sustenta (Benez *et al.*, 2010). Lo anterior es importante pues los cambios requeridos para alcanzar la sostenibilidad pueden afectar aspectos sustanciales de la población tales como los estilos de vida, los modelos de organización social y económicos, razón por la cual se necesitan consensos y compromisos para el logro de los objetivos de la sostenibilidad (Bertoni y López, 2010). Es posible defender la opción de uso y conservación de la naturaleza a largo plazo en un proyecto de reproducción cultural, que compatibilice las preferencias privadas y públicas (Pearce, 1995; Del Angel-Pérez y Villagómez-Cortes, 2011) y los valores de uso actual y sostenible (Costanza *et al.*, 1997). El entender los valores y actitudes ambientales de los actores locales, tiene por objetivo determinar los alcances posibles del desarrollo sostenible y obtener información sobre las transformaciones que se necesita promover en la estructura sociocultural. Las políticas públicas deben considerar el aumento de la competitividad, la mejora del medio ambiente, de la calidad de vida y la diversificación de la economía rural, así como posibilidades innovadoras de gobernanza partiendo de planteamientos locales de desarrollo rural integral, apoyado por un análisis de la opinión de los ciudadanos acerca de las políticas señaladas para que la Administración Pública pueda actuar atendiendo las preferencias sociales (Martínez, 2006; Olvera *et al.*, 2009). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es obtener percepciones sociales de la problemática ambiental y la DAP para definir actividades de conservación del bosque, que proveen servicios ecosistémicos a la subcuenca



de Tecocomulco, Hidalgo, como una manera de conocer el potencial que puedan tener los programas de conservación.

## Materiales y Métodos

Se trabajó en la subcuenca de Tecocomulco (Fig. 1), en los municipios de Almoloya, Apan, Cuautepec, Singuilucan y Tepeapulco en el estado de Hidalgo, y Chignahuapan en el estado de Puebla donde se aplicaron 266 encuestas. La subcuenca cuenta con 105,521 habitantes (PRONATURA, 2014).



**Figura 1. Localización de la zona de trabajo, municipios de Tepeapulco, Apan y Almoloya, Hidalgo. Fuente CONAPO, 2014.**

El uso del suelo muestra que es predominantemente agrícola, siguiendo en orden de importancia la superficie con vegetación secundaria y el bosque y la vegetación secundaria comprenden menos del 6% de la superficie total (INEGI, 2010).



La zona presenta climas semisecos y subhúmedos con temperaturas medias anuales de 12 a 18°C y precipitaciones que van de 600 a 1, 200 mm. Se caracteriza por presentar un marcado desarrollo industrial, textil, de alimentos, automotriz, e industria minera y de servicios, resultante del constante flujo comercial con la Ciudad de México y por el surgimiento de polos industriales como Ciudad Sahagún, (SEMARNAT, 2014).

La metodología se basó en la aplicación del método de valoración contingente (MVC), usando como instrumento un cuestionario que solicita a los encuestados revelar su disponibilidad a pagar (DAP) por mejorar su calidad de vida en función de un mejoramiento y conservación del bosque para mejorar de la calidad de los servicios ambientales de la zona. Esta aproximación busca el cálculo de la DAP y también obtener las percepciones sociales sobre distintas alternativas en la definición y aplicación de distintos instrumentos y estrategias correctoras para preservar los bosques, además de información sobre el grado de conocimiento de la población sobre la situación ambiental de la zona (Solomon and Johnson, 2009; Hanemann *et al.*, 2011). Por ello, el trabajo se fundamentó en el análisis de preferencias sociales multicriterio (Mesa *et al.*, 2008) para dos escenarios de cambio posibles en la zona (Desarrollo económico y Conservación), como un mecanismo de participación pública, y al mismo tiempo pretende legitimar acciones orientadas a resolver una situación.

El cuestionario incluyó la valoración por parte de los entrevistados del uso del suelo. En este punto, el análisis se basó en dos instrumentos, el primero conocido como proceso analítico jerárquico, el cual consiste en la cuantificación de opiniones cualitativas que permiten generar medidas de valor relativo de los escenarios de cambio propuestos; cada escenario se consideró como un criterio, y este a su vez se construyó incluyendo seis subcriterios, donde cada uno de ellos es un paisaje que existe en la región (fauna silvestre, bosque, cuerpos de agua, agricultura de subsistencia, agricultura intensiva, ganadería, plantaciones forestales, pueblo, ciudad, ranchería, turismo, industria). Así mismo se utilizó un referéndum (Farber *et al.*, 2002) como herramienta útil para obtener percepciones de valor de los paisajes de la zona en estudio.

Cada paisaje fue calificado utilizando una escala Likert, que transforma los juicios semánticos en valores numéricos, en escala 1 - 5, donde 1 es “muy malo” y 5 es “excelente”. Las valoraciones de los entrevistados de las condiciones del paisaje, implica la incorporación de unidades de significado, que se traducen en actitudes u opiniones, por ello, el valor percibido



es el factor al cual el cerebro humano adjudica significancia, ya sea económica, social, estética o ética. La valoración de los paisajes fue mediante una serie de fotografías. Las respuestas ofrecieron escalas de preferencias. Se obtuvieron también las preferencias de la importancia para mantener o mejorar el bienestar, a través de la disposición a pagar (DAP) (Costanza *et al.*, 1997), este caso implicó considerar la importancia de la vegetación como valor de existencia (Turpie, 2003). Por esto, se cuantificaron las preferencias expresadas y los cambios en el bienestar (Clark *et al.*, 2002), a expresiones de valor por parte de los entrevistados, marcando aumentos o disminuciones específicas percibidas en la calidad del ambiente, proporcionados por diferentes formas de cubiertas del suelo en cada municipio.

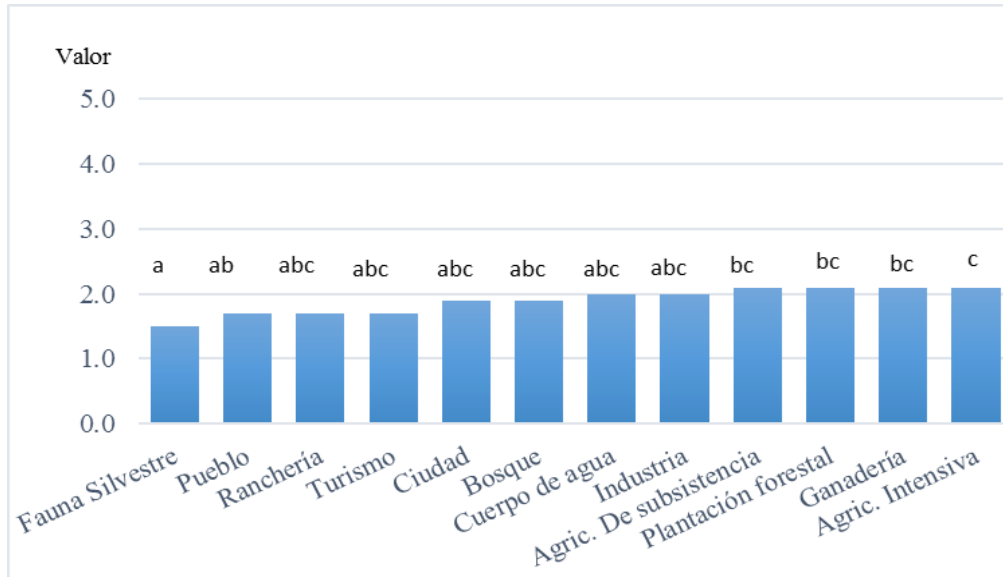
La asignación de valores a los paisajes de la zona, permitió dilucidar las orientaciones que rigen las actitudes de la población en torno a dos importantes problemáticas (conservación y desarrollo). Esto promueve la legitimación por parte de la sociedad del costo social de las políticas preventivas, y los costos de los cambios de conducta que puedan ser asumidos por el estado o por los responsables.

Los resultados se analizaron con estadística descriptiva, incluyendo un análisis de correspondencias múltiples para variables cualitativas (*edad, sexo, escolaridad, Ingresos*), utilizando como base el salario mínimo de CONASAMI, 2015. Las preferencias expresadas fueron comparadas mediante el test de Kruskal-Wallis y la DAP con la prueba bilateral de McNemar, usando el programa estadístico XLStat 2015.

## **Resultados y Discusión**

### **Preferencias sociales de paisajes (Desarrollo económico y conservación)**

El desarrollo económico y la conservación son escenarios alternativos, teóricamente opuestos, y analizados para buscar su importancia a escala local. Para efectos de *Desarrollo Económico*, la Figura 2 muestra la selección que los entrevistados hicieron de los paisajes de la zona de trabajo. Por otra parte, aunque las medias obtenidas por los paisajes observan valores cercanos, estadísticamente mostraron diferencias y la formación de cinco grupos.



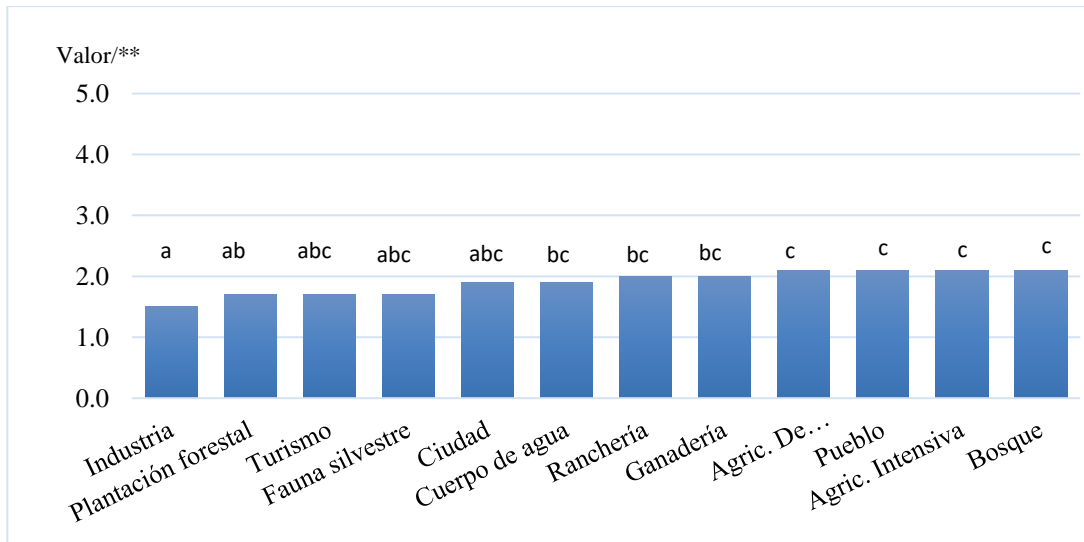
**Figura 2. Preferencias expresadas por los entrevistados, respecto la importancia de paisajes con fines de Desarrollo Económico. \*Kruskal-Wallis, ( $P < 0.0001$ ,  $\alpha = 0.05$ ). \*\*Valor de 1, “muy malo” y 5 “excelente”, de acuerdo al proceso metodológico diseñado.**

La agricultura intensiva fue estadísticamente diferente al resto de los paisajes, y es el paisaje de mayor importancia para el *desarrollo económico* de acuerdo a los entrevistados. Ganadería, Plantaciones Forestales, Agricultura de Subsistencia e Industria, similares estadísticamente, representaron un segundo grupo en función de su potencial para el desarrollo económico. Los cuerpos de agua y el Bosque fueron agrupados estadísticamente con Ciudad, Turismo y Rancherías, aunque difieren en valor promedio. Los paisajes naturales como los cuerpos de agua y el bosque, así como la fauna silvestre no son considerados importantes. Agricultura Intensiva recibió la mejor calificación y Fauna Silvestre la más baja, ello señala una oposición fuerte entre ambos paisajes. Observando las calificaciones promedio y al estar muy por abajo del máximo esperado, parece indicar que los entrevistados no observan un gran potencial en los paisajes de la región para desarrollarla económicamente.

En el caso de la importancia de los mismos paisajes para fines de *Conservación*, también se encontraron calificaciones promedio muy por debajo de la puntuación esperada (Figura 3). Estadísticamente se observó la formación de cinco grupos, destacando el Bosque, con el mayor valor promedio, pero estadísticamente similar y agrupado con Agricultura intensiva, Pueblo y Agricultura de subsistencia, estos paisajes fueron los mejor calificados.



Los datos anteriores solo refrendan las respuestas que los entrevistados dieron cuando se inquirió sobre el estado general del ambiente en el cual viven, donde el 88% respondieron que existen muchos problemas en la calidad ambiental de la región y solamente el 8% señaló que todo está bien, el resto 4% dijo que no sabe.



**Figura 3. Preferencias expresadas por los entrevistados, respecto la importancia de paisajes con fines de conservación. \*Kruskal-Wallis, ( $P < 0.0001$ ,  $\alpha = 0.05$ ). \*\*Valor correspondiente a 1, “muy malo” y 5 “excelente”, de acuerdo al proceso metodológico diseñado.**

Finalmente se puede decir que los dos criterios analizados (desarrollo económico y conservación) obtuvieron valores promedio totales similares (1.9) con valoración “malo”, sin embargo, es precisamente esta calificación lo que deberá impulsar actividades en torno a la conservación, así como al desarrollo económico. Es indudable que el crecimiento económico y el desarrollo son prioritarios para superar los problemas de pobreza y calidad de vida de la población, por lo que es necesario superar el conflicto entre el desarrollo y el cuidado del ambiente, conciliando ambos conceptos, entendiendo que, así como el uso de la naturaleza es un fenómeno inevitable y necesario del progreso, también es necesario su manejo más racional para minimizar los daños ecológicos, es así como la protección ambiental debe estar completamente integrada al proceso de desarrollo y facilitar el mismo, y no ser una traba o un factor para su entorpecimiento (Estenssoro y Deves, 2014).



## Situación del ambiente

Los cuestionarios arrojaron nueve tipos de beneficios que los entrevistados señalaron recibir del bosque, como importantes para su bienestar (Cuadro 2). Los más interiorizados son al aire, el agua y la producción de madera.

**Cuadro 2. Bienes y servicios del bosque y porcentaje que los asocia a la calidad de vida. Coeficientes de correlación con el bienestar<sup>1</sup>, así como el bienestar actual proporcionado.**

Beneficios del bosque	Porcentaje (%)	Asociación al bienestar ( <i>r</i> Spearman) <sup>3</sup>	Valor de bienestar actual percibido <sup>4</sup>
<i>Aire</i>	72.0	0.7821***	1.6
<i>Agua</i>	66.7	0.5736***	1.2
Producción de madera	44.0	0.3928**	0.7
Suelos agrícolas	31.1	0.3984**	0.6
Recolección <sup>2</sup>	31.5	0.3487**	0.5
Paisaje	17.0	0.1264 <sup>ns</sup>	0.5
Trabajo	8.0	0.1193 <sup>ns</sup>	1.6
Pastoreo estacional	8.0	0.0781 <sup>ns</sup>	0.7
Fauna Silvestre	4.5	0.0362 <sup>ns</sup>	1.2

<sup>1</sup> Porcentajes obtenidos; <sup>2</sup> Plantas medicinales, frutos, raíces y hongos; <sup>3</sup> *r* de Spearman 0.05, \* *p*<.05, \*\* *p*<.01, \*\*\* *p*<0.001, *ns* no significativo; <sup>4</sup> Escala de valor: 1=malo, 2=regular, 3=bueno.

Solamente cinco de los beneficios señalados, son asociados al bienestar, de acuerdo a los coeficientes de correlación obtenidos (agua, aire, producción de madera, suelos agrícolas y recolección). Sin embargo, el *aire* en las condiciones actuales, proporciona un bienestar de regular a malo, mientras que, con *agua*, es malo. La asociación entre bienestar, *producción de madera*, *suelos agrícolas* y *recolección* fueron bajas y el valor percibido por su actual impacto en el bienestar, es malo. La recolección en el bosque es importante constituyendo un porcentaje no elevado pero relevante, los principales productos de recolección son leña, plantas medicinales, alimenticias, aromáticas, forrajes y hongos. Los indicadores de bienestar determinados por *aire*, *trabajo*, *agua*, y *fauna silvestre*, obtuvieron los valores más altos, pero los dos primeros apenas rozan el valor de mediana calidad, el resto fueron valorados como malos, por lo anterior, la capacidad del ecosistema para proveer bienestar es reducida (Cuadro 2).



### Escenario de gestión ambiental en bosques en la muestra

Considerando un escenario hipotético de pago por conservación, se preguntó a los entrevistados sobre la voluntad a pagar para mantener y promover la cobertura forestal del bosque en favor de la recarga de agua (DAP). La voluntad de pago fue de 65.5%, y tratando de determinar las variables que pueden proporcionar mayor información o favorecerla, se consideraron once (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Escenario de pago para conservación del bosque. Coeficientes de correlación con variables socioeconómicas y perceptivas.**

VARIABLES	Promedio/Porcentaje	$r^1$
Edad promedio	43.4 años <sup>2</sup>	-0.0671 <sup>ns</sup>
Escolaridad promedio	10.1 años cursados <sup>2</sup>	-0.1431 <sup>*</sup>
Ingresos promedio mensuales	271 USD\$ <sup>2</sup>	-0.0348 <sup>ns</sup>
Tamaño de Familia promedio	4.0 miembros <sup>2</sup>	0.1116 <sup>ns</sup>
Es jefe de familia	61.9 %	0.0117 <sup>ns</sup>
Tiene empleo	61.7 %	-0.0966 <sup>ns</sup>
Conoce normas ambientales	59.0 %	0.1502 <sup>**</sup>
Obtiene del bosque madera, leña, hongos, etc.	85.7 %	0.2256 <sup>**</sup>
Mis acciones impactan al bosque	64.8 %	0.1086
<b>Desconfianza en el gobierno</b>	<b>59.0 %</b>	<b>-0.8566<sup>***</sup></b>
Ambiente deteriorado	88.3 %	0.1919 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>  $r$  de Spearman, 0.05, <sup>2</sup> Promedios, \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , *ns* no significativo.

La mayor parte de variables no manifestaron asociación con la voluntad de pago, por lo que en este caso no son predictores de una actitud pro ambiental; los resultados son similares al estudio de García *et al.* (2013), quienes, al analizar el papel de factores sociodemográficos en la disposición para la conservación del agua en la Costa Mediterránea, no encontraron asociaciones. Solamente la variable *desconfianza en el gobierno* obtuvo la correlación más fuerte, negativa y altamente significativa, e indica una actitud de ausencia de voluntad de pago influida por la desconfianza en las acciones del gobierno, ya que los entrevistados tienen una percepción negativa en la gestión y administración del actual gobierno, mostrando un sentimiento de vulneración que puede determinar el éxito de las acciones de conservación regionales.



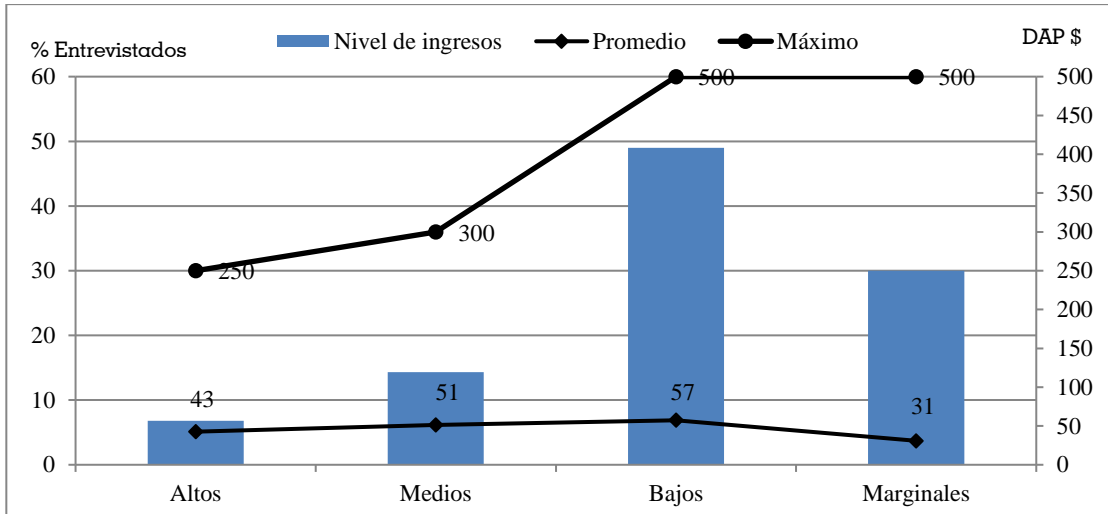


El 85.7% de los entrevistados dijeron recibir beneficios del bosque, principalmente por la recolección, pero al no ser dueños del bosque, no hay una seguridad en la continuidad de esta actividad. Sobresale que la centralización de la administración de los fondos para conservación por parte del gobierno federal, beneficia a los dueños de los bosques y a grandes usuarios del agua y madera, sin embargo, se pone en tela de juicio el uso de los recursos, lo cual señalan, socava cualquier beneficio a la sociedad y a los bosques. Osborne (2015) y Winkel (2014) consideran que la asignación de valores financieros a los servicios ecosistémicos, implica el ocultamiento de valores sociales y culturales que pueden tener un papel relevante en la aceptación de los programas de conservación ambiental. En Indonesia cuando los programas de certificación forestal integraron beneficios para las comunidades locales se mejoró el desempeño regional y los indicadores ambientales de las concesiones forestales certificadas y no certificadas (Miteva *et al.*, 2015).

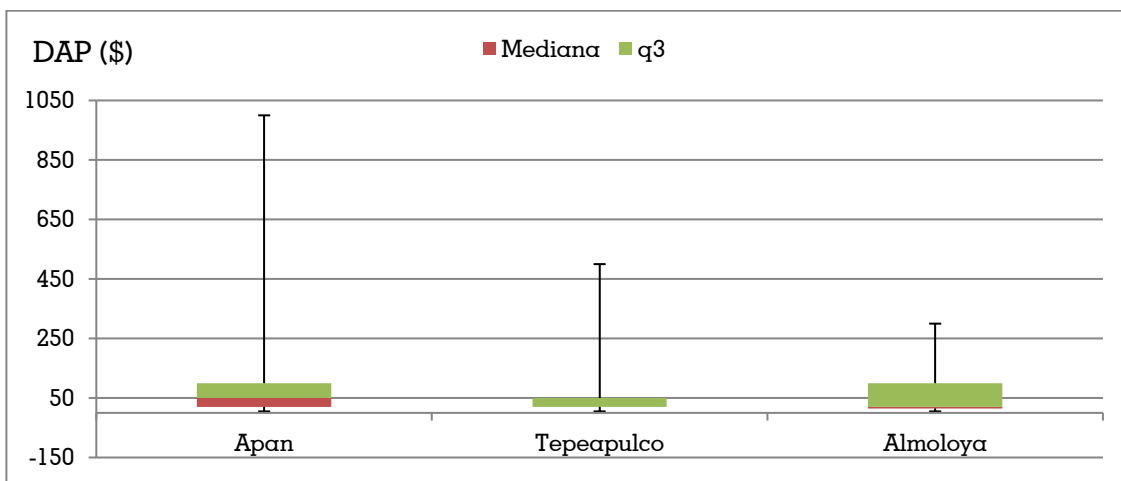
### **Disposición a pagar**

La DAP muestra la *aceptación* de un escenario de mejora del bosque mediante la atribución de un *valor* monetario destinado a realizar ese cambio. La DAP es un camino para reducir el impacto antropocéntrico, pues representa una plataforma de voluntades para la construcción de políticas ambientales (Cerdea *et al.*, 2010; Cerdea *et al.*, 2013; Calatrava-Leyva y Sayadi, 2005) que pone de manifiesto la racionalidad social y económica en la valoración de un bien o servicio ambiental (Sueiras y Paz, 2007). La Figura 4, muestra los valores promedio que de la DAP para la conservación del bosque. Destaca el hecho de que personas con niveles de ingreso bajos observan DAP promedio más alta que aquellos con ingresos más altos.

Aunque el 65% de la muestra de entrevistados observaron una DAP positiva (\$72.37 en promedio), el resto manifestó disposición negativa. La Figura 5, muestra por municipio estudiado, la DAP positiva, en valores económicos, en el entendido de un escenario factible para realizar actividades de conservación.



**Figura 4. Ingresos señalados por los entrevistados en la muestra analizada, así como DAP en promedio y límite superior.**



**Figura 5. Dispersión de la disposición a pagar por municipio.**

La Figura 5 señala una comparación entre municipios, observándose que existen rangos mínimos similares en los tres municipios, pero una mayor dispersión en los valores más altos para el municipio de Apan, y mayor concentración en Almoloya.

Aunque los cuestionarios arrojaron una DAP alta, cuatro escenarios involucran la obtención o no de beneficios de los bosques. Dos de ellos incluye a las personas que dijeron que el bosque proporciona diversos beneficios y manifestaron una DAP positiva, y lo contrario, aquellos que, aunque también consideran obtener beneficios del bosque, manifestaron una DAP negativa.



Los otros dos grupos se componen por los que señalaron que el bosque no proporciona beneficios, pero arrojaron una DAP positiva, y aquellos que dijeron no recibir algún beneficio del bosque y observaron DAP negativa (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Beneficios del Bosque y disposición a pagar (DAP). Combinaciones de respuestas apareadas.**

Beneficios del Bosque/DAP <sup>1</sup>	Si	No	Total
Si	126 (74%)	45 (26%)	171 (64%)
No	47 (49%)	48 (51%)	95 (36%)
	173 (65%)	93 (35%)	266 (100%)

<sup>1</sup>McNemar (prueba bilateral), (P= 0.917), 0.05%

Los resultados señalan que es posible que la disposición a pagar (DAP) pudiese estar solo influida por los beneficios que las personas observan en los bosques, sin embargo, el estadístico McNemar (prueba bilateral) no arrojó diferencia estadística significativa entre ambas situaciones, a pesar de que la DAP positiva para conservar el bosque y mantener sus funciones ecosistémicas es alta.

**Cuadro 5. Actitud Proactiva y disposición a pagar (DAP). Combinaciones de respuestas apareadas.**

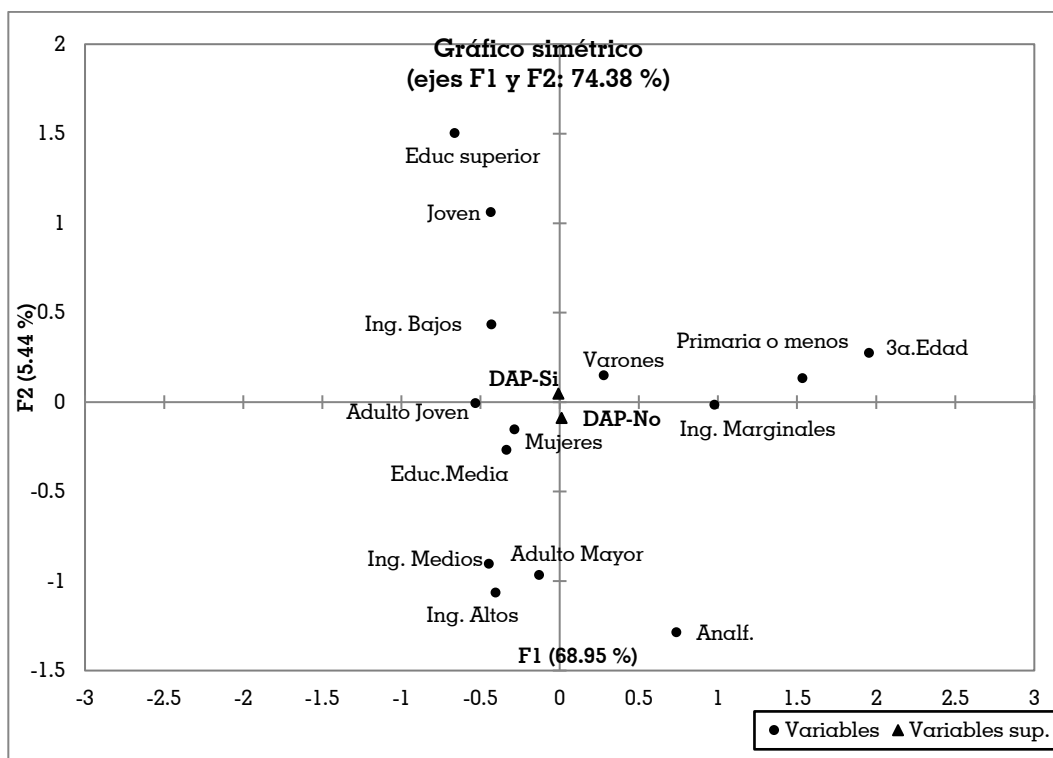
Actitud Proactiva/DAP	Si	No	Total
Si	123 (46.2%)	62 (23.3%)	185 (69.5%)
No	48 (18%)	33 (12.4%)	81 (30.5%)
Total	171 (64.3%)	95 (35.7%)	266 (100%)

<sup>1</sup>McNemar (prueba bilateral), (P= 0.215), 0.05%

El 69.5% de los entrevistados manifestaron una actitud en favor de las actividades de conservación del bosque, sin embargo, dicha actitud combinada con la DAP permitió distinguir cuatro actitudes diferentes. Así la actitud proactiva positiva con disposición a pagar positiva (DAP), arrojó un mayor porcentaje que las actitudes proactivas con disposición negativa a pagar (DAP). Esto indica que, aunque el total de entrevistados con actitud favorable a la conservación es mayor, no todos están dispuestos a apoyar económicamente la conservación. Por otra parte, los datos mostraron un menor porcentaje de personas con actitudes no



proactivas, dividiéndolas en aquellas con disposición positiva a pagar (DAP) y aquellas con el mismo tipo de conducta, pero con disposición negativa a pagar (DAP) por actividades de conservación (Cuadro 5). Estadísticamente hubo diferencia significativa entre ambos grupos. De la misma manera, al analizar la influencia de las variables (independientes) Edad, Sexo, Escolaridad e Ingreso y el peso de estas sobre la DAP positiva y negativa, la Figura 6, muestra explicando el 74.38% de la variación de las respuestas, que la DAP positiva y negativa se localizan en planos opuestos de la dimensión espacial de la figura, pero con distancias muy cercanas.



**Figura 6. Posición de la DAP y peso de variables ingreso, educación, edad y sexo en la decisión positiva o negativa de la muestra analizada.**

La DAP negativa fue influida por variables como pertenecer al grupo etario de 3ª. Edad, tener primaria o menos y ser varón. De la misma forma el analfabetismo e ingresos marginales, caracterizan a personas con DAP por actividades de conservación. En el caso de la DAP positiva, esta se ve influida por niveles de educación superior, y las edades más bajas (jóvenes), así como niveles de ingreso bajo, pero sin llegar a marginales.



La variable de género “varón” está relacionada a una DAP negativa, diferente a estudios que señalan que esta variable define DAP positiva en otras regiones de México (Del Ángel *et al.*, 2012; Del Ángel *et al.*, 2006). Hubo una mayor cantidad de varones con DAP negativa. Del total de varones con DAP negativa, el 70% dijeron que no están de acuerdo en pagar, porque el gobierno desvía los recursos, se pierden en el camino y no llegan a su destino, el 19% señaló que ya pagan impuestos, el gobierno deberá tomar de ellos para las actividades de conservación, el resto indicó que los dueños de bosques cuentan con estímulos del PSA y reciben suficientes recursos gubernamentales suficiente para actividades de conservación.

Las preferencias sociales de los entrevistados para administrar los recursos económicos bajo un escenario de PSA, pago por servicios ambientales, destaca que la administración deberá llevarse a cabo por organismos o figuras no gubernamentales (59%), mientras que los instrumentos de pago en su mayor parte deberán ingresar en cuentas de las mismas organizaciones (39%) para que lleguen a la población objetivo y cumpla su meta, haciendo alusión a transparencia y rendimiento de cuentas, es decir “el dinero solo se entrega pero no sabemos si cumplen o no...”. Ante esto se debe resaltar de las ONG que surgieron de la mano de los nuevos movimientos sociales, buscando suplir la incapacidad de los actores y acciones políticas tradicionales para responder a los nuevos problemas públicos (Ulianova y Estenssoro, 2012), y en Chile las ONG funcionaron como espacios de resistencia y oposición política, pero también constituyeron un apoyo a la lucha contra la pauperización, por lo que representaron una suerte de refugio y espacio alternativo al mundo oficial. Los datos permiten observar que la actitud de los entrevistados ante la existencia de la política ambiental actual es de rechazo y desconfianza al sector gubernamental, por lo que nuevas políticas o programas de conservación en la región deberán considerar la inclusión de la sociedad, mediante figuras de orden horizontal, surgidas de forma voluntaria, o bien fomentar la inclusión participativa. La población (11%) conoce los programas de PSA que se aplican en la zona, pero manifiestan que los beneficiarios reciben recursos y continúan disminuyendo las funciones ecosistémicas de los bosques, y los recursos invertidos no se reflejan en el bosque.

Ante esta consideración social, la protección ambiental debe estar integrada al proceso de desarrollo facilitando el mismo, pero incluyendo nuevas figuras asociativas en la administración y gestión ambiental, señalando por tanto la importancia de una descentralización administrativa con nuevas políticas públicas y figuras que faciliten esta integración, con políticas sociales y



educativas como formas de acompañamiento de la gestión ambiental. Las formas de uso y gestión de los espacio regionales o nacionales, desde la perspectiva ambiental y ante la geopolítica de globalización, se han transformado en un problema geográfico-político y estratégico no solamente local, sino cuyo impacto es muy amplio, sobre todo porque los ecosistemas de bosque son uno de los más importantes para la “salud ambiental” ante las amenazas del cambio climático y vulnerabilidad de las poblaciones humanas (Estenssoro, 2010).

## **Conclusiones**

Las percepciones de los entrevistados respecto al potencial para el desarrollo económico y/o conservación de los paisajes que componen la zona de trabajo, sintetizan un panorama de bajo potencial de los recursos naturales actuales. Destaca una valoración muy baja para paisajes importantes para el desarrollo económico o para incrementar la calidad de los servicios ambientales. Es marcada una desconfianza por el manejo de recursos financieros de los programas gubernamentales de conservación como el Pago por Servicios ambientales. Resalta una demanda para inclusión de otros organismos de tipo no gubernamental en los esquemas de políticas de conservación, con fines de que llegue a destinatarios y se cumplan las metas comprometidas. De la misma forma la DAP es influida por la baja credibilidad ante las políticas gubernamentales.

Prevalece una actitud crítica hacia las acciones gubernamentales, Los resultados muestran ventanas de oportunidad para la inclusión y apertura de programas educativos a los problemas ambientales y de conservación a diferentes niveles, pero sobre todo la inclusión de las demandas sociales en estas actividades, dentro de ellas la incorporación de otras figuras de tipo civil.

El potencial de cualquier programa de conservación en la zona y el pago por servicios ambientales, puede promoverse con mayor transparencia a través de la incorporación de figuras organizativas surgidas de forma horizontal y de la sociedad misma.



## Literatura Citada

- Calatrava-Leyva, J. y S. Sayadi. 2005. Economic valuation of water and willingness to pay analysis with respect to tropical fruit production in southeastern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1):25-33.
- Benez, M.C., E. F. Kauffer M. y G. del C. Álvarez G. 2010. Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera Norte* 22 (43):129-158.
- Bertoni, M. y M.J. López. 2010. Percepciones sociales ambientales. Valores y actitudes hacia la conservación de la Reserva de Biosfera Parque Atlántico Mar Chiquita, Argentina. *Estudios y perspectivas en Turismo* 19 (5):835-849.
- Bustos V., A.L., R. Padilla V., V. Pernudi CH., I. Sandoval C. y N. Solórzano A. 2005. Percepción de la ciudadanía costarricense sobre el ambiente. Instituto de Estudios Sociales en Población, Universidad de Costa Rica. OP'S, 16 p. <http://hdl.handle.net/11056/7316> [consultado el 10 de noviembre de 2014].
- Cerda, A., L. García, A. Bahamondez y V. Poblete. 2010. Disposición a pagar para mejorar la calidad del aire en Talca, Chile: comparación entre usuarios y no usuarios de chimeneas a leña. *Lecturas de Economía* 72:195-212. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-25962010000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-25962010000100008&script=sci_arttext) [consultado el 12 de octubre de 2014].
- Cerda A., A., L. Y. García, F. I. Gaete y H. T. Pizarro. 2013. Disposición a pagar por vacunas contra el virus papiloma humano en la Región Metropolitana de Santiago de Chile. *Revista Médica de Chile* 141 (2): 167-172. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872013000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872013000200004&script=sci_arttext) [consultado el 11 de septiembre de 2014].
- Clark J., J. Burgess and C.M. Harrison. 2002. I struggled with this money business: respondents' perspectives on contingent valuation. *Ecological Economics* 33 (1): 45-62.
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI). 2014. Salarios mínimos vigentes a partir del 1° de enero de 2014. Secretaria del Trabajo y Previsión Social. [http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla\\_salarios\\_minimos/2014/01\\_01\\_2014.pdf](http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2014/01_01_2014.pdf) [consultado el 25 de septiembre de 2014].
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2014. Servicios Ambientales. <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/servicios-ambientales/> [consultado el 3 de noviembre de 2014].



- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2014. Mapa B.13.9. Hidalgo. [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices\\_margina/mf2010/AnexosMapas/Mapas/Entidadesfederativas/MapasB13Hidalgo/Mapa%20B139Hidalgo.Region%20Altiplano.jpg](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/mf2010/AnexosMapas/Mapas/Entidadesfederativas/MapasB13Hidalgo/Mapa%20B139Hidalgo.Region%20Altiplano.jpg) [consultado el 10 de noviembre de 2014].
- Costanza R., R. d'Arge R., R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, M. Bannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton, and M. Van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Del Ángel P., A. L., J.A. Villagómez C. y G. Díaz P. 2012. Valoración Socioeconómica del pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en Veracruz (Coatepec y San Andrés Tuxtla). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(6)95-111.
- Del Ángel-P., A. L., and J. A. Villagómez-C. 2011. Public demands, environmental perceptions, and natural resource management in Mexico's tropical lowlands. *African Journal of Business Management* 5 (6): 2083-2092.
- Del Ángel P., A. L., J.A. Villagómez-C., M. A. Mendoza B. y A. Rebolledo M. 2006. Valoración de recursos naturales y ganadería en la zona centro de Veracruz, México. *Madera y Bosques* 12(2), 29-48.
- Durand, L. 2008. De las percepciones a las perspectivas ambientales: una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales XXI* (68):75-87.
- Estenssoro, F., and E. Deves. 2014. Debate global histórico ambiental: As primeiras contribuições latino-americanas para a origem do conceito de Meio Ambiente e Desenvolvimento (1970-1980). *Estudos Ibero-Americanos* 39(2): 237-261.
- Estenssoro S., F. (2010). Crisis ambiental y cambio climático en la política global: un tema crecientemente complejo para américa latina. *Universum (Talca)* 25(2): 57-77.
- Farber S.C., R. Costanza y M. A. Wilson. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem Services. *Ecological Economics* 41 (3): 375–392.
- Hanemann, M., X. Labandeira, and M. Loureiro. 2011. Preferencias sociales sobre políticas de cambio climático: Evidencia para España. *Economics for Energy, Secretaría de Estado de Cambio Climático, FEDEA, WP, vol.3, 43 p* [http://www.crisis09.es/cambio\\_climatico/FEDEADT2\\_web.pdf](http://www.crisis09.es/cambio_climatico/FEDEADT2_web.pdf) [consultado el 10 de noviembre de 2014].





- Herzig, M. 2007. Organización y capital social como factores de conservación y uso sustentable de ecosistemas acuáticos y humedales En: Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez- Huitzil y L. Zambrano (eds.). SEMARNAT, INE, USFWS, UPCAC, Escuela de Biología de la UMSNH. México. 229-241 pp. <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/533.pdf> [consultado el 28 de septiembre de 2014].
- INEGI. 2010. Uso del suelo y vegetación. Su México en Cifras. Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Movil/MexicoCifras/mexicoCifras.aspx?em=13007&i=ei> [consultado el 23 de octubre de 2014]
- Leff, E. 2004. Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI Editores, México, 1ª. Ed., 509 p.
- Martínez A., F. 2006. El desarrollo rural en el contexto de la Unión Europea. Norba, Revista de Geografía XI: 11-20.
- Mesa P., J. Martin-O. y J. Berbel. 2008. Análisis multicriterio de preferencias sociales en gestión hídrica bajo la Directiva Marco del Agua. Economía Agraria y Recursos Naturales 8 (2):105-126.
- Olvera, J., Adolfo Cazorla, y B. Ramírez-Valverde. 2009. La política de desarrollo rural europea y la iniciativa LEADER, una experiencia de éxito. Región y Sociedad 21 (46):3-25.
- Pearce, F. 1995. Global row over value of human life. New Scientist, 147(1991):7.
- PRONATURA A.C. 2014. Iniciativas / Acciones forestales / Subcuenca Laguna de Tecocomulco. [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.pronatura.org.mx%2Factividades%2Finiciativas%2Fsubcuenca\\_laguna\\_de\\_tecocomulco.php&ei=EedfVOMJD86cyASq0IDwBg&usg=AFQjCNFt\\_gTp3cw\\_GpTuviOLxGQeINJ\\_tA&sig2=MD9w0nC0FBEOegRgfhSwLg](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.pronatura.org.mx%2Factividades%2Finiciativas%2Fsubcuenca_laguna_de_tecocomulco.php&ei=EedfVOMJD86cyASq0IDwBg&usg=AFQjCNFt_gTp3cw_GpTuviOLxGQeINJ_tA&sig2=MD9w0nC0FBEOegRgfhSwLg) [consultado el 2 de octubre de 2014].
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2014. El estado de Hidalgo. [http://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=26](http://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=26) [consultado el 2 de octubre de 2014].
- Solomon, B. D. and N.H. Johnson. 2009. Valuing Climate Protection through Willingness to pay for Biomass Ethanol. Ecological Economics 68 (7): 2137- 2144.
- Sueiras, J. C. y M.M. Paz, J. 2007. Productividad, disposición al pago y eficiencia técnica en el uso del agua: la horticultura intensiva de la Región de Murcia. Economía Agraria y Recursos Naturales 7 (14): 109-125.



- Tabilo-Valdivieso, E. 2003. El Beneficio de los Humedales en la Región Neotropical. Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales, La Serena, Chile, 73 p. [http://www.centroneotropical.org/recsos/benef\\_hum\\_neotrop.pdf](http://www.centroneotropical.org/recsos/benef_hum_neotrop.pdf) [consultado el 16 de agosto de 2014].
- Turpie, K. J. 2003. The existence value of biodiversity in south Africa: how interest, experience, knowledge, income and perceived level of threat influence local willingness to pay. *Ecological Economics* 46 (2): 199-216.
- Ulianova O., y F. Estenssoro. 2012. El ambientalismo chileno: la emergencia y la inserción internacional. *Si Somos Americanos. Revista de Estudios Transfronterizos* 12 (1):183-214.
- Vásquez A., L. B., P. Chavarría V., S. Carvajal I., S. Espinoza, G. y S. Alfaro N. 2013. Percepción de la población costarricense sobre el ambiente. *Pulso Nacional, Instituto de Estudios en Población*. 22 p. <http://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/7316> [consultado el 10 de septiembre de 2014].
- XLSTAT. 2015. Software estadístico básico. © Addinsoft SARL. Madrid.



## RENTABILIDAD DE MAÍZ EN EL FARO AGROECOLÓGICO GRUPO VICENTE GUERRERO, TLAXCALA

*Alma Velia Ayala Garay<sup>1\*</sup>, Rita Elise Dora Schwentesius Schunemann<sup>2</sup>, Tomás Rivas García<sup>2</sup>,  
Benjamín Hernández Vázquez<sup>2</sup> y Ana Lid Del Ángel Pérez<sup>3</sup>*

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio sobre la rentabilidad de la producción de maíz libre de glifosato en el faro agroecológico “Grupo Vicente Guerrero”, Tlaxcala. La comunidad de Vicente Guerrero se localiza a unos 40 kilómetros de la ciudad de Tlaxcala, al nororiente del estado, en el municipio de Españita. Este grupo se caracteriza por su trayectoria en la agricultura agroecológica y la promoción de tecnologías alternativas. Para el cálculo de la rentabilidad, se aplicó una encuesta a 20 productores pertenecientes al faro. Los productores que fueron encuestados manejan el maíz como policultivo; es decir, asociado con frijol, calabaza y múltiples arvenses; agro ecosistema conocido como milpa. Los costos son diferentes en todos los rubros, pero el mayor es el de otras actividades (50%) que incluye manejo de arvenses, manejo nutricional y manejo de plagas y enfermedades, seguido por el costo en la adquisición de insumos (27%), después es el de la preparación del terreno (13%) y el menor es el de la cosecha (10%). El manejo de la milpa exige mayor cantidad de mano de obra para ejecutar las labores de cultivo, sustituidas en el manejo convencional, por el uso de herbicidas y otros agroquímicos. En el cálculo de la rentabilidad, la relación beneficio/costo B/C fue 1.23 lo que significa que por cada peso invertido se está ganando 23 centavos; por lo que la actividad de cultivar maíz, es rentable para el productor. Aunado al maíz, también se obtiene la producción de frijol y calabaza que se hace en conjunto con el maíz. El establecimiento de faros agroecológicos garantiza un manejo agroecológico del maíz que contribuye en la disminución de los riesgos y daños a la salud de la población.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5 de la carretera los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Correo e: ayala.alma@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> CIIDRI-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México.



**Palabras clave:** producción, costos de producción, relación beneficio-costo

## Introducción

De acuerdo a Gómez *et al.*, (2018), el modelo de agricultura convencional se fundamenta en un sistema de producción dependiente de un alto uso de insumos sintéticos, donde predomina el monocultivo, que se justifica como herramienta fundamental para lograr mayor eficiencia en el proceso productivo. Sin embargo, este sistema de producción ha mostrado serios problemas de sostenibilidad y ha ocasionado el deterioro de los recursos naturales. Un problema grave es el uso de insumos dañinos no solo para el medio ambiente si no para la salud de los seres humanos, como es el caso del glifosato. En México, se ha identificado que el glifosato se usa en el cultivo de distintas especies en el sector agrícola, entre las que destaca su aplicación en el maíz con un 35% del uso total nacional, seguido de la producción citrícola con 14%, aproximadamente (CONACYT, 2020). En México el 31 de diciembre de 2020 se publicó el Decreto Presidencial en el Diario Oficial de la Federación, que establece que se debe de sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación del glifosato y de los agroquímicos que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. En ese sentido, a partir de la entrada en vigor del presente Decreto y hasta el 31 de enero de 2024, se establece un periodo de transición para lograr la sustitución total del glifosato. Asimismo, se instruye a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para que, en el ámbito de sus competencias y a partir de la entrada en vigor de dicho Decreto, se abstengan de adquirir, utilizar, distribuir, promover e importar glifosato o agroquímicos que lo contengan como ingrediente activo, en el marco de programas públicos o de cualquier otra actividad del gobierno. Durante este proceso de transición, las entidades de la administración pública federal deberán mantener una participación creando alianzas estratégicas con centros de investigación y universidades en la búsqueda de acciones que propicien una agricultura sostenible utilizando insumos y/o métodos que sean seguros para la salud humana, animal y del medio ambiente (DOF, 2020).



Ante la búsqueda de alternativas, la Universidad Autónoma Chapingo, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) están desarrollando el proyecto “Alternativas agroecológicas orientadas a la sustitución gradual de herbicidas a base de glifosato”, el cual considera realizar una sistematización de las experiencias de alternativas de faros agroecológicos en el manejo integrado de arvenses en los cultivos de maíz y aguacate, para elaborar propuestas sostenibles que contribuyan a la sustitución gradual del uso de herbicidas a base de glifosato, para mantener la producción y resulten favorables para la salud humana, la diversidad biocultural y el ambiente en México. Un faro agroecológico es un instrumento eficaz de formación y capacitación en agroecología y un aporte en el desarrollo sustentable de las comunidades campesinas (Infante, 2015; Lira, 2015). Como señalan Nicholls-Estrada y Altieri (Un desafío clave radica en la traducción de los principios agroecológicos en estrategias prácticas para la gestión del suelo, el agua y la biodiversidad para mejorar la producción y la resiliencia, de modo que puedan difundirse y expandirse ampliamente, tanto en cantidad de agricultores como a una escala geográfica mayor. Comprender las formas en que los agricultores exitosos usan la biodiversidad y los fundamentos ecológicos que rigen sus sistemas complejos, y luego difundir estos principios vía campesino a campesino, es un camino efectivo para acelerar el desarrollo de agroecosistemas productivos, sostenibles y resilientes. Otra vía es que los agroecólogos y los agricultores combinen los conocimientos tradicionales y modernos para crear nuevos diseños de fincas, bien adaptados a las circunstancias locales, para que sirvan como módulos demostrativos o “faros agroecológicos” de los cuales se irradian los principios y lecciones agroecológicas a comunidades rurales locales, ayudándoles a construir la base de una estrategia productiva que promueva la biodiversidad, eficiencia, sinergia y resiliencia. Por supuesto, todas estas estrategias deben complementarse con políticas conducentes y mercados solidarios entre agricultores y consumidores a fin de dar mayor viabilidad económica al proceso de ampliación de la agroecología.

Como parte de esta investigación se contempla realizar un estudio sobre la rentabilidad de la producción de maíz libre de glifosato en el Faro Agroecológico “Grupo Vicente Guerrero”, Tlaxcala. De acuerdo a Infante (2015) un faro agroecológico es cada uno de los centros donde se comparten conocimientos técnicos y procesos agroecológicos de manera de guiar a los productores locales hacia sistemas sustentables. Todo proyecto que brinda demostración,



formación y capacitación, desde la práctica local puede llamarse faro agroecológico. La propuesta técnica, social y cultural se nutre del trabajo con las comunidades del área donde están establecidas y se implementan prácticas agroecológicas sustentables.

## **Materiales y Métodos**

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó como sitio de estudio el faro agroecológico “Grupo Vicente Guerrero” en Tlaxcala. Este sitio fue elegido porque la producción de maíz es libre de glifosato y otro agrotóxicos.

La comunidad de Vicente Guerrero se localiza a unos 40 kilómetros de la ciudad de Tlaxcala, al nororiente del estado, en el municipio de Españita (Carrillo y Ramírez, 2017). Este grupo se caracteriza por su trayectoria en la agricultura agroecológica y la promoción de tecnologías alternativas.

Para el cálculo de la rentabilidad, se aplicó una encuesta a 20 productores pertenecientes al faro. Esta encuesta, dentro de sus apartados considera la estimación de la rentabilidad en maíz. Para cuantificar la rentabilidad, se determinó la productividad y los costos de producción. Los costos fueron divididos en dos partes; costos directos y costos indirectos. Dentro de los costos directos se incluyeron los costos de los insumos y medios de producción, tales como esquejes, fertilizantes, mano de obra y el costo de oportunidad de la inversión. En los indirectos se incluyeron los gastos generales. Swenson y Haugen (2005) dividieron los costos en directos e indirectos.

Para determinar la rentabilidad se emplearon las siguientes expresiones algebraicas, basados en la teoría económica (Krugman y Wells, 2006; Samuelson y Nordhaus, 2009):  $CT = P_x X$ ;

Donde CT = Costo total,  $P_x$  = Precio del insumo o actividad X y X = Actividad o insumo.

El ingreso total por hectárea se obtiene de multiplicar el rendimiento del cultivo por su precio del mercado. La expresión algebraica es:  $IT = P_y Y$ ;

Donde IT = Ingreso total ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ),  $P_y$  = Precio del mercado del cultivo Y ( $\$ \text{ t}^{-1}$ ); Y = Rendimiento del cultivo ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Finalmente, la rentabilidad se calcula con la siguiente formula: Rentabilidad = IT – CT



## Resultados y Discusión

El faro agroecológico “Grupo Vicente Guerrero” es una organización campesina que impulsa el desarrollo sostenible, con el propósito de consolidar alternativas para hacer frente la pobreza y al deterioro ambiental, para permitir una mejor calidad de vida, principalmente de la población rural. Su objetivo social es promover, capacitar y asesorar a organizaciones campesinas, comunidades, productores e instituciones para lograr un desarrollo ecológicamente sostenible una sociedad autogestiva, más justa, equitativa y que esté en armonía con la naturaleza.

Uno de los principales cultivos que se obtienen en el faro es el maíz- Los productores que fueron encuestados manejan el maíz como policultivo; es decir, asociado con frijol, calabaza y múltiples arvenses, agroecosistema conocido como milpa. El Cuadro 1 se observa la rentabilidad del cultivo de maíz.

**Cuadro 1. Rentabilidad de maíz, precios de 2021.**

Actividad	Maíz
Preparación del terreno (\$) (1)	2,366.7
Otras actividades (\$) (A+B+C) (2)	9,256.7
Manejo de arvenses (\$) (A)	5,406.7
Manejo nutricional (\$) (B)	2,050.0
Manejo de plagas y enfermedades (\$) (C)	1,800.0
Insumos (\$) (3)	4,901.7
Cosecha (\$) (4)	1,930.0
Costo total (\$/ha) (5=1+2+3+4))	18,488.3
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) (6)	3.5
Precio (\$/t) (7)	6,500.0
Ingreso por ha (\$) (8=6*7)	22,750.0
Utilidad por ha (\$) (9 = 8-5))	4,261.7
Costo (\$/t) (10= 5/6)	5,282.4
Utilidad por t (\$/t) (11=7-10)	1,267.6
Relación Beneficio/Costo (12=7/10)	1.23

Fuente: Elaboración propia con información de campo, durante 2021.

Los costos son diferentes en todos los rubros, pero el mayor es el de otras actividades (50%) que incluye manejo de arvenses, manejo nutricional y manejo de plagas y enfermedades,



seguido por el costo en la adquisición de insumos (27%), después es el de la preparación del terreno (13%) y el menor es el de la cosecha (10%). El manejo de la milpa exige mayor cantidad de mano de obra para ejecutar las labores de cultivo, (manejo de arvenses, manejo nutricional y plagas y enfermedades) sustituidas en el manejo convencional, por el uso de herbicidas y otros agroquímicos. Cabe resaltar, que debido a la acelerada migración campo-ciudad, se ha reducido drásticamente la fuerza de trabajo disponible en el medio rural, conflicto al que se enfrentan las comunidades de este tipo.

Sin embargo, se aprovecha el conocimiento que los agricultores han acumulado por de la región investigadores. Cabe resaltar, que dentro del manejo nutricional del maíz se encuentra el uso de composta, bocashi, harina de rocas, abonos verdes y uso de productos minerales. Para la propuesta de prácticas para la sustitución de herbicidas, se retoma el conocimiento campesino en el manejo de arvenses.

En el cálculo de la rentabilidad, la relación beneficio/costo B/C fue 1.23 lo que significa que por cada peso invertido se está ganando 23 centavos; por lo que la actividad de cultivar maíz, es rentable para el productor. Aunado al maíz, también se obtiene la producción de frijol y calabaza que se hace en conjunto con el maíz. Además, se pueden encontrar arvenses comestibles. Las experiencias en el manejo de la milpa resultan exitosas, pues se obtiene una producción libre de agroquímicos y se potencia la producción de otros cultivos como el frijol y la calabaza, lo cual permite reconocer, que las tecnologías agroecológicas, son mejores para las familias, el medio ambiente y favorecen la soberanía alimentaria, de acuerdo a Roland *et al.* (2017) la milpa es un tradicional policultivo Mesoamericano que incluye maíz, calabaza y frijol. Se caracteriza por una sinergia entre estos tres cultivos que favorece su rendimiento en conjunto y genera resiliencia ante perturbaciones externas. Con una producción agroecológica de maíz se revaloriza el trabajo de los productores, quienes elaboran sus propios insumos con recursos de las localidades, se impulsa la producción doméstica de semillas nativas, se reactiva la economía agrícola y rural, se fomenta la cohesión social comunitaria.





## Conclusiones

El establecimiento de faros agroecológicos garantiza un manejo agroecológico del maíz que contribuye en la disminución de los riesgos y daños a la salud de la población, a pesar de que se requiere de mayor cantidad de mano de obra por el manejo del cultivo y de la adquisición o preparación de insumos para su manejo. En el caso del faro agroecológico “Vicente Guerrero, Tlaxcala”, la producción de maíz, resulta una actividad rentable y está dentro de un esquema que permite evitar daños al medio ambiente y favorece la soberanía alimentaria.

## Literatura Citada

- Carrillo, G. y Ramírez, A. 2017. “Agroecología y sustentabilidad. Hacia una economía verde”, Administración y Organizaciones, vol.19(37), 35-54.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2020. Expediente científico sobre el glifosato y los cultivos GM. Disponible en línea: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/comunicacion/ciencia-para-lasociedad/especiales/1289-expediente-cient-glifosato-y-cultivos-gm> Consultado: 05/02/2021.
- DOF. 2020. Decreto presidencial por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. 31/dic/2020. En: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020)
- Gómez Betancur, Lina María, Márquez Girón, Sara María, & Restrepo Betancur, Luis Fernando. 2018. La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el municipio El Carmen de Viboral, Colombia. *Idesia (Arica)*, 36(1), 123-131. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100123>
- Infante, A. 2015. Los faros agroecológicos.: Definición y caracterización a partir de una experiencia de reconstrucción rural en el secano de Chile central. *Agroecología*, 10(1), 73-78.



- Lira, A. I. (2015). Los faros agroecológicos. Definición y caracterización a partir de una experiencia de reconstrucción rural en el secano de Chile central. *Agroecología*, 10(1), 73-78.
- Nicholls-Estrada, C. I. A., & Altieri M. 2018. Caminos para la Amplificación de la Agroecología. *Boletín Científico*, 1, 34 p. [https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Altieri/publication/330467153\\_Caminos\\_para\\_la\\_amplificacion\\_de\\_la\\_Agroecologia/links/5c416c92a6fdccd6b5b59236/Caminos-para-la-amplificacion-de-la-Agroecologia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Altieri/publication/330467153_Caminos_para_la_amplificacion_de_la_Agroecologia/links/5c416c92a6fdccd6b5b59236/Caminos-para-la-amplificacion-de-la-Agroecologia.pdf) [consultado el 20 de agosto de 2021].
- Roland, E., Pozas C.J. G., Soria M, F. y Cruz G. Jesús. 2017. Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149-160. Recuperado en 06 de agosto de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlng=es).



## CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN SAN LUIS ATOLOTITLAN CALTEPEC, PUEBLA

*Alma Velia Ayala Garay<sup>1\*</sup>, Ana Lid Del Ángel Pérez<sup>2</sup> y Arely del Rocio Ireta Paredes<sup>3</sup>*

### Resumen

La pitahaya es un cultivo comercial que se produce en Yucatán, Puebla y Quintana Roo, donde la superficie por productor es muy pequeña, menor a 1 ha. En 2019, cifras oficiales señalan que México cultivó menos de 1,500 ha de pitahaya, aunque también se cultiva en Chiapas, Campeche, Veracruz, Nayarit, Jalisco, Colima y Tamaulipas. El objetivo de este estudio fue caracterizar la producción de pitahaya en San Luis Atolotitlan, Caltepec, Puebla con el fin de diseñar acciones que contribuyan a la mejora de la producción. La información fue obtenida mediante la aplicación de una encuesta durante marzo a junio de 2020, a 20 actores entre productores y comercializadores de la Asociación de Producción Rural de San Luis Atolotitlan, Caltepec. La encuesta consideró aspectos relacionados con el sistema de producción, labores culturales y la comercialización. Se encontró que la pitahaya es un cultivo que requiere labores mínimas de mantenimiento, es un cultivo que se desarrolla en climas desérticos y donde la escasez de agua o lluvia no es abundante. El cultivo es rentable, siempre y cuando encuentre un comprador, por lo general los acopiadores llegan a la localidad, si el productor no recibe la visita del acopiador, es probable que la fruta de ese corte se pierda. Se concluye que es necesario identificar canales de comercialización que permitan una mejor distribución de la producción de cada corte, o identificar algún proceso de transformación para algún nicho de mercado.

**Palabras clave:** costos de producción, tecnología de producción y comercialización

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5 de la carretera los Reyes- Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Autor para correspondencia: ayala.alma@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México.

<sup>3</sup> Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán. Los Llanos km 1 San Andrés Tlayehualancingo, Ahuacatlán. Puebla. C. P. 73330.



## Introducción

La pitahaya es un fruto exótico que se da en condiciones semiáridas, por lo que el clima extremo de la mixteca baja de Puebla es el lugar idóneo para su producción (Instituto Nacional de la Economía Social, 2017). De acuerdo a Morton (1987), la pitahaya [*Hylocereus undatus*], es una planta nativa del sureste de México, Zee *et al.* (2004) y Legaria *et al.* (2005) consideran su origen en México y Centroamérica, *que se distribuye* en el sureste asiático, Europa, Estados Unidos, Israel, como cultivo comercial, y el consumo en esas regiones es más alto que en México y América Latina. Tiene un fuerte potencial económico, ya que su demanda mundial se ha desarrollado de manera comercial en diferentes países bajo diferentes sistemas de producción y para fortalecer diferentes áreas como la industria de los alimentos, la industria farmacológica (Lima *et al.*, 2013), y la demanda para consumo de fruta fresca (Esquivel y Araya, 2012; Rocha *et al.*, 2020)

La producción de pitahaya es una actividad económica redituable en regiones rurales donde las condiciones climáticas y edáficas no son favorables para otros cultivos, debido a la escasez de agua y a las características edáficas de pedregosidad y baja capacidad nutrimental (Montesinos *et al.*, 2015). El género *Hylocereus* tiene un potencial alto como ornamental y cultivo frutícola, puede ser una fuente de compuestos para uso industrial y su cultivo podría crear puestos de trabajo e ingresos al país (Ortiz y Castillo, 2012). La especie *H. undatus* tiene gran importancia económica en México desde la época prehispánica, y sus frutos son muy apreciados por su apariencia y sabor; además son fácilmente comercializados en mercados locales y regionales, pero, aunque su demanda nacional e internacional es latente y creciente, existen aún problemas para poder ingresar a estos canales de comercialización (Esquivel y Araya, 2012; Ortiz, 1999).

La especie *H. undatus*, se cultiva en los estados de Yucatán, Chiapas, Hidalgo, Puebla, Michoacán, donde se pueden encontrar plantaciones de carácter comercial y de exportación, así como también cultivos de traspatio sobre cercados, árboles o sobre cactáceas arbóreas que le sirven de sostén a la planta (Rodríguez, 2002). En México durante 2009-2019 la producción de pitahaya (*Hylocereus undatus*) se realizó en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Puebla, Nayarit, Tabasco, Guerrero, Sinaloa y Nuevo León (SIAP, 2020), aportando en promedio un 95% al total nacional, Quintana Roo y Yucatán. La producción se ha incrementado



de 1,493 t a 9,029 t, esto es una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 22.14%, la superficie cosechada en promedio ha sido de 356 ha para Quintana Roo y 272 ha en Yucatán, lo que ha representado el 94% del total destinado al cultivo. Los rendimientos han sido de 2.4 t ha<sup>-1</sup> en Quintana Roo y de 7.8 t ha<sup>-1</sup> para Yucatán. El estado de Puebla ha figurado con 4.76% en promedio de la producción nacional durante 2009-2019, esto es 174 t, y con rendimientos promedio de 4.1 t ha<sup>-1</sup>

Para Yucatán, Puebla y Quintana Roo, constituye un cultivo comercial, aunque la superficie por productor es muy pequeña, menor a 1 ha (SIAP, 2020). En Puebla se cultiva en los Distritos de Riego de Izúcar de Matamoros con una participación promedio en la producción de 28.2%, Tecamachalco con 21% y 26.2% Tehuacán (SIAP, 2020). El objetivo de este estudio fue caracterizar la producción de pitahaya en San Luis Atolotitlan, Caltepec, Puebla con el fin de diseñar acciones que contribuyan a la mejora de la producción.

## **Materiales y Métodos**

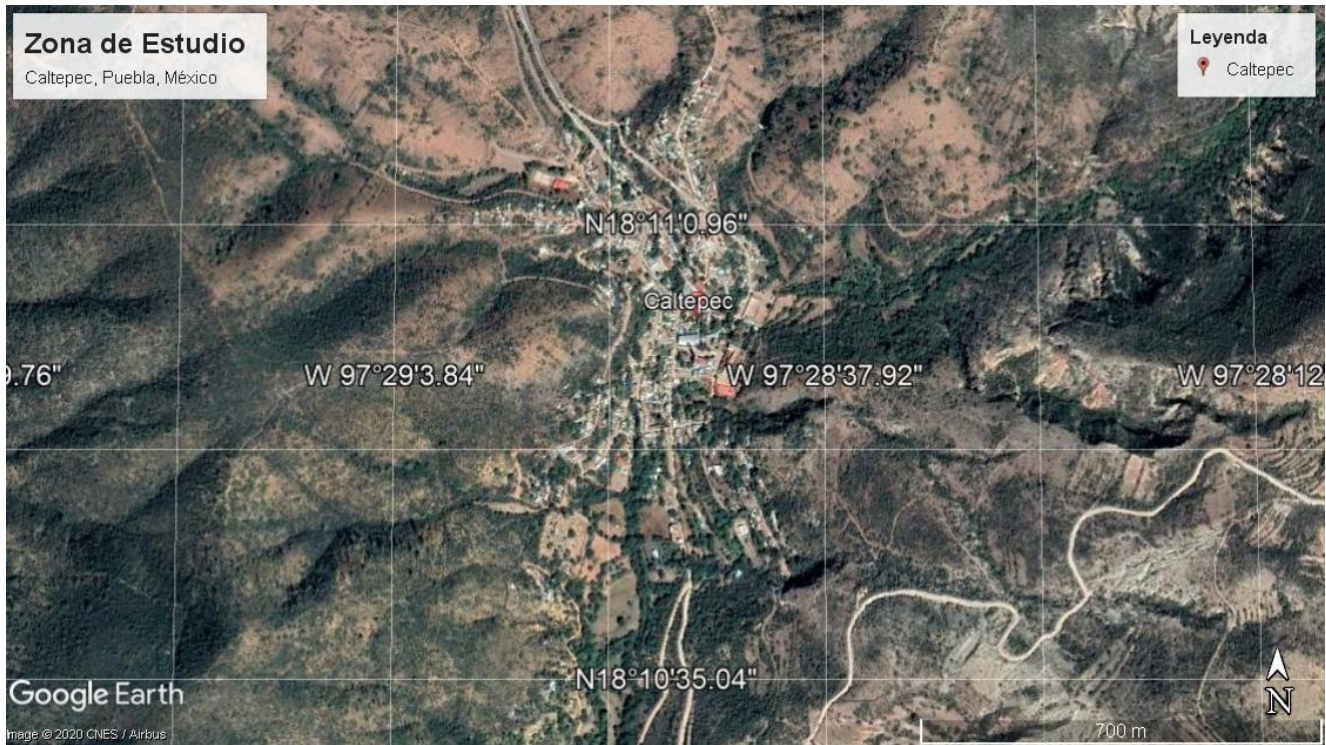
El estudio se realizó en el municipio de Caltepec (Figura 1) en el suroeste de Puebla, cuyas coordenadas geográficas se puede observar en la Figura. Limita al norte con el municipio de Zapotitlán; al este, con el municipio de San José Miahuatlán y al poniente con el municipio de Zapotitlán en el estado de Oaxaca.

La zona de trabajo forma parte de la región económica VII, con cabecera en Tehuacán. Tiene una superficie de 391.74 kilómetros cuadrados que lo ubica en el lugar 11 con respecto a los demás municipios del estado. El municipio cuenta con 5 juntas auxiliares: Acatepec, Acotlototlan, Coatepec, Acatitlan y Tlalocuitepec (INEGI, 2017).

La información de la investigación fue obtenida mediante la aplicación de una encuesta dirigida; la utilización de esta técnica, se justifica cuando no existe suficiente material informativo sobre ciertos aspectos que interesan investigar, o cuando la información no puede conseguirse a través de otras técnicas (Rojas, 2002). Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con el criterio de selección de individuos que tuvieran la disposición de ser encuestados y que pertenecieran a la Asociación de Producción Rural de la comunidad de San Luis Atolotitlan, Caltepec. La encuesta se aplicó de marzo a mayo de 2020, a 20 actores entre



productores y comercializadores de pitahaya. La encuesta contempló aspectos relacionados a los sistemas de producción, mantenimiento del cultivo, labores culturales y comercialización de pitahaya en la región.



**Figura 1. Zona de estudio de Pitahaya, *Hylocereus undatus*. Caltepec, Puebla, México.**

Se realizó el cálculo de la rentabilidad del cultivo de la pitahaya obteniendo los costos de producción promedio en que incurren durante el proceso de producción. Para cuantificar la rentabilidad, se determinó la productividad y los costos de producción. Los costos fueron divididos en dos partes; costos directos y costos indirectos. Dentro de los costos directos se incluyeron los costos de los insumos y medios de producción, tales como esquejes, fertilizantes, mano de obra y el costo de oportunidad de la inversión. En los indirectos se incluyeron los gastos generales.

Swenson y Haugen (2005) dividieron los costos en directos e indirectos. Para determinar la rentabilidad se emplearon las siguientes expresiones algebraicas, basados en la teoría económica (Krugman y Wells, 2006; Samuelson y Nordhaus, 2009):  $CT = P_x X$ ;

Donde CT = Costo total,  $P_x$  = Precio del insumo o actividad X y X = Actividad o insumo.



El ingreso total por hectárea se obtiene de multiplicar el rendimiento del cultivo por su precio del mercado. La expresión algebraica es:  $IT = PyY$ ;

Donde  $IT$  = Ingreso total ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ),  $Py$  = Precio del mercado del cultivo  $Y$  ( $\$ \text{ t}^{-1}$ );  $Y$  = Rendimiento del cultivo ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Finalmente, la rentabilidad se calcula con la siguiente fórmula:  $\text{Rentabilidad} = IT - CT$

## Resultados y Discusión

Los productores de pitahaya de la localidad de San Luis Atolotitlan cuentan con una edad promedio de 57 años, el total de los productores tienen un nivel de estudio básico, solo estudiaron la primaria y son pequeños propietarios. El 86% de los que la cultivan son hombres y pertenecen a la Asociación de Producción Rural de San Luis Atolotitlan, Caltepec. Los productores mencionan que la pitahaya se cultiva a nivel de huertos familiares desde la época prehispánica, sin embargo, su cultivo a nivel comercial es reciente, de menos de 25 años.

Las plantas de pitahaya que poseen los productores cuentan con más de 28 años de vida; la mayor parte de los cultivares que manejan los productores son de origen silvestre. En el municipio de Caltepec, se localiza una localidad de nombre San Luis Atolotitlan, donde la producción de pitahaya se ha convertido en una de las principales actividades económicas de la zona. De acuerdo a los productores, se registra una producción promedio de 25 toneladas anuales, tras los tres cortes que se realizan entre los meses de julio a octubre. Los productores desconocen si existe alguna tecnología de producción validada por alguna institución de investigación o académica, por lo que realizan el procedimiento que a continuación se describe.

Los frutos son grandes, llamativos y de diferentes colores de cáscara y pulpa (Figura 2), sin embargo, la mayor parte de las huertas cuentan con cultivares de cascara y pulpa roja.



**Figura 2. Diferentes cultivares de *H. undatus*, con diferente color de cáscara, tamaño y formas, pero todos con pulpa blanca.**

### **Propagación y cultivo de la pitahaya**

El cultivo que predomina es la variedad de color rojo (*Hylocereus spp*), y se realiza en una superficie promedio de una hectárea que es pequeña propiedad. La pitahaya tiene su origen en áreas de bosque tropical húmedo y semiseco, aunque prospera en altitudes que van desde el nivel de mar, hasta los 1800 m, por lo que el clima semidesértico de la región es propicio para la producción de pitahaya puesto que el cultivo se desarrolla bien en zonas donde las lluvias no son abundantes, aunque puede manifestar daño por radiación precisamente en verano cuando la producción está en auge (Del Ángel *et al.*, 2012). La siembra del cultivo se lleva a cabo en el mes de mayo, y se realiza por medio del trasplante de esquejes al suelo por medio de la ayuda de tutores, hechos en su mayoría de concreto. Previamente se comienza con la propagación de los esquejes durante el mes de abril, y se realiza en noches de luna tierna de acuerdo con las creencias de los productores, tras el corte de los esquejes estos son plantados en botellas de plástico donde se dejan crecer hasta finales de abril antes de ser sembrados directamente al suelo después de que ya enraizaron. Como parte de las labores





culturales para la preparación del terreno este se deshierba y se aplica abono, un compuesto al que los productores denominan como “abono de burro”, que consiste en estiércol de burro y otros elementos como materia orgánica.

### **Mantenimiento de la planta**

Dentro de las labores de mantenimiento se contempla una aplicación de abono (abono de burro) durante el mes de mayo, así como de 3 aplicaciones de plaguicidas en mayo, julio y agosto, la cantidad varía según la condición del cultivo. Cuando se identifica la presencia de una plaga persistente los productores tienden a aplicar una dosis mayor, las principales plagas que atacan a las matas de pitahaya son de tipo parasitario, entre las que destacan el gusano conocido como Capichi (*Noctuidae spp*) y la mosca del botón floral (*Dasiops spp*). En cuanto a las podas de las plantas estas también se llevan a cabo en el mes de mayo, antes que comience el florecimiento, junto con la poda se realiza la rameada de las matas, actividad que consiste en hacer que los botones a punto de florecer reciban rayos del sol y puedan florecer sin problema alguno, esta actividad debería ser una poda de sanidad.

### **Cosecha**

Las plantas tardan un aproximado de dos años antes de producir frutos, por lo que para satisfacer la demanda los productores siembran alrededor de 150 esquejes por año, con una mortalidad promedio del 16%, lo que quiere decir que por cada 10 esquejes sembrados al menos dos de estos se pierden en el proceso, lo cual sucede cuando los esquejes no son bien enraizados previamente antes de llevarlos al campo donde se plantan de forma definitiva. Osuna-Enciso *et al.* (2016) observaron en Sinaloa que, durante el periodo de maduración de los frutos, en las floraciones más tardías, se debió a que su crecimiento coincidió con el descenso de la temperatura, entre octubre y diciembre. Las plantas de pitahaya florecen de tres a cinco veces al año, por cada corte se obtienen de 800 a 1000 frutos por hectárea (esto es por la baja densidad de siembra), la cosecha es en tres cortes sin embargo es común cinco emisiones florales, las cuáles normalmente se traslapan. El primer corte es a finales del mes de julio, el segundo a finales de agosto y el tercero a finales de octubre. Osuna-Enciso *et al.*, (2016) encontraron durante una investigación que abarcó de 2008 a 2010 realizada en el estado de Sinaloa, que la producción de pitahaya se acumuló en agosto y septiembre. Por lo que es importante se encuentren y diseñen alternativas que permitan conservar por más tiempo la fruta y pulpa, y de esta manera aprovechar el beneficio económico de comercializarla.



## Costos de producción

La pitahaya es un cultivo que prospera con labores mínimas de mantenimiento, ya que el productor no aplica alguna tecnología de producción, además de la resistencia del fruto a climas desérticos es una ventaja en zonas donde la escasez de agua o lluvia es evidente, por lo que es un cultivo de temporal. Dada su rusticidad, los costos de producción que se reportan corresponden a las pocas actividades que el cultivo requiere, sin embargo, es notorio su uso de jornales durante el proceso de producción (Cuadro 1).

Es importante destacar que al inicio que se establece la plantación de pitahaya, se realiza el establecimiento de castillos de concreto, que la planta utilizara como tutores para desarrollarse. Esta inversión fue calculada a precios de 2020 y resultó en \$9,700 y solo se va dando mantenimiento a los castillos que así lo necesiten, pero si es necesario repetirla es en promedio después de cinco años.

**Cuadro 1. Costos de mantenimiento y producción de pitahaya en San Luis Atlotitlan Caltepec, Puebla. Precios de 2020.**

ACTIVIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$) UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
<b>TRATAMIENTO DEL TALLO</b>				
Obtención del esqueje	Pieza	150	5	750
Cortador de esqueje	jornal	120	2	240
Abono	kg	730	1.4	1,022
Aplicación de abono	jornal	120	1	120
<b>LABORES PARA EL TRANSPLANTE</b>				
Trasplante	jornal	120	3	360
Aplicación de abono	kg	1,180	1.4	1,647
<b>LABORES CULTURALES DE MANTENIMIENTO</b>				
Composta	kg	1,650	1.0	1,650
Aplicación de composta	jornal	120	1	120
Abono	kg	1,680	1.4	2,352
Aplicación de abono	jornal	120	1	120
Plaguicida	lt	1	415	415
Aplicación de plaguicida	jornal	120	1	120
Insecticida	lt	1	251	251
Aplicación de insecticida	jornal	120	1	120
Riego	lt	2,000		1,200



**Continúa Cuadro 1...**

ACTIVIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$ UNIDAD)	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
Poda de formación (rameado)	jornal	120	2	240
Poda de limpieza	jornal	120	2	240
Deshierbe	jornal	120	2	240
<b>COSECHA</b>				
Corte 1	jornal	120	2	240
Corte 2	jornal	120	2	240
Corte 3	jornal	120	2	240
<b>TOTAL</b>				<b>11,927</b>

Fuente: Elaboración propia con información de campo levantada de marzo-mayo de 2020.

La cosecha del fruto de la pitahaya es en tres cortes, que se realizan a finales de los meses de julio, de agosto y de octubre, con una producción promedio de 10 frutos por planta y con 100 plantas promedio por hectárea, los cálculos de la rentabilidad para el productor se observan en el Cuadro 2 desglosando cortes y precio promedio pagado por fruta.

**Cuadro 2. Producción de fruta, Costos de producción y utilidad por hectárea para el productor de pitahaya en San Luis Atlotitlan Caltepec, Puebla. Precios de 2020.**

Concepto	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	Subtotal
Frutos por planta	10	10	10	30
Plantas por ha	100	100	100	300
Producción de fruta por ha	1,000	1000	1000	3000
Precio pagado por fruta	13	13	13	
Ingreso por corte	13,000	13,000	13,000	39,000
Costo de producción				11,927
Utilidad por ha				27,073

Fuente: Elaboración propia con información de marzo a mayo de 2020.

El cultivo de pitahaya es rentable para el productor (Cuadro 2), siempre y cuando encuentre un comprador para la fruta, por lo general los acopiadores llegan a la localidad San Luis Atlotitlan a comprarla en la plantación, pero si el productor no recibe la visita del acopiador,



es probable que la fruta de ese corte se pierda. Aun se debe trabajar en orientar la producción de calidad al mercado internacional (De Lourdes *et al.*, 2005)

Los productores cuentan con un sistema productivo con un grado de sostenibilidad favorable, pero este podría mejorar, no sin dejar de considerar que la sustitución de un sistema tradicional destinado a generar los productos para el autoconsumo por un sistema de producción orientado al mercado, puede contribuir menos a la sostenibilidad de la región, por volverse monocultivo, para fomentar la sostenibilidad de la región en cuestión, es apremiante impulsar nuevamente los cultivos tradicionales para asegurar el autoconsumo, conservar las especies que ya se cultivan e incrementar el número de especies cultivadas, incluida la pitahaya.

Por información obtenida en campo, se conoce que aproximadamente un 80% de la superficie para cultivo, los productores la destinan a la siembra de pitahaya, mientras que el resto es destinado a la producción de maíz (10%), papaya (5%) y aguacate (5%); lo que muestra la importancia social y económica que representa la pitahaya para la región de estudio, sin embargo la producción se realiza bajo condiciones mínimas de atención a la planta ya que no se cuenta con una tecnología de producción acorde a la zona de San Luis Atlotitlan Caltepec, Puebla. Aunado a que no hay canales de comercialización definidos, ya que la forma de vender es esperar a que llegue el comprador/intermediario y la pague a pie de plantación., por lo que la fruta se pierde al no contar con otra alternativa de comercialización.

A pesar de que existe rentabilidad por hectárea sembrada a nivel de parcela de los productores, el manejo tradicional puede ser mejorado para incrementar los rendimientos y la rentabilidad. Para este caso, la tecnología con que cuenta el INIFAP permite manejar con tutores vivos de especies locales hasta 2,500 plantas por hectárea, aplicando los componentes tecnológicos recomendados, así como cultivares de alto rendimiento, se puede lograr hasta 18 t ha<sup>-1</sup> y rentabilidades superiores (Del Ángel *et al.*, 2012). Por otro lado, cabe resaltar que la pitahaya es un producto con poca difusión en el mercado nacional, por lo que la promoción de productos no tradicionales con potencial de desarrollo se convierte en una tarea fundamental para el desarrollo sostenible del sector agropecuario (García y Quirós, 2010). La producción y comercialización de este producto se limita al mercado local en esta zona, esto debido a que no hay muchos cultivos destinados a este fruto y gran parte es de la recolección de traspatio, aunque en áreas de Puebla y Yucatán o Quintana Roo existen exportadores (González *et al.*, 2018). La pitahaya puede tener diversas oportunidades en el mercado, por su valor nutrimental



(Echeverría-Troya *et al.*, 2019; Benitez *et al.*, 2013). Las propiedades del fruto son auxiliares en el mejoramiento de algunas enfermedades (Lezama *et al.*, 2007).

## Conclusiones

La venta de pitahaya alcanzó un precio de hasta \$40.00 por kilogramo, con lo que se concluye que el cultivo de pitahaya es una opción rentable para mejorar las condiciones de vida de los productores.

La pitahaya es un cultivo que prospera con labores mínimas de mantenimiento, sin embargo, es necesario identificar canales de comercialización que permitan sacar la producción de cada corte, o identificar algún proceso de transformación para algún nicho específico de mercado que prefiera la pulpa y de esta manera comercializarla.

La producción de pitahaya en la zona de San Luis Atlotitlan Caltepec, Puebla se realiza sin una tecnología de producción específica, por lo que los rendimientos dependen solo del temporal, y el mínimo manejo de prácticas culturales que recibe por parte del productor.

Es importante que las zonas de productores de pitahaya que usan tecnología tradicional modifiquen sus prácticas y utilicen materiales probados científicamente para elevar rendimientos e ingresos, no sin dejar la sustentabilidad de la zona, ya que ésta fruta además de ser tradicional es exótica conocida mundialmente lo que la ha vuelto una fuente económica importante tanto nacional como internacional ya que se produce y se exporta ésta fruta a diferentes partes del mundo, además de la tendencia culinaria que se ha desarrollado también con base en la pitahaya por todos los beneficios que contiene y las diferentes opciones saludables en las que se puede presentar. Su facilidad de desarrollarse en zonas no exigentes para su cultivo le da la viabilidad y factibilidad para que otros países la consuman y así mismo logren obtener todos los beneficios que brinda la pitahaya, así como la amplia gama de productos desarrollados.



## Literatura Citada

- Benítez, W. M., E.S Duch, J.C. García y C.S. Veloz. 2013. Variaciones bioquímicas-fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*físicas undatus*) almacenadas en ambiente natural. Revista iberoamericana de tecnología postcosecha, 14(1):21-30.
- Del Ángel, P. A. L., C.A. Hernández, E., Rebolledo, M. A. y R. Zetina, L. 2012. Pitahayas: patrimonio biocultural para diversificar la agricultura y la alimentación. Libro técnico Núm. 31. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 183 p.
- De Lourdes Vargas, M., A. C. Yah. S. Duch y J.T. Cortez. 2005. Industrialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*): una nueva forma de comercialización. Revista Mexicana de Agronegocios. 9(16): 498-509.
- Echeverría-Troya, M., J. Argüello-Rezabala, M. Solís-Álvarez, M., R. Fernández-Arguelles y W. Terán-Verzola. 2019. Incremento de la actividad antioxidante en la pitahaya roja como respuesta al estrés provocado por la modificación del proceso fotosintético. Universidad Ciencia y Tecnología. 23(94):6-6.
- Esquivel, P. e Y. Araya. 2012. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 3(1):113-129.
- García, B. M. E. y O. Quirós M. 2010. Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. Tecnología en Marcha 23(2):14-24.
- González, L. B. V., M.R.P. Vázquez y M.A. Gracia. 2018. Transformaciones en la agricultura de los mayas peninsulares: Un contraste de los casos de Kampolché y Xohuayán. Mundo Agrario. 19(41).
- Instituto Nacional de la Economía Social, 2017. Pitahaya, fruto exótico de México. INAES, México. <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/pitahaya-fruto-exotico-de-mexico?idiom=es>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2017). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. México; Obtenido de: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21027.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21027.pdf) [consultado el 12 de agosto de 2021]
- Krugman, P.R. y R. Well. 2006. Introducción a la economía: microeconomía. Barcelona, España: Edit. Reverte, 576 p.
- Legaria, S. M., E. Alvarado C. y R. Gaspar H. 2005. Diversidad genética en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth Britton and Rose). Revista Fitotecnia Mexicana 28(3):179-185.



- Lezama, E. A., A. E. Tapia S., G. Muñoz S. y V. J. Zepeda G. 2007. El cultivo de la pitahaya. Colegio de Postgraduados. FIRCO. SAGARPA. Subsecretaria de Desarrollo Rural. 12 p. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/EI%20cultivo%20de%20la%20Pitahaya.pdf> [consultado el 20 de junio de 2007)].
- Lima, C. A. D., F.G. Faleiro, N.T.V Junqueira, K.D.O. Cohen and T.G. Guimarães. 2013. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. Revista Brasileira de Fruticultura, 35, 565-570.
- Montesinos C.J.A., L. Rodríguez-Larramendi, L. Ortiz-Pérez, R. Fonseca-Flores, M. de los Á., Ruíz H. *et al.*, 2015. PITAHAYA (*Hylocereus spp.*) Un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. Cultivos Tropicales, 36(), 67-76. [consultado el 4 de septiembre de 2020]. ISSN: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1932/193243640007>
- Morton, J. F. 1987. Strawberrypear. p. 347-348. In: Fruits of warm climates. Creative Resources Systems, Inc. Miami, FL, USA.
- Ortiz, H. Y. D. Pitahaya: un nuevo cultivo para México. edit. Limusa-Grupo Noriega Editores, México. DF, 1999, 111 p., ISBN 968-18-5775-5.
- Ortiz H., Y. D., y J. A. Castillo S. 2012. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a short review. *Comunicata Scientiae* 3:220-237.
- Osuna-Enciso, T., J.B Valdez-Torres, J.A. Sañudo-Barajas, M.D. Muy-Rangel, S. Hernández-Verdugo, S., M. Villarreal-Romero y J. M. Osuna-Rodríguez. 2016. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 50(1), 61-78. Recuperado en 04 de septiembre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952016000100061&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000100061&lng=es&tlng=es).
- Rocha, L. D. J. F. G., R. L. de Oliveira Godoy and C. P. da Cunha. 2020. Estudo de alguns compostos bioativos das pitayas de polpas branca e vermelha (*Cereus undatus*, Sinonímia: *Hylocereus guatemalensis*, *H. undatus*). *Brazilian Journal of Development*, 6(9): 66217-66223.
- Rodríguez, A. 2002. Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Producción y comercialización en México. Serie Reportes de Investigación. CIESSTAAM. CHAPINGO, MEXICO. Pág. 10
- Rojas, S. R. (2002). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés. México. 437 p.
- Samuelson, P. A. and W, D. Nodhaus. 2009. Economía 19ed con aplicaciones a Latinoamérica. España: Edit. McGraw-Hill. 754 p.



- Swenson, A. and R. Haugen. 2012. Projected crop budgets. USA: North Dakota. Disponible en <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/agecon/ecguides/nw2013.pdf> [consultado el 12 de agosto de 2021]
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Consultado el 10 de julio de 2020].
- Zee, F., C. R. Yee and M. Nishina. 2004. Pitaya (dragon fruit, strawberry pear). F & N -9. University of Hawaii at Manoa. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Cooperative Extension Service. Honolulu, Hawaii. 3 p.





# ***TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA***





# ANÁLISIS DEL INGRESO NETO DEL USO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE INIFAP EN PRODUCTORES AGROPECUARIOS

*Eileen Salinas Cruz<sup>1\*</sup>, Alejandra Vélez Izquierdo<sup>2</sup> y Jaime Rangel Quintos<sup>3</sup>*

## Resumen

La presente investigación es un análisis de las tecnologías que se desarrollan en el INIFAP, y el uso que actual y beneficio a los productores que la utilizan, el proceso de transferencia en la adopción de la tecnología a los usuarios es importante, y por eso se debe de medir en cuanto al impacto que esta ocasiona, ya que cada una de los procesos de investigación que se generan pretende llevar una solución al campo mexicano. Para el caso del INIFLAR RT variedad de arroz, generada en el Campo Experimental Zacatepec y que está en uso en los estados de Colima y Nayarit con una buena aceptación en el mercado por las características que presenta, aunado al rendimiento por hectárea de 2 t por encima de la variedad milagro filipino. En este trabajo se realizó una comparación a través de la metodología de tasa de variación de la tecnología generada por el INIFAP y una testigo, que para este caso fue el milagro filipino una variedad de arroz que es similar a INIFLAR RT. Se determinó la tasa de variación, la selección de la tecnología, cálculo de tamaño de muestra y obtención de datos a través de una encuesta. Se encontró que productores del estado de Nayarit, donde el arroz INIFLAR RT tiene un costo de producción de \$16,491 pesos a diferencia del milagro filipino con un costo de \$17,055; lo cual se debe a un riego auxiliar más de la tecnología testigo. El precio del INIFLAR RT en el mercado es menor al milagro filipino, debido a que es un producto no tan conocido y que a veces los industriales no aceptan totalmente. Sin embargo, el ingreso de INIFLAR RT es superior al milagro filipino, lo que determina la ventaja competitiva de la tecnología generada por INIFAP sobre la testigo.

<sup>1</sup> Campo experimental Centro de Chiapas Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa Chiapas

<sup>2</sup> CENIF Fisiología km 1 Carretera a Colón, Poblado de Ajuchitlán, Mpio. De Colón Querétaro. C. P. 76280

<sup>3</sup> Campo Experimental La Posta, Km. 22.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro. CP. 94277, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz



**Palabras clave:** costos, rentabilidad, tasa

## Introducción

El maíz, arroz y trigo, representan los tres principales cultivos básicos fundamentales para la seguridad mundial. El arroz ha mostrado un incremento constante en la producción en los últimos años, y este es el único cereal cuya producción total se destina al consumo humano. Es el alimento básico predominante para 17 países de Asia y el Pacífico, nueve de América y ocho de África. Se ubica entre los principales cultivos y es uno de los más producidos a nivel mundial. Es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial y es el segundo cereal más producido, después del maíz (Tucuch-Haas *et al.*, 2017)

México destina por más de 41 mil ha para la producción de arroz, las cuales se encuentran repartidas en diferentes estados, siendo Nayarit el primer lugar en producción, seguido de Campeche y Michoacán, quienes ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente, los cuales en conjunto apartan el 69% del volumen total a nivel nacional, el resto se divide en otros estados como Jalisco, Colima, Tamaulipas, Morelos, Tabasco, Veracruz y Guerrero. Existen cuatro mil productores y se producen poco más de 236 mil toneladas al año con un rendimiento de 6.1 t/ha (Hidroponía, 2017).

En INIFAP se crea la variedad INIFLAR RT, la cual se cultiva principalmente en los estados de Colima, Jalisco y Nayarit, con buena aceptación en el mercado, teniendo un rendimiento promedio de 9 t/ha. Debido a ello, fue evaluada en los estados de Colima y Jalisco como exitosa y a la variedad milagro filipino como testigo, el primero con un rendimiento de 9 t/ha mientras el segundo con 7 t/ha, aunque la diferencia en precio es de \$4.20 pesos por kilo vendido para INIFLAR RT mientras que para milagro filipino es de \$4.80; sin embargo, los resultados muestran que la tecnología exitosa, sobresale a la testigo.



## Metodología

### Procesos de selección del proyecto

El proceso de selección de los proyectos se realizó a través de los directivos regionales del Pacífico Sur, donde, desde el año 2012 se registraron 345 proyectos, de los cuales el 54% fueron de investigación aplicada y el 23.50% de transferencia de tecnología, el resto se conformaron con investigación básica, productos y servicios y validación, de los cuales se revisó la pertinencia de la información y el impacto que se dio con la generación de estos en la región en donde se desarrollaron.

### Selección de los proyectos

Una vez definidos los proyectos se seleccionaron aquellos a través de una evaluación económica preliminar, utilizando como criterio las que tuvieran mejores ingresos netos preliminares.

**Cuadro 1. Ingreso y costos del productor tecnología exitosa.**

Tipo de tecnología	Nombre de la tecnología	Costos de producción (ha)	Rendimiento (t/ha)	Precio (\$/kg)	Ingreso neto (\$/ha)	Diferencia en ingreso neto (\$/ha)
TECNOLOGÍA INIFAP	Tecnología para la producción de chile de agua en ambiente protegido	125,000.00	9.00	1,200.00	- 114,200	- 21,400
TECNOLOGÍA TESTIGO	Producción de chile de agua a cielo abierto	100,000.00	6.00	1,200.00	-92,800.00	
TECNOLOGÍA INIFAP	Manejo integrado en limón mexicano para incrementar sus productividad en el estado de Guerrero	12,825.70	19.80	1,580.00	18,458	12,992
TECNOLOGÍA TESTIGO	Producción de limón mexicano con tecnología tradicional	14,599.50	12.70	1,580.00	5,466.50	
TECNOLOGÍA INIFAP	Estrategia de producción de maíz para reducir los efectos de la sequía en la mixteca alta de Oaxaca	9,930.00	3.76	4,500.00	6,990	5,495

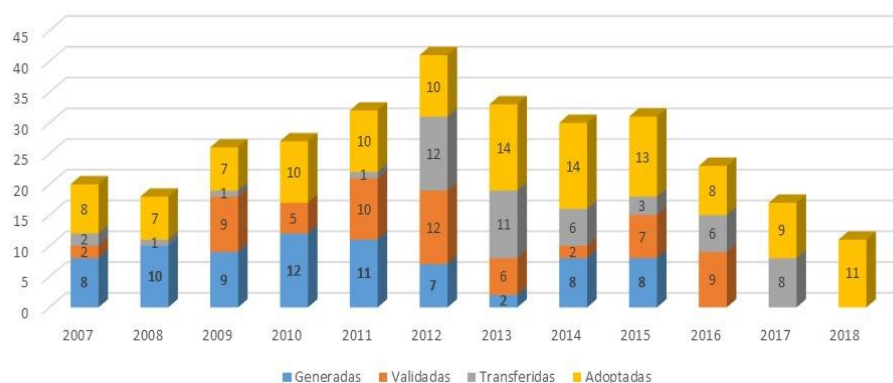


### Continúa Cuadro 1...

Tipo de tecnología	Nombre de la tecnología	Costos de producción (ha)	Rendimiento (t/ha)	Precio (\$/kg)	Ingreso neto (\$/ha)	Diferencia en ingreso neto (\$/ha)
TECNOLOGÍA TESTIGO	Tecnología testigo	10,700.00	2.71	4,500.00	1,495.00	
TECNOLOGÍA INIFAP	INIFLAR RT nueva variedad de arroz para riego y temporal	18,600.00	8.00	4,200.00	15,000	7,110
TECNOLOGÍA TESTIGO	Milagro filipino	20,910.00	6.00	4,800.00	7,890.00	

### Seleccionadas las tecnologías

De 2007 a 2018 se han generado 302 tecnologías, de las cuales 121 fueron las únicas que concluyeron el proceso de adopción. Todas las tecnologías generadas llevan cuatro procesos, generadas, validadas, transferidas y adoptadas, esto en un periodo mínimo de 4 años. Dentro del CIRPAS, desde 2007 a 2015 en promedio se han generado 8 tecnologías al año, mientras que las validadas en promedio se realizaron cinco por año, de las transferidas desde el año 2012 estas fueron más representativas, ya que en promedio se transfirieron 8; de las tecnologías adoptadas del total producidas en el CIRPAS solo el 40% llegaron hasta este proceso, mientras que el 60% no se establecen como adoptadas (Figura 1).



**Figura 1. Tipo de tecnologías según su estatus.**

Primeramente, se seleccionaron 4 tecnologías, para que conjuntamente con los directivos del CIRPAS se realizara una nueva depuración, estableciéndose 2 nuevas tecnologías. De las



cuales se les solicito información a los investigadores que generan cada tecnología, para un análisis más minucioso. Se finalizó con la selección de dos tecnologías intituadas: Manejo integrado en limón mexicano para incrementar su productividad en el estado de guerrero, y la tecnología INIFAP RT nueva variedad de arroz para riego y temporal.

### **Estimación de muestra**

De acuerdo con información proporcionada por el investigador responsable de la tecnología INIFLAR RT, se estima un total de 300 productores en los estados de Nayarit, Colima y Jalisco, quienes utilizan esta tecnología. Se establece en los estados de Nayarit y Jalisco la población que fue encuestada para la obtención de la información. Se aplicaron 16 encuestas en la tecnología exitosa y en la tecnología testigo.

### **Aplicación de encuestas**

Se realizó una cedula de entrevista, con información de los paquetes tecnológicos descritos en las agendas de innovación de los estados de Morelos, Nayarit y Colima, la encuesta consistía en cinco grandes apartados:

En el apartado uno se establecieron los datos generales de cada productor, ya sea de la tecnología exitosa o testigo, ubicación, edad, escolaridad, tipo de tecnología, entre otros.

En el apartado dos se establecieron los costos de producción de acuerdo a cada actividad desarrollada separando cada información de la tecnología testigo como la exitosa. En el apartado tres consideró los rendimientos y en los apartados cuatro y cinco fue referentes a los procesos de adopción y limitantes del mismo.

### **Descripción del método y fórmulas para estimar los indicadores (costos, ingresos, tasa de variación)**

Para estimar la tasa de variación en el ingreso neto de los productores que utilizan la tecnología INIFAP y la tecnología testigo, se integrará información de las siguientes variables:

- Costos de producción (ha).
- Rendimiento kg.
- Precio (\$/kg).
- Superficie donde se utilizó (ha).

Con esta información se diseñó una hoja de cálculo para cada una de las tecnologías evaluadas y se obtendrán los siguientes indicadores:

- Ingreso bruto (\$/Kg) =Rendimiento (Kg) por el precio (\$/Kg).



- Ingreso neto (\$Kg) = Ingreso bruto menos el costo de producción.
- Rentabilidad (%)= Ingreso neto entre el costo de producción multiplicado por 100.
- Diferencia en la rentabilidad entre la tecnología exitosa y testigo (%)= rentabilidad de la tecnología exitosa menos la rentabilidad del testigo.

Estos indicadores se calcularon tanto para la tecnología exitosa y como para el testigo, igualmente se calcularon los siguientes indicadores, pero, solo para la tecnología exitosa.

- Diferencia en ingreso neto (\$/ha) = Ingreso neto de la tecnología exitosa menos el ingreso neto del testigo.
- Diferencia en ingreso neto con respecto a su costo de producción= Diferencia en el ingreso neto (\$/ha) entre el costo de producción (ha).
- Indicador de impacto económico= Ingreso neto de la tecnología exitosa dividida entre el ingreso neto del testigo.
- Derrama económica o valor agregado (\$) =Ingreso neto de la tecnología exitosa menos la superficie donde se utilizó la tecnología exitosa (ha).

La fórmula para estimar la tasa de variación del ingreso neto de los productores que se utilizó fue la siguiente:

$$\text{Tasa de variación del ingreso de los productores} = \left( \frac{IN_{TI} - IN_{TT}}{IN_{TT}} \right) \times 100$$

En donde,

$IN_{TI}$ =Ingreso neto de la Tecnología INIFAP o exitosa.

$IN_{TT}$ = Ingreso neto de la tecnología testigo.

### **Análisis de la información**

Posterior al levantamiento de la información en campo por medio de la cedula de encuesta, se realizó una base de datos en donde se vació la información de ambas tecnologías. Cada línea de la base correspondía a la información de un productor encuestado, ya sea de la tecnología testigo o la exitosa. En la hoja de cálculo se establecieron fórmulas que permitieron el cálculo de los costos totales, ingresos, rendimientos, ganancias o pérdidas de ambas tecnologías, para el análisis de la información se realizaron cuadros y gráficas para una mejor explicación de los indicadores pertinentes. Se elaboró un guion para el análisis de la información por tecnología.



## Resultados

### **Características socioeconómicas y tecnológicas de los usuarios de la tecnología**

La evaluación de la tecnología INIFLAR RT se desarrolló en los estados de Nayarit en el Zapote municipio la Curva y Jalisco en el municipio de Tomatlán, los productores cuentan con un promedio de 8 ha de producción de arroz INIFLAR RT, teniendo un promedio de 22 años dedicados a las actividades agrícolas; se considera que se tiene un total de 300 productores en los estados de Colima, Nayarit y Jalisco que establecen el uso de esta tecnología. De los productores encuestados fueron del sexo masculino con una edad promedio de 53 años cumplidos. La escolaridad es variable existen productores sin ninguna formación escolar hasta aquellos que cuentan con un nivel de licenciatura; sin embargo, el promedio de escolaridad es de secundaria terminada.

### **Tamaño de las unidades de producción, producción y rendimiento**

El promedio de producción de arroz INIFLAR RT es de 8 ha producida en primavera- verano, principalmente en temporal. De acuerdo a la tecnología que ellos aplican, el sistema de siembra es directa. Para la tecnología de arroz INIFLAR RT los costos por hectárea son de \$16,491 pesos, con un rendimiento promedio de 9 t, vendido a un precio de \$4.20 pesos/kilo. Mientras que para la tecnología testigo (Milagro filipino) el rendimiento promedio por ha fue de 6 t/ha, con un costo de producción de \$17,055 pesos, El costo por kilo vendido de este producto fue de \$4.8 pesos/kilo. La diferencia de las tecnologías éxitos y testigo son el costo de producción, debido que algunos productores producen las dos tecnologías en el mismo ciclo, el milagro filipino requiere de un riego extra para terminar su ciclo de producción y obtener la producción final. El precio del INIFLAR RT en el mercado es menor al milagro filipino, debido a que es un producto no tan conocido y que a veces los industriales no aceptan totalmente. Sin embargo, con el tiempo se ha introducido al mercado y ganando un posicionamiento dentro de este.

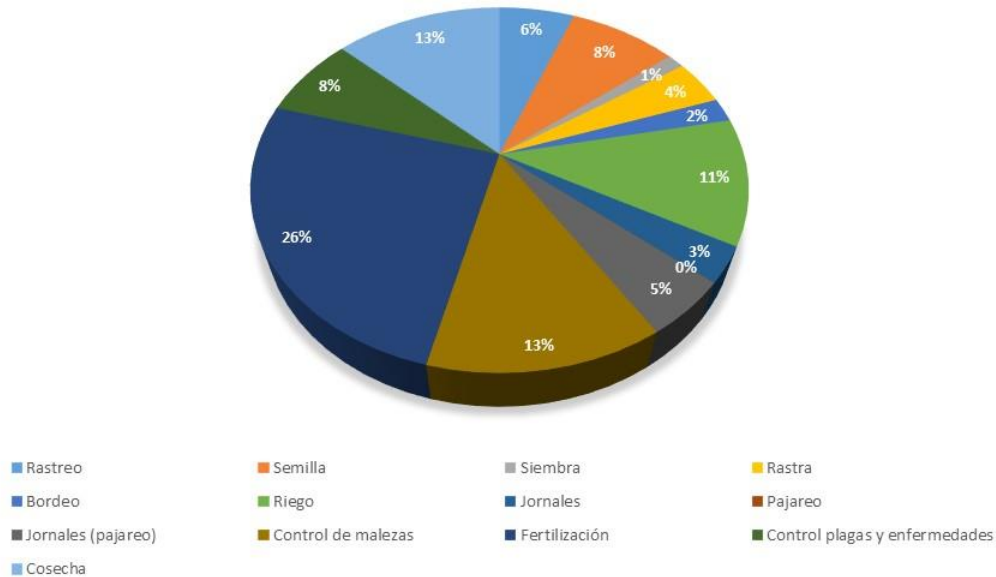
### **Costos de producción de la Tecnología INIFAP**

Los costos de producción de las diferentes tecnologías fueron similares; sin embargo, en procesos como el riego o los insumos los porcentajes son variados. Para la tecnología INIFAP o exitosa los costos de producción se realizan en: Rastreo, de esta actividad su costo representa el 5.7% de los costos totales, es realizado antes de la siembra utilizando maquinaria





rentada por el productor. La semilla para el INIFLAR RT el costo es de \$1,586 pesos para una hectárea y representa el 8.1% del costo total (Figura 2).

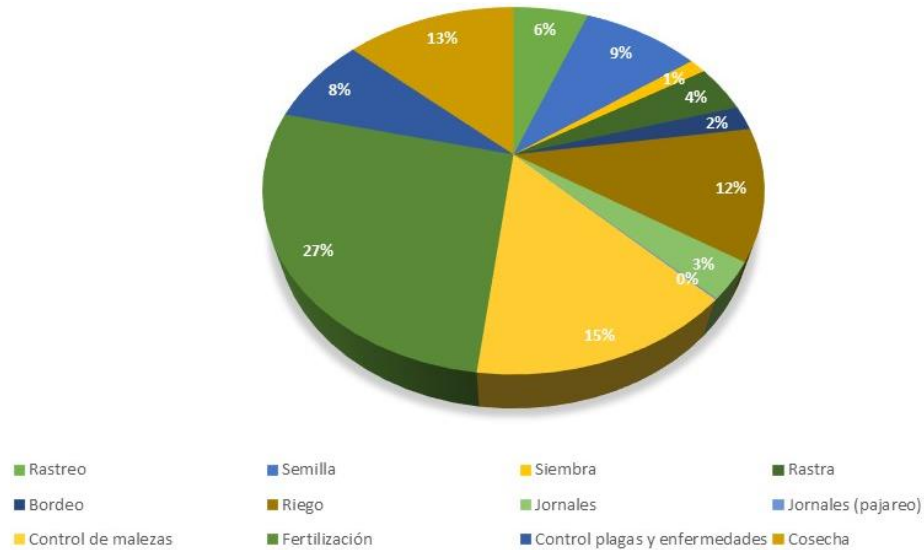


**Figura 1. Costos de producción de la tecnología INIFLAR RT.**

De las actividades realizadas dentro del proceso de producción del INIFLAR RT está el riego que representa el 11%, aunque la producción es de temporal, los productores refieren que se realizan riegos auxiliares en la producción. Otro gasto es la cosecha esta se realiza con trilladora, la cual es rentada no propia y representa el 13% de los gastos; en un porcentaje similar el control de malezas. Por último, la fertilización es la actividad que genera el mayor costo, este representa el 26% del total erogado para la tecnología exitosa. Los otros costos se erogan de las actividades de semilla, siembra, control de plagas y enfermedades, jornales, pajareo, entre otros. El costo total para el INIFLAR RT es de \$ 16, 491.39.

### **Tecnología testigo**

La tecnología testigo fue el milagro filipino, el cual presento un costo total de \$ 17,055.42 pesos. Los costos de producción se centran en la fertilización que representan el 27% de estos; posteriormente el control de malezas con un 15%, la cosecha con un 13% y el riego con un 12%. Las otras actividades son rastreo, bordeo, semilla, jornales, pajareo, siembra y control de enfermedades, que, dentro del proceso de producción de milagro filipino, representa un costo menor (Figura 3).



**Figura 2. Costo de producción de la tecnología MILAGRO FILIPINO.**

Para las dos tecnologías, el INIFLAR RT y MILAGRO FILIPINO, la actividad donde se realiza el mayor costo es la fertilización, sin embargo, para la tecnología testigo es mayor que para la tecnología exitosa. El control de malezas representa para la tecnología testigo el 15% mientras que para la tecnología exitosa del 13%, de sus costos totales. El riego para la producción exitosa es de 11% y para la testigo de 12%. Lo que indica que la producción testigo su costo total fue de \$17,055.42 pesos, teniéndose una diferencia en el costo total de \$564.03 pesos con referencia de la tecnología exitosa, ya que esta tiene un costo total de \$16,491.39 pesos por hectárea producida.

### **Ingreso Bruto**

Las tecnologías evaluadas fueron como la tecnología INIFLAR RT como tecnología exitosa, la cual según datos obtenidos en campo se tuvo un rendimiento promedio de 9 t/ha, y su precio de venta es de \$4.20 pesos por kilo vendido. El ingreso bruto total fue de \$37,800 pesos para la tecnología exitosa. Mientras que para milagro filipino la producción total por hectárea es de 6 t/ha y el precio de venta de \$ 4.80 (Cuadro 2). Esta diferencia de precios según los productores es porque milagro filipino es una variedad ya conocida y aceptada por los industrializadores. Sin embargo, INIFLAR RT, ha ido ganando terreno en el mercado.



**Cuadro 2. Evaluación del ingreso bruto de las tecnologías INIFLAR RT Y MILAFRO FILIPINO.**

	INIFLAR RT	MILAGRO FILIPINO	Cambio
Costo (\$/ha)	\$ 16,491.39	\$ 17,055.42	-\$564.03
Ingreso bruto (\$/ha)	\$ 37,800.00	\$ 28,800.00	\$9,000.00
Ingreso neto (\$/ha)	\$ 21,308.61	\$ 11,744.58	\$9,564.03

El ingreso neto de la tecnología exitosa es de un total de \$ 21,308.61, mientras que la tecnología testigo es de \$11,744.58, existiendo una diferencia de \$9,564.03. Esto debido a la diferencia que existe entre los costos erogados de producción, además del rendimiento debido a que existe una diferencia de 3 t, y aunque el precio tiene una diferencia de \$0.60 centavos, la diferencia en ingreso es significativa.

#### **Derrama económica de la tecnología INIFAP**

El ingreso neto de la tecnología INIFAP es de \$21,308.61 pesos, con una rentabilidad de 129% sobre la tecnología testigo que tuvo una rentabilidad de 69%, la diferencia de esta es de 60%, lo que indica que la tecnología exitosa es rentable sobre la tecnología testigo.

En cuanto al ingreso neto la diferencia es de \$9,654.03 pesos promedio de una tecnología sobre la otra. Además de una diferencia de \$564.03 sobre el costo de producción.

La tecnología INIFLAR RT tiene un impacto económico de 1.81 o bien 81% sobre la tecnología testigo. La superficie en donde se establece actualmente son alrededor de 300 has, se espera que esta sea aplicada a 2,100 has en los tres estados donde se ha establecido. La derrama económica de \$20,084,467 millones de pesos. Esto significa la aportación económica que la tecnología INIFLAR RT aporta a la economía regional. Esto indica que, si la tecnología exitosa se establece en una mayor superficie, la región en donde se establecería tendría una derrama económica considerable.

#### **Proceso de adopción de la tecnología INIFAP**

Dentro del proceso que una tecnología al ser generado dentro del INIFAP, se dan 4 pasos o fichas tecnológicas, la primera es la de generación, la segunda de validación, la tercera de transferencia y la cuarta de adopción. Cada una de ellas es importante debido a que se integrará una tecnología que podrá ser establecida en campo y desarrollada por los productores para la mejora de su producción. Ya que la finalidad de la tecnología es la



resolución de algún problema o fortalecimiento al proceso de producción en el campo mexicano.

Para el INIFLAR RT, según los datos recabados en campo, el proceso de adopción fue realizado en primera instancia de productor a productor, es decir; el conocimiento de la producción de esta tecnología fue transferida a un productor que a su vez paso este nuevo conocimiento a productores que decidieron conocer esta tecnología. Por lo que otros productores refieren que adoptaron esta tecnología porque el investigador los invito a conocerla para establecerla en su parcela. Algunos otros productores refieren a que el proceso de adopción fue a través de un curso de capacitación que se les impartió.

### **Factores limitantes en el uso de la tecnología del INIFAP**

El INIFLAR RT es una variedad que en pocos años ha ganado la aceptación de los productores arroceros para ser producida, principalmente en los estados de Colima, Nayarit y Jalisco. De los productores cooperantes refieren que los principales factores limitantes para su adopción es que la industrial la prefiere poco a diferencia de otras variedades, por ende, es pagada más barata que por ejemplo el milagro filipino. Los industriales refieren a que es una variedad delgada, y dentro del mercado se requieren semillas que puedan ser cocinadas en poco tiempo y no tengan aspecto gomoso. Sin embargo, existes ventajas como la precocidad del grano, lo que les ahorra costos principalmente en la trilla y riego.

### **Conclusiones**

1. La variedad de arroz INIFLAR RT, es de grano delgado, poco conocido por los industriales, sin embargo, con el tiempo ha ganado terreno debido a la calidad y rendimiento, además que se abaratan los costos de producción.
2. La producción se desarrolla en tres estados Colima, Nayarit y Jalisco, y la diferencia en producción es de 3 t sobre el arroz milagro filipino.



## Literatura Citada

- Aguirre- Álvarez, E. 2009. Guía para producir arroz de riego en la Planicie Huasteca. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo experimental las Huastecas. Folleto para Productores No. MX-0-310305-52-03-14-10-13. INIFAP.
- García- Angulo, JL; Hernández-Aragón, L y Tavitas-Fuentes L. 2011. El Silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas vol. 2 (4): 607-612.
- Hidroponía. 2017. Cultivo de arroz en México, ¿cuál es su situación? En [www.hydroenv.com.mx](http://www.hydroenv.com.mx)
- Ortega A. R., Jiménez CH, J. A. y Tavitas, F. L. 2016. INIFLAR RT nueva variedad de arroz para riego y temporal en México. Folleto para productores Núm. 12. SAGARPA- INIFAP- CIRPAC Campo Experimental Tecomán. Tecomán, colima, México. Pág. 32.
- Tucuch-Haas, CJ; Trejo- Téllez, LI; García- Morales, S y Gómez-Merino Fernando C. 2017. La producción y consumo de arroz en México. Boletín Julio 26, 2017. Agro síntesis.



## COSTO DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPÓSITO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO

René Carlos Calderón Robles<sup>1\*</sup>, René Calderón Chagoya<sup>1</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>1</sup>, Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>2</sup>, Juvencio Lagunes Lagunes<sup>3</sup> y Andres Luna Atanasio<sup>3</sup>

### Resumen

Se realizó un análisis financiero del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco, Puebla, donde se valida tecnología generada en el INIFAP. Se localiza a 240 msnm en clima subtropical húmedo, con temperatura media de 23°C y 2, 200 mm de precipitación. Cuenta con 100 ha de pasto, del género *Brachiaria*, 40 ha con gramas nativas (*Axonopus* sp. y *Paspalum* sp.) y 3 ha con caña japonesa (*Saccharum sinense* Roxb.). El periodo de evaluación fue de enero-diciembre de 2019, con un manejo promedio mensual de 133 vacas, 93 becerras y novillonas, 22 machos destetados, 113 crías y cuatro sementales. Se analizó costos y rentabilidad con el método de análisis de ingresos, a precios corrientes o de mercado, con base en los gastos de operación (\$ 2' 305,083). La producción en 2019 fue de 374,141 kg. El ingreso generado fue \$ 2, 893,607 (\$ 2,181,242 por venta de leche, \$ 387,765 por 45 becerros, \$ 105,600 de 12 animales de desecho, y \$ 219,000 por 19 cabezas potenciales. El costo del kg de leche y becerro producidos fue de \$ 4.78 y \$ 41.11, respectivamente, y el precio de venta fue de \$ 5.83 y \$ 47.90. La eficiencia económica se midió por la utilidad bruta (\$ 588,524), la rentabilidad sobre gastos de operación (25.5%) y el margen de utilidad fue de \$ 1.19 (24.9%) para el kg de leche y \$ 7.99 (19.4%) para el de becerro. Se concluye que invertir en ganado de doble propósito genera utilidades que impactan positivamente, dada la obtención de 25.5 centavos por cada peso invertido, y márgenes de ganancia aceptables de \$ 1.19 a \$ 7.99, dependiendo del producto.

**Palabras clave:** Evaluación económica, gastos de operación, bovinos

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). \*calderon.rene@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

<sup>3</sup> Técnico independiente.



## Introducción

La producción mundial de leche es insuficiente para satisfacer las necesidades de la población. Consecuentemente, en México, por concepto de importaciones en el sector lácteo el valor anual en dólares se ha incrementado de 1, 575,828,251 en 2010 a 2, 011,966,984 en 2018, derivado del incremento en el volumen anual de importaciones (CANILEC, 2019). La producción de leche en el presente siglo ha tenido un incremento del 32.5%, ya que en 2001 fue de 9, 472 millones de litros, mientras que en 2020 subió a 12, 554 millones de litros (SIAP, 2021). Similarmente, la producción de carne se ha incrementado, de tal manera que en 2019 se produjo más de lo consumido. En México, la producción de leche y carne se desarrolla bajo condiciones tecnológicas y socioeconómicas diversas en aproximadamente un millón de unidades de producción pecuarias, y se observan diferentes sistemas de producción como el especializado, semi-especializado, doble propósito y el familiar o de traspatio, en cuanto a producción de leche, y en cuanto a carne, básicamente vaca-cría y doble propósito, donde la aportación de leche era a principios de siglo alrededor del 18.3% para doble propósito (Gallardo, 2004), sin embargo, recientemente se mencionan datos de solamente el 8% (Dávalos, 2020). Este sistema, también conocido como rejeguería tradicional, es representativo de las áreas tropicales, con un potencial productivo que no está siendo bien aprovechado, ya que solo se producen 400 kg de leche/vaca/año. 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 UA/ha. Además, se tiene un periodo interparto de hasta 22 meses, lo que implica menos crías durante la vida productiva y, en consecuencia, menores ingresos económicos para el productor (Koppel, *et al.*, 2002). Lo anterior se puede deber a que las innovaciones tecnológicas no han sido integradas adecuadamente a los sistemas de producción existentes en el trópico. Sin embargo, el INIFAP cuenta con tecnología generada y validada para mejorar integralmente el sistema de doble propósito; dicha tecnología está documentada en diversas publicaciones (Calderón *et al.*, 2001; Aguilar *et al.*, 2004; Román *et al.*, 2009). En Puebla, el sitio experimental “Las Margaritas”, en 1981 inició la generación y validación de tecnología para mejorar integralmente el sistema de doble propósito, con la



finalidad de responder a una demanda de los productores, de tal forma que en 2008 se inició el módulo de validación de doble propósito “El Paraíso de Ayotoxco”, por lo que el objetivo del trabajo fue determinar sus costos de producción y rentabilidad.

## **Materiales y Métodos**

La unidad de producción “El Paraíso de Ayotoxco” se localiza a una altitud de 240 msnm. El clima es subtropical húmedo, con temperatura media de 23°C, precipitación de 2, 200 mm y humedad relativa de 80%. Su topografía es quebrada, con pendientes pronunciadas, los suelos son poco profundos, con textura areno-arcillosa, pobres en materia orgánica y pH de 4 a 5. El módulo de validación cuenta con una superficie de 143 ha, de las cuales 97 están establecidas con pastos del género *Brachiaria*, en su mayoría *brizantha* (Insurgente), 40 ha con gramas nativas (*Axonopus* y *Paspalum* sp), 3 ha con Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y 3 ha con caña japonesa (*Saccharum sinense* Roxb.). Además, cuenta con corral de manejo, baño garrapaticida, galera de ordeño con corral de retención, corral de becerros (rejo) con piso de concreto y tanque enfriador de leche. Las vacas en ordeño, las secas y las becerras en desarrollo, pastorearon rotacionalmente en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*), con periodos de descanso de 30 y 45 d (P-V, y O-I) respectivamente; y consumieron minerales y agua a libertad. Los becerros de nacimiento a destete, pastorean en zacate Estrella de África y gramas nativas. En octubre de 2017 se inició la fertilización de los potreros con la fórmula 138-69-00. 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 o ensilado de maíz. A las vacas secas se les proporcionó 2 kg/d del mismo concentrado un mes antes del parto. La alimentación de las crías, además del pastoreo, hasta que alcanzaron 100 kg de peso vivo, consistió en la leche consumida durante el apoyo y 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 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. El manejo reproductivo consistió en

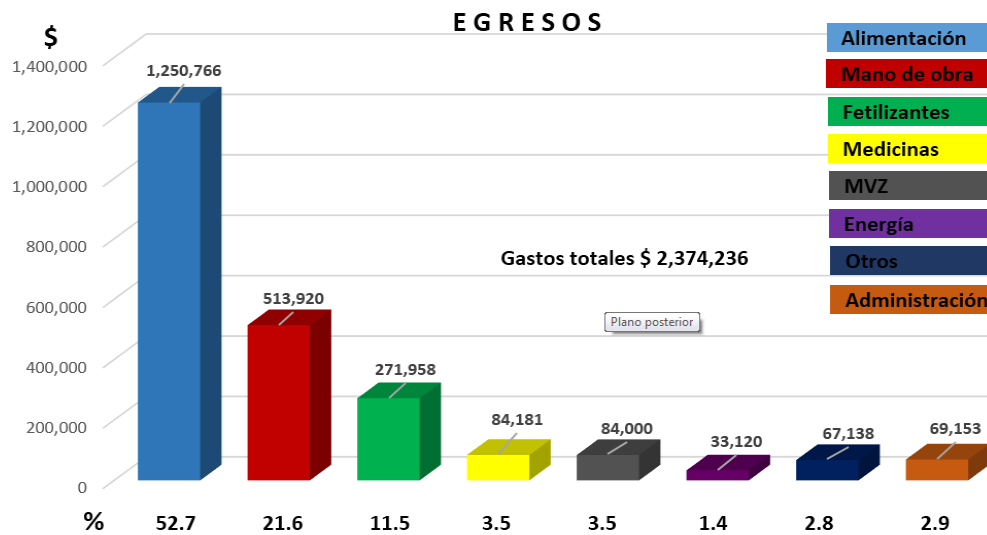




empadre continuo con monta controlada; la detección de calores se realizó mañana y tarde durante la ordeña; la palpación rectal se efectuó cada tres meses. Las vaquillas iniciaron manejo reproductivo aproximadamente a los 330 kg en empadre continuo con monta natural. El análisis económico (de enero a diciembre de 2019), utilizó la metodología propuesta por el INIFAP (Aguilar *et al.*, 2001) para la evaluación económica de ranchos ganaderos por el análisis de ingresos, que empleo precios corrientes o de mercado, y se determinaron con base a los gastos de operación. Los datos utilizados fueron los registrados durante el periodo evaluado, en cuanto a la producción de leche, becerros y animales de desecho.

## Resultados y Discusión

La Figura 1, presenta los gastos de operación (enero-diciembre de 2019), fueron \$ 2, 305,083, donde el rubro de mayor impacto (52.68% del costo total) fue el costo de alimentación (\$ 1,250,767), seguido de la mano de obra fija y eventual (\$ 513,920), equivalentes al 21.65%.



**Figura 1. Gastos de operación del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**

El gasto por fertilización (\$ 271,958) fue de 11.5%. El único gasto fijo fue el de administración.



El Ingreso fue de \$ 2,893,607 y se presenta en el Cuadro 1; de dicho ingreso, por venta de 374,141 kg de leche fueron \$ 2,181,242 (75.38%), por venta de 45 becerros fueron \$ 387,765 (13.40%) y por venta de 12 vacas de desecho fueron \$ 105,600 (3.65%), además, del ingreso potencial de \$ 219,000 (7.57%), considerando 19 cabezas que es la diferencia entre los animales existentes al inicio y al final del periodo evaluado.

**Cuadro 1. Ingresos del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**

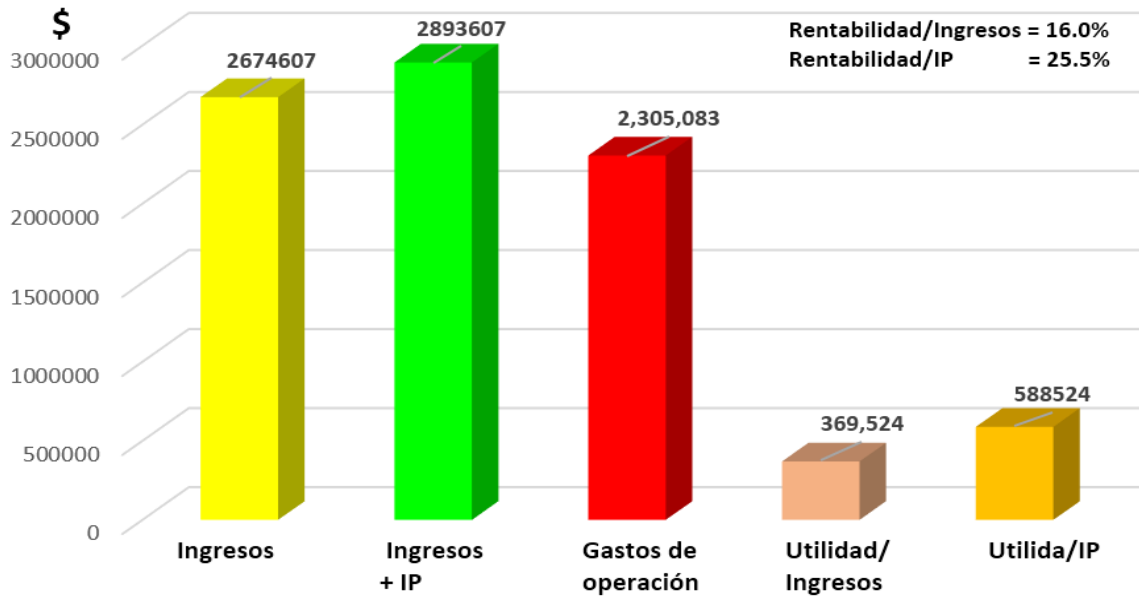
Concepto	\$	%
Leche (374,111 kg)	2, 181,242	75.4
Desechos (12 vacas)	105, 600	3.6
Beceros (45)	387, 765	13.4
Total	2,893,607	100

El costo de un kilogramo de cada uno de los productos, se obtuvo dividiendo el gasto de operación entre los kilogramos de cada uno de ellos; para 1 kg de leche producida fue \$ 4.78, para 1 kg de becerro \$ 41.11 y para 1 kg de vaca de desecho \$ 18.05.

La utilidad y rentabilidad (Figura 2), se determinaron considerando los gastos de operación sin incluir los de administración.

La eficiencia económica del módulo, o utilidad bruta (\$ 369,524), es la diferencia entre ingresos y gastos de operación, con una rentabilidad de 16%. En la misma Figura, se presentan la utilidad (\$ 588,524) y la rentabilidad (25.5%) tomando en cuenta los ingresos potenciales.

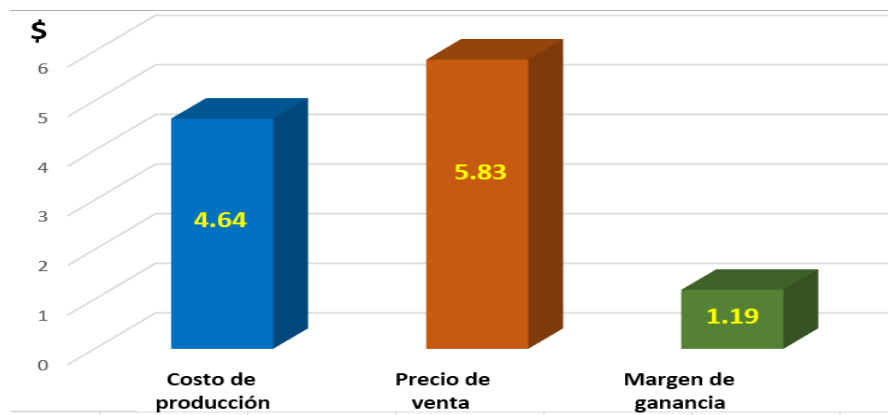
El precio de venta del kilogramo de leche fue de \$ 5.83, el de becerro \$ 47.90 y el de vaca de desecho de \$ 22.00.



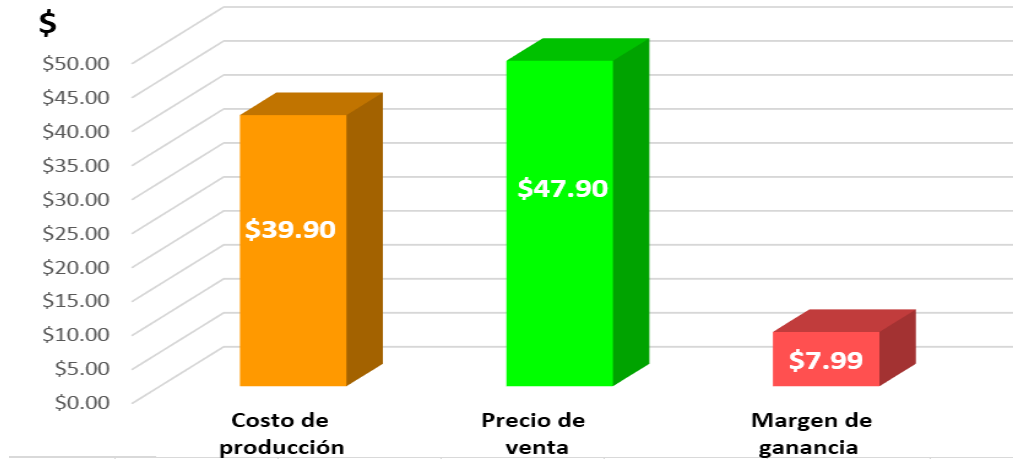
IP=Ingresos potenciales

**Figura 2. Utilidad y rentabilidad del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**

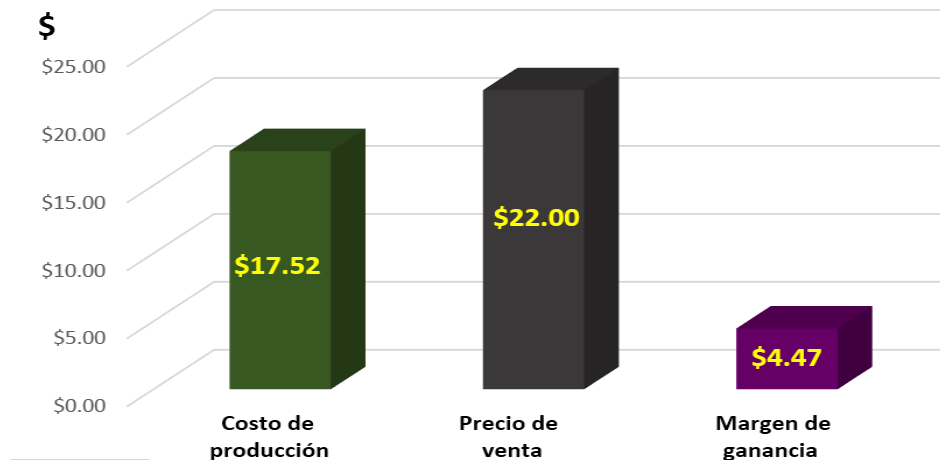
Al restar el precio promedio de venta por kilogramo de cada producto a su costo de producción con base al gasto de operación, se obtuvo el margen de utilidad, que fue \$ 1.19 (24.9%) para el kilogramo de leche (Figura 3), \$ 7.99 (19.4%) para el de becerro (Figura 4) y \$ 4.47 (20.32%) para el de vaca de desecho (Figura 5).



**Figura 3. Margen de ganancia por kilogramo de leche del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**



**Figura 4. Margen de ganancia por kilogramo de becerro del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**



**Figura 5. Margen de ganancia por kilogramo de vaca de desecho del módulo de doble propósito “El Paraíso”, en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, de enero a diciembre de 2019.**

En el caso de los gastos de operación, el rubro de alimentación, que en el presente estudio fue de 52.7% fue el que más incidió, lo que está aparentemente de acuerdo con lo informado por Calderón *et al.* (2010) para lechería tropical (56.1%) y doble propósito (48.6%), ya que la diferencia es de alrededor del 3% a favor o en contra. Lo anterior también coincide con lo mencionado por Stelwagen y Grieve (1990), quienes reportaron valores para costos de alimentación de vaquillas que van de 40 a 70%; sin embargo, para el caso de mano de obra que es el segundo rubro en importancia, si hay una diferencia entre este estudio (21.6%) y lo informado para lechería tropical (15.4%) de un poco más de 6 puntos porcentuales, que no se



reflejan en el caso de doble propósito (22.3%), lo que puede deberse a que en lechería tropical es mayor, pero se hizo más eficiente el uso de la mano de obra; no obstante, para este trabajo y el de Calderón *et al.* (2010), en conjunto los dos rubros anteriores oscilan entre 70.9 y 74.3%, lo que se encuentra en el rango permisible de entre el 60 y 80%, dependiendo del sistema de producción de acuerdo a la intensidad en el manejo, por ejemplo, Gabler *et al.* (2000) dan valores, en el caso de vaquillas, de 52.9% para alimentación y de 17% para mano de obra.

La rentabilidad en el presente estudio fue de 16% cuando no se incluyeron los ingresos potenciales y del 25.5% al incluirlos, En otro estudio (Calderón *et al.*, 2010), cuando se incluyeron solo los costos variables, la rentabilidad fue de 30.5% para lechería tropical y 24.8% para doble propósito; como se puede observar, los números son muy parecidos para los sistemas de doble propósito (25.5 vs 24.8%), pero inferiores a la lechería especializada (30.5%), sin embargo, todas generan utilidades en forma positiva y que en el caso del presente estudio, la obtención del retorno por cada peso invertido dio una utilidad neta de 25.5%.

En relación al margen de ganancia por producto, estos fueron aceptables: \$ 1.19 para el kg de leche, \$ 7.99 para el kg de becerro y \$ 4.47 para el kg de vaca de desecho. Sin duda alguna, el de mayor impacto, por la cantidad de kilogramos producidos, fue el de la leche (\$ 1.19/kg), lo que representa el 25.6% de margen de utilidad. Lo anterior está de acuerdo con lo encontrado en productores de otra región subtropical de México, de 23% (Albarrán *et al.*, 2015), coincidiendo que en ambos casos los animales fueron suplementados con un concentrado. Cabe mencionar que sustentablemente, el sistema de producción de doble propósito en estudio, se ha sostenido de 2008 a la fecha. Durante ese periodo se ha implementado la plantación de cercos vivos, se ha evitado la erosión del suelo, se han sembrado áreas de bambú para el confort de los animales, y al sistema de producción, amigable con ambiente. También, se ha incrementado de 200,000 a 400,000 kg de leche/ año.

## **Conclusiones**

En conclusión, la inversión en sistemas de doble propósito, utilizando la tecnología generada por el INIFAP, repercute de manera positiva, ya que produce utilidades que impactan, dada la



obtención del retorno por cada peso invertido de 25.5 centavos, así como márgenes de ganancia aceptables de \$ 1.19 a \$ 7.99, dependiendo del producto.

## Literatura Citada

- Aguilar, B. U., J. Lagunes L. y J. M. Pérez S. 2001. Metodología para la evaluación económica en ranchos ganaderos de doble propósito. Memoria día del ganadero. INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Veracruz-México.
- Aguilar, B. U., G. Bonilla H., R. C. Calderón R., O. G. Castañeda M., J. R. Galavíz R., T. A. González O. *et al.* 2004. Manejo integral de la unidad de producción bovina de doble propósito “La Doña”. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP. Septiembre 2004.
- Román, P. H., L. Ortega R., L. Hernández A., E. Díaz A., J. A. Espinosa G., G. Nuñez H., *et al.* (comp.). 2009. Producción de leche de bovinos en el sistema de doble propósito. Libro técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 355 p.
- Albarrán, P. B., S. Rebollar R., A. García M., R. Rojo R., F. Avilés N., C. M. Arriaga J. 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 47:519–523 DOI 10.1007/s11250-014-0753-8.
- Calderón, R. R. C., U. Aguilar B. y J. Lagunes L. 2010. Evaluación económica de las unidades de lechería tropical y doble propósito del S. E. Las Margaritas: Costo de producción, Margen de utilidad y punto de equilibrio. *In: Los grandes retos para la ganadería: Hambre, pobreza y crisis ambiental.* UACH-CP. pp 283-290.
- Calderón, R. R. C., S. Sánchez R., R. Cruz S. y F. J. Enríquez Q. 2001. “Guía Ilustrativa para el manejo del ganado bovino de doble propósito en áreas tropicales” Folleto Técnico Núm. 1. SAGAR-INIFAP-CIRPAS, Oaxaca, Méx. 66p.
- CANILEC (Cámara Nacional de Industriales de la Leche). 2019. Estadísticas del sector lácteo 2010-2018. <https://www.canilec.org.mx/estadisticas%20lacteos%202019.pdf> [consultado septiembre 2020].
- Dávalos, F. J. L. 2020. Panorama general de la leche en el mundo y México. En foro: Perspectivas del mercado de lácteos 2020. Revista lactinios enero-marzo 2020. CANILEC ciudad de México. pp 25-27. <https://www.canilec.org.mx/wp-content/uploads/2020/03/Panorama-general-de-la-leche-en-M%C3%A9xico-y-el-mundo.pdf> [consultado abril 2021].



- Gabler, M. T., R. Tozer P. and J. Heinrinchs A. 2000. Development of a Cost Analysis Spreadsheet for Calculating the Costs to Raise a Replacement Dairy Heifer. *Journal of Dairy Science*. 83(5):1104-1109.
- Gallardo, N. J. L. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería.
- Koppel, R. E. T., *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.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). [consultado septiembre 2020].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). [consultado mayo 2021].
- Stelwagen, K. and G. Grieve D. 1990. Effect of plane nutrition on growth and mammary gland development in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 73:2333-2341.



# PROTOTIPO DE INSPECCIÓN DE PIÑA PARA EXPORTACIÓN BASADO EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y VISIÓN ARTIFICIAL

*Sorelly Ramírez Romero<sup>1</sup>, Miguel Emilio Jerónimo<sup>2</sup>, Mauricio Bortolotti Hernández<sup>3</sup>, Ana Lid Del Angel Pérez<sup>4</sup> y Jeremías Nataren Velázquez<sup>5</sup>*

---

## Resumen

Los consumidores internacionales indican los requisitos que deben de cumplir los productos alimenticios para ingresar en sus fronteras, y el campo mexicano no es exento de ello, por lo que es necesario que los productos que de él emanen cumplan con los requerimientos de estos compradores. Es por ello que el objetivo de este proyecto es el desarrollo de un prototipo de inspección de piña para exportación basado en redes neuronales artificiales y visión artificial, cimentado en normas de calidad e inocuidad nacionales e internacionales. El desarrollo de este trabajo se ha realizado con técnicas de programación utilizando Python y aprendizaje supervisado de la red neuronal, con TensorFlow y Keras, así como componentes electrónicos para determinar el calibre de las frutas, todo alimentado con energía solar para reducir costos. Con base en los resultados que se obtuvieron en la fase de pruebas, se determinó que cumple con los requerimientos encomendados por los dueños de empaques, los cuales determinaron que el algoritmo presentado tiene una confiabilidad del 95%.

**Palabras clave:** Redes neuronales artificiales, visión artificial, piña, agroindustria

---

<sup>1</sup> Profesora Investigadora adjunta al programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. Av. Tecnológico s/n, Col. Los Ángeles, Cosamaloapan, Veracruz, México. C.P. 95400. [solr11@hotmail.com](mailto:solr11@hotmail.com) / Autora de correspondencia.

<sup>2</sup> Estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. Av. Tecnológico s/n, Col. Los Ángeles, Cosamaloapan, Veracruz, México. C.P. 95400.

<sup>3</sup> Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. Av. Tecnológico s/n, Col. Los Ángeles, Cosamaloapan, Veracruz, México. C.P. 95400.

<sup>4</sup> Investigadora del Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP Veracruz.

<sup>5</sup> Investigador del Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP Veracruz.





## Introducción

México ocupa el noveno lugar en producción de piña tropical, tan solo en el 2016 produjo 875, 839 toneladas, de las cuales Veracruz generó un volumen de producción de 817, 463 toneladas, siendo el primer productor a nivel nacional de este fruto (SIAP 2019). Del total de la producción nacional, México solo logró exportar, 86 mil toneladas de piña (10%), lo cual es un indicador muy bajo. Esto como resultado del rechazo de la fruta evaluada bajo las condiciones de calidad que establecen los países a los cuales se realizan las exportaciones (Martner, 2006). En la actualidad Estados Unidos es el principal comprador de México (Cerrato, 2013), sin dejar de lado los propósitos de expansión hacia Alemania, España, Japón e Italia.

Entre los factores que se toman en cuenta para la evaluación de una piña, están los que se mencionan como “*Calidad superior*”, que es aquella que presenta la mejor apariencia física y que cumple con un proceso de selección muy riguroso (NMX-FF-028-SCFI-2008). Estos están identificados por el grado de maduración, calibre, tamaño de corona y defectos físicos; estos últimos deben mantener a la fruta libre de podredumbre o deterioro, materia extraña visible, plagas, daños, etc. Cada uno de estos factores, así como los internos representan la aceptación en el mercado de la piña que debe ser empacada en fresco para su comercialización. A pesar de estas reglas escritas, también los compradores extranjeros marcan requerimientos propios, lo cual hace que se acrecenté el nivel de calidad del producto. Por estas razones la clasificación y selección de la piña debe realizarse con estricto cuidado, esta labor la realizan personas capacitadas y con experiencia en selección y clasificación que pueda llevar a cabo este control de una manera minuciosa.

En el estado de Veracruz existen centros de empaque de piña en fresco, donde esta selección se lleva a cabo de una forma manual y semi automatizada, sin embargo, también hay centros de empaque (aunque un número reducido) que cuentan con tecnología capaz de clasificar por color y calibre, pero dejando de inspeccionar otros factores importantes para la evaluación (Ramírez *et al.*, 2015), la tecnología extranjera que se importa para aplicar a estos procesos, aumenta su costo de inversión. Existen técnicas que se han ido introduciendo al sector alimentario para poder realizar estos procesos de clasificación de una manera más exacta, dos de ellos son: Redes Neuronales Artificiales (RNA's) y Visión Artificial (VA), (Constante *et al.*, 2016). Ambas técnicas emulan el comportamiento de análisis de humano, a través de un



modelo matemático. Las Redes Neuronales Artificiales han sido utilizadas en la industria alimentaria, ya que son un modelo simplificado del cerebro, capaz de aprender y resolver problemas a través de la experiencia (Díez, 2001, López *et al.*, 2008). Por su parte la visión artificial brinda métodos de adquisición de imágenes, su procesamiento y su comprensión a través de los dispositivos electrónicos.

Es por ello que el objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema de inspección de características físicas externas de piña variedad MD2, basado en RNA's y VA, fundamentado en normas nacionales e internacionales de calidad e inocuidad. Se consideraron características físicas como color, tamaño de corona, calibre, así como defectos físicos, fundamentado en normas de calidad e inocuidad para la piña vigentes, nacionales e internacionales. Proporcionando al productor una herramienta que automatice la línea de producción y genere un incremento en la productividad de la empresa, reduciendo costos de producción y beneficie al sector en general.

## **Materiales y Métodos**

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo durante el año 2019, en el Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan, dada la necesidad que presentan los productores de piña de la Cuenca del Papaloapan.

**Diseño:** para su construcción se definió la utilización de una metodología de ingeniería de software, que permitió la evaluación periódica de cada uno de los módulos desarrollados en el sistema, por lo que se determinó la utilización del modelo de desarrollo en módulos y de cascada (Pressman, 2005; Sommerville, 2005). Dado que los requerimientos especificados por el productor, son adecuaciones que se deben realizar al sistema, de acuerdo al país al que se desea exportar la piña, en este caso la Unión Europea, estos requerimientos son, características físicas como color, tamaño de corona, calibre, así como defectos físicos, por lo que el software fue desarrollado de la siguiente forma:

Módulo 1. Cuerpo de la fruta. Captura la imagen de la piña completa a través de la Cámara 1. Aplica una máscara donde se obtiene sólo la sección del cuerpo, basado en el rango de color



(HSV) (Cubero, 2012; García *et al.*, 2016). Realizada esta acción, se hace el recorte de la imagen para adquirir el tamaño real del cuerpo.

Módulo 2. Corona, de la imagen original y basado en el área del cuerpo de la fruta, se realiza un recorte inverso (sólo la corona), colocando una línea guía, para obtener su altura. Así mismo, tomando como referencia el tamaño del cuerpo se compara con la altura de la corona y se determina su relación, que de manera óptima deber ser 1:1. Si este valor estuviera fuera de los límites especificados en el sistema, se mostraría un aviso de rechazo.

Módulo 3. Los defectos físicos, se determinan utilizando la imagen del cuerpo, se aplica una máscara basada en el rango de color por defecto (para el desarrollo se establece que capa 1= blanco, capa 2 = café, capa 3 = negro). Se realiza el cálculo del área del cuerpo y se calcula el área de cada defecto identificado de acuerdo a su color, además del porcentaje del defecto, y de acuerdo a parámetros establecidos, muestra un aviso de aceptación o rechazo.

Módulo 4. Color, a partir del desarrollo de la base de datos que almacena las imágenes que serán clasificadas de acuerdo a la normatividad, para entrenar la red neuronal artificial (RNA). Se desarrolló del algoritmo que importa el peso y modelo de la RNA (Britos, 2005), para obtener un resultado que será la categoría de color de acuerdo a la norma.

Módulo 5. Para determinar el calibre, se utilizó una balanza digital para determinar el peso de la fruta, mismo que deberá cumplir especificaciones para su aceptación o rechazo (Ramírez *et al.*, 2014). Módulo 6. Informes y gráficas, con en base en los datos obtenidos a través de los módulos anteriores se emiten informes que muestran los resultados numéricos de las mediciones realizadas, así como sus gráficas correspondientes.

Módulo 7. Energía solar, a fin de proporcionar sustentabilidad al proyecto, y disminuir costos de producción para los productores, se diseñó un módulo de alimentación de energía solar, que será capaz de proveer la energía suficiente para hacer funcionar el sistema de captura de imágenes (Méndez *et al.*, 2007).

**Codificación:** una vez identificados los requerimientos y diseñado el sistema se determinó que el lenguaje a utilizar sería Python, debido a que reduce el tiempo de trabajo, permite el uso de diferentes librerías que generan una aceleración en el tiempo de desarrollo, es de código abierto, y entre otras cosas tiene altos niveles de flexibilidad. Además de acuerdo a las necesidades del sistema se estableció que estaría desarrollado utilizando Redes Neuronales Artificiales y Visión Artificial, lo que hace que Python como lenguaje de programación, sea ideal



para su desarrollo (López *et al.*, 2015; Nolasco, 2018). También se adaptó un módulo de Arduino, que permite identificar el peso de la fruta, el cual se clasifica a través de los calibres, especificados por la norma.

El algoritmo de entrenamiento de la RNA utilizado en la programación y que modifica el valor de los pesos de acuerdo con la expresión es:

$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + \Delta w_{ij}(n)$$

donde  $w_{ij}$  es el valor que se obtiene por medio de una regla que define el algoritmo de entrenamiento. Debido a que si  $E(n)$  es el error de la red cuando se propaga el  $n$ ésimo patrón de entrenamiento se tienen dos posibilidades de medir el desempeño de la red.

$$E(n) = \frac{1}{2N} \sum_z^N \sum_j (e_j(n))^2$$

Esta expresión define el error global en la RNA sobre el conjunto de aprendizaje o sobre los  $N$  patrones, mientras que la expresión:

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_j e_j(n)^2$$

define el error medio cuadrático (MSE) instantáneo o de un patrón y es una aproximación a la ecuación inicial con la ventaja de requerir un menor esfuerzo computacional.

Otro algoritmo utilizado fue el de propagación hacia atrás (BP) (Escaño, 2019) modifica  $w_{ji}(n)$  respecto a  $E(n)$ , el cual usa la información de primer orden. Es decir:

$$\Delta w_{ji}(n) = \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ji}(n)}$$

Utilizando, el algoritmo de propagación hacia atrás establece que

$$\Delta w_{ji}(n) = -\delta_j(n) y_i(n)$$

Siendo  $\delta_j(n)$  el gradiente local. Si  $j$  es una neurona de la capa de salida

$$\delta_j(n) = e_j(n) \Phi_j'(v_j(n))$$

Si la neurona  $j$  pertenece

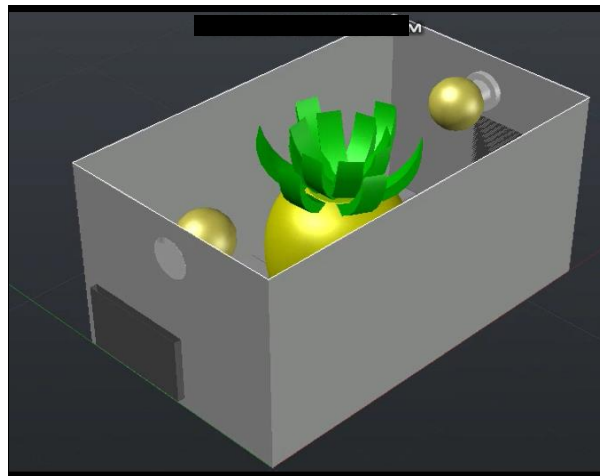
$$\delta_j(n) = \Phi_j'(v_j(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n)$$

Por lo tanto, algoritmo BP modifica iterativamente los pesos con las ecuaciones hasta que alcance un valor de tolerancia lo cual significa que la red ha aprendido el conjunto de entrenamiento.



Para efectos de entrenamiento se obtuvieron 500 imágenes de piña, todas con características diferentes que permitieran generar un comportamiento predictivo en la red, que abarcara los requerimientos especificados por el sistema.

**Construcción del prototipo:** para realizar la verificación del sistema, se desarrolló el prototipo a través de AUTOCAD (Figura 1), para una mejor referencia. Dicho módulo fue construido con materiales simples como: una caja de cartón de medidas 36 h x 60 b x 30 a, dos focos tipos led que sirven para brindar iluminación y dos teléfonos celulares que captan las imágenes para posteriormente transmitirlos vía bluetooth o Wi-Fi al ordenador y poder ser procesadas ( Figura 2).



**Figura 1. Modelado 3D del prototipo.**



**Figura 2. Prototipo inicial desarrollado para la realización de pruebas y obtención de datos.**



Prototipo final: en el diseño del prototipo final, se tomó como referencia el producto de inspección, mismo que será recibido en la banda e inspeccionado al entrar a la recámara de observación, esto sin ser tocado por la mano del hombre (la ilustración se muestra en el apartado de resultados), todo alimentado por una fuente de energía solar, que estará conectada al prototipo. Prueba y depuración: en esta etapa se verifican e integran todos los elementos del sistema y se valida que funcionen correctamente y cumplan con los requisitos, esto es, identificando aquellas actividades de inspección que deben ser mejoradas o en su defecto ajustadas según las especificaciones de los clientes, a través de los resultados obtenidos por el sistema.

Prueba en campo: en las instalaciones de empaque de piña en fresco, determinada por el productor, se realizó la ejecución del sistema, a través de un muestro al azar simple, mismo que sirvió también para seguir entrenando la red neuronal. En esta ejecución se suministraron 1500 imágenes, de piñas que se encontraban en la planta de empaque y que precisaron aún más la capacidad de predicción de la red neuronal artificial.

## Resultados y Discusión

En la fase de prueba del sistema clasificador de piña variedad MD2, basado en redes neuronales y visión artificial, se obtuvieron diversos resultados, que a continuación se describen:

**Análisis:** el análisis de las frutas a través del sistema de inspección, inicia a partir de la obtención de una muestra previa de la piña, a través de las dos cámaras, y que muestran las características físicas a inspeccionar (estado de la piña, tamaño del cuerpo, tamaño de la corona y calibre) (Figura 3).

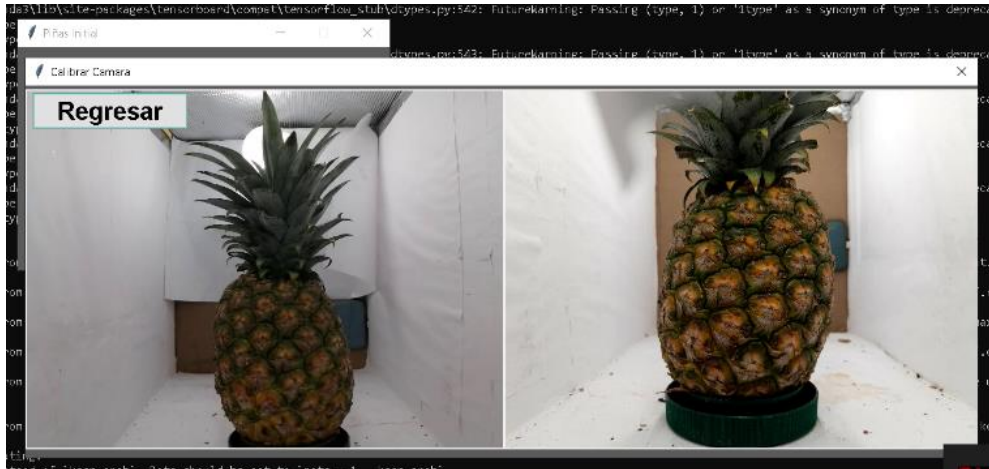


Figura 3. Imagen en tiempo real de la piña a inspeccionar.

El proceso de visión artificial ejecuta una serie de algoritmos los cuales muestran de fondo las imágenes que identifican (ya calibradas previamente por el sistema): el cuerpo de la piña, su longitud de cuerpo, corona y longitud, así como el espectro del color establecido, lo que servirá de base para detectar defectos físicos. A su vez estos datos son almacenados para mostrar en un concentrado al operador, cuantas frutas tuvieron cada una de las características analizadas y detectadas (Figura 4).

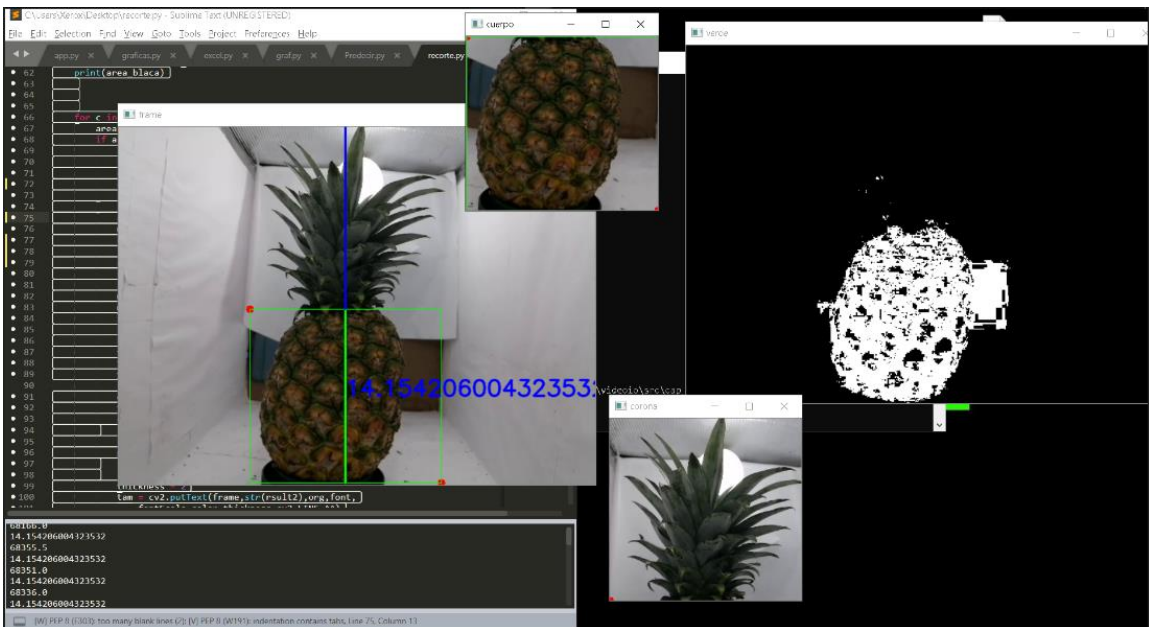


Figura 4. Pantallas de resultado del análisis de la visión artificial.



**Resultados de análisis:** el análisis que realiza la ejecución de la red neuronal, identifica la categoría específica de la piña de acuerdo a su color, mientras que el análisis de visión artificial, identifica el tamaño del cuerpo de la piña y el tamaño de la corona, así como sus defectos, así mismo, la báscula que se adaptó toma el peso de la fruta para identificar el calibre correspondiente, concluyendo con ello la totalidad de los requerimientos solicitados (Figura 5).



**Figura 5. Pantalla de resultados.**

**Gráficas y resultados:** en la planta de empaque de piña en fresco, después de las pruebas realizadas *in situ*, con diferentes tipos de piñas (colores, tamaños, defectos), el sistema muestra la recolección de los datos obtenidos (Figura 6), así como una serie de graficas que reúnen los datos tomados y los muestra a través de códigos de barras, para facilitar su interpretación (Figura 7).

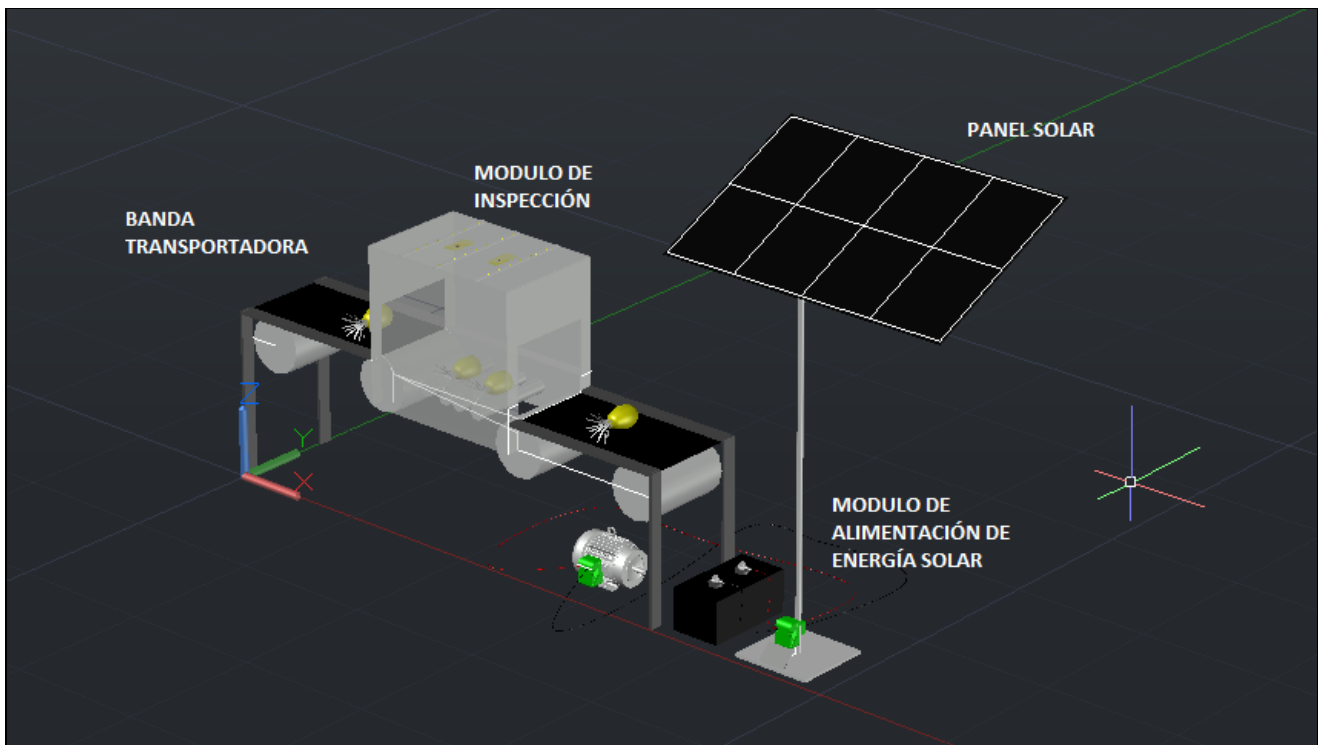
De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba piloto del prototipo, y tomando en cuenta la opinión del encargado del área de control de empaque, se obtuvo que el 95% de las frutas fue seleccionado acorde a los requisitos que se tienen establecidos en la planta de empaque, esto es, 55 de las frutas no fueron reconocidas de acuerdo a las tablas de color que ellos manejan, mientras que 20 piñas, variaron de acuerdo al calibre final.







**Prototipo final:** el diseño por computadora del prototipo final, para cumplir con los requerimientos del sistema, constará de un módulo de inspección automatizado, que incluye ubicación de cámaras, luces led y báscula industrial, banda transportadora y el módulo de alimentación de energía a través de panel solar. Las medidas estimadas de este prototipo son de 1.80 cm alto y 241cm ancho, lo que permitirá con facilidad su traslado para la realización de pruebas en campo (empresas de empaque de piña en fresco). A través de este diseño se podrán hacer las modificaciones necesarias para su construcción y su colocación en cualquier entorno que se requiera). Su funcionamiento permitirá tomar las imágenes adecuadas para realizar la inspección de las frutas, en tiempo real y así poder determinar su aceptación o rechazo de acuerdo a los requerimientos del cliente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**Figura 8. Módulo de inspección automatizado.**



Una de las finalidades de esta herramienta es cumplir con las normas de inocuidad solicitadas por normas nacionales e internacionales, por ejemplo, la *NOM-EM-034-FITO-2000*, donde se solicita entre otras cosas:

- *“Evitar que el producto seleccionado... sean manipulados de manera no higiénica por los trabajadores”.*

Así como:

- *“Implementar un programa que permita mantener la identidad del producto desde el campo hasta el almacén, que incluya mínimamente información sobre la unidad de producción, producto, lote, fecha de corte, fecha de proceso en la empacadora, número de cajas de cada lote y responsable del turno de selección”.*

## **Conclusiones**

- 1) Con base a los resultados que se obtuvieron de las pruebas del sistema de inspección, de características físicas y externas de piña variedad MD2, basado en redes neuronales artificiales y visión artificial para exportación, se determinó que cumple con los requerimientos encomendados por los expertos (dueños de empaques de piña en fresco), mismos que mostraron interés en su adquisición, una vez que se haya concluido con su construcción.
- 2) Este sistema está basado en el análisis de la superficie de la piña, misma que por sus características irregulares, representa un reto para su identificación, por lo que este modelo se puede adaptar para la inspección de otra fruta o verdura con una superficie regular (tomate, aguacate, chayote, etc.).
- 3) El campo mexicano necesita alternativas locales que le permitan incursionar en nuevos mercados, en especial el sector piñero de México, que ha sufrido en los últimos 20 años una invasión de fruta proveniente del extranjero. Por lo que es debido proveerle de tecnología que logre automatizar sus procesos post cosecha, así como aquellos que eleven la calidad de sus productos.



## Literatura Citada

- Britos, M. I. P. 2005. "*Entrenamiento de redes neuronales basado en algoritmos evolutivos*". Facultad de Ingeniería Universidad De Buenos Aires. Argentina.
- Cerrato, I. 2013. *Estudio de mercado para la comercialización de piña MD2*. Secretaria de agricultura y ganadería.
- Cubero, G. S. 2012. *Diseño e implementación de nuevas tecnologías basadas en visión artificial para la inspección no destructiva de la calidad de fruta en campo y mínimamente procesada*. Universidad Politécnica de Valencia. [url:10.4995/Thesis/10251/15999](http://url:10.4995/Thesis/10251/15999).
- Escaño, G. J. M., García Caballero, J. y Nuevo García, A. 2019. *Integración de sistemas de automatización industrial*. Ediciones Paraninfo, S.A. España.
- López, A. J., et al. 2015. "*Enseñanza del Procesamiento de Imágenes en Ingeniería usando Python*." Versión Abierta Español–portugués: 179p.
- López, R. F. y J. M. Fernández F. 2008. *Las Redes Neuronales Artificiales*. España, NETBIBLO.
- Martner, P. C. 2006. "*Cadenas logísticas de exportación de frutas y desarrollo local en el sureste de México*." EURE (Santiago) 32(97): 63-80.
- NMX-FF-028-SCFI-2008. 2008. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano–fruta fresca–piña (*Ananas comosus var. comosus*)–especificaciones (cancela a la NMX-FF-028 fruit–pineapple, consumption–fresh).
- NOM-EM-034-FITO-2000. 2000. Norma oficial mexicana (con carácter de emergencia), requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas.
- Nolasco, V. J. S. 2018. *Python Aplicaciones prácticas*. Editorial Ra-Ma. España.
- Pressman, R. S. 2005. *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Ramírez, R. S. y K. A. Figueroa R. 2015. "Evaluación caracterización de productores de piña (*ananas comosus*) de la zona del Papaloapan de Veracruz, México". *Revista Mexicana de Agronegocios* 37(1345-2016-104487): 71-84.
- Sommerville, I. 2005. *Ingeniería del software*. 9na. Edición. Pearson educación. México.



## USO EFICIENTE DEL AGUA A TRAVÉS DEL RIEGO POR GOTEO, CON CINTILLA ENTERRADA EN MAÍZ

*Manuel Mora Gutiérrez<sup>1</sup>, Cruz Alfredo Tapia Naranjo<sup>1</sup> y Cesar Ulises Mora Mora<sup>2</sup>*

### Resumen

La Comisión Nacional del Agua en el estado de Querétaro, reporta que existe un déficit de recarga de los acuíferos de 237 millones de metros cúbicos y el nivel se abate de 1 a 3 metros por año y en algunos casos de 3 a 5 m por año. La superficie que es regada con goteo en el estado ha aumentado de manera importante; sin embargo, cuando se maneja la cintilla arriba del surco, corre el riesgo de ser atacada por animales roedores que muerden la cintilla y la dañan; asimismo, el ponerla y quitarla en cada siembra también se le llega a provocar daños. Lo anterior puede ocasionar una mayor inversión debido a que se tiene que reponer continuamente. La cintilla enterrada es una alternativa para estos casos. En pruebas que ha desarrollado el INIFAP en Querétaro, la cintilla enterrada ha durado 8 años con buen funcionamiento. El objetivo fue validar, en el largo plazo, la tecnología de riego por goteo, con la cintilla enterrada en suelos cultivados con maíz. El presente trabajo se validó para los años 2016 a 2020 en el Módulo Demostrativo Regina, ubicado en el municipio de San Juan del Río, Querétaro. El suelo del lugar de trabajo es un Feozem de 30 cm de profundidad, que tiene 56% de arena, 18% de arcilla, 26% de limo. Diseño de tratamientos: se establecieron franjas de 20 surcos de 0.75 m, ancho x 90 metros de largo, con fertirriego y 20 como testigo de riego por compuertas. Para el rendimiento, se realizaron 4 muestreos al azar por tratamiento. Manejo del cultivo: la siembra se realizó en la segunda quincena del mes de mayo. La densidad de población fue de 90 mil plantas por hectárea. Para la dosis de fertilización, el testigo se fertilizó con una dosis de 300-60-40 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Para el fertirriego se disminuyó el 25% y se aplicó por hectárea 225-45-30 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Los resultados validaron que la tecnología de fertirriego por goteo con la cintilla enterrada después de 10 años continuos es viable y supera al riego

<sup>1</sup> CIRCE-Sitio Experimental Querétaro-INIFAP [mora.manuel@inifap.gob.mx](mailto:mora.manuel@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Colaborador de proyectos INIFAP



por compuertas, obteniendo ahorros de agua del 35 al 49%, rendimientos superiores en 30% y una disminución en la fertilización del 25%. La cintilla enterrada, a los 7 años continuos de funcionamiento presento un 94% de uniformidad en la aplicación del riego, lo que permite confirmar la sugerencia de utilizar la cintilla en esta modalidad.

**Palabras clave:** riego sub-superficial, riego subterráneo, riego por goteo en granos básicos

## Introducción

En el estado de Querétaro en la modalidad de riego en el ciclo primavera-verano, el cultivo de maíz es el más importante por su superficie sembrada. En el año 2020 se sembraron 22,689 hectáreas, con una producción de 178,949 toneladas y un rendimiento promedio de 8.4 t/ha. (SIAP, 2020). Aun cuando la producción promedio es un poco superior a las 8 t/ha, hay municipios como Pedro Escobedo, y San Juan del Rio, cuyo rendimiento promedio es superior a las 11 t/ha (SEDEA 2020), lo cual significa que es posible incrementar el rendimiento promedio del estado. Dentro de la problemática señalada en diferentes foros de consulta, se indican el alto precio de los insumos, el uso eficiente del agua y los precios del mercado, que no son los adecuados. La Comisión Nacional del Agua en el estado reporta que existe un déficit de recarga de los acuíferos de 237 millones de metros cúbicos y el nivel se abate de 1 a 3 metros por año y en algunos casos de 3 a 5 m por año. En evaluaciones realizadas por el INIFAP-Querétaro, desde el año 2010, en riego por goteo, se han obtenido ahorros de agua del 30 al 50% y rendimientos de maíz para grano superiores a 16 t/ha, llegando en ocasiones hasta 18 toneladas (Mora, 2018). La superficie que es regada con goteo en el estado ha aumentado de manera importante; sin embargo, cuando se maneja la cintilla arriba del surco, corre el riesgo de ser atacada por animales roedores que muerden la cintilla y la dañan; asimismo, el ponerla y quitarla en cada siembra también llega a provocar daños. Lo anterior puede ocasionar una mayor inversión debido a que se tiene que reponer continuamente. La cintilla enterrada es una alternativa para estos casos. En pruebas que ha desarrollado el INIFAP en Querétaro, la cintilla enterrada ha durado 8 años con buen funcionamiento. El



objetivo de este trabajo fue validar, en el largo plazo, la tecnología de riego por goteo con la cintilla enterrada en el cultivo de maíz.

## **Materiales y Métodos**

Descripción del sitio de trabajo. El trabajo se validó en el Modulo Demostrativo Regina, ubicado en el municipio de San Juan del Río, Querétaro. Las coordenadas del sitio son 20° 46' latitud norte y 99° 99' longitud oeste. La altitud es de 1920 m. La temperatura media anual promedio es de 17 a 18°C. La precipitación promedio es de 550 mm anuales. El clima se clasifica como semi seco templado. El suelo del lugar de trabajo es un Feozem de 30 cm de profundidad, que tiene 56% de arena, 18% de arcilla, 26% de limo, el pH es de 8.0, la conductividad eléctrica es de 0.19 dSm<sup>-1</sup>, materia orgánica de 2.4%, contenido de calcio, de 40.7 meq/100g, contenido de magnesio, de 4.13 meq/100g, contenido de potasio, de 2.02 meq/100g. Este tipo de suelos predominan en 30% de la superficie total del estado. Esta condición de suelos indica que se pueden limitar el rendimiento si no se manejan adecuadamente.

Manejo del cultivo. El presente trabajo se deriva de una parcela que lleva 11 años con riego por goteo con la cintilla enterrada. Esta parcela, en forma continua se operó sin cambiar la cintilla por 8 años continuos. A partir de 2019 se hizo el cambio por cintilla nueva. Se hace referencia a los últimos 5 años de información obtenida. La preparación del terreno se realizó un desvare y se dejó aproximadamente el 30% del cultivo anterior; en los primeros 6 años se sembró en labranza cero, posteriormente en los siguientes 4 años, con labranza reducida que consistió en un cincelo de 10 cm de profundidad. La siembra se realizó en la 2<sup>a</sup> quincena del mes de mayo. La densidad de población fue de 90 mil plantas por hectárea. Para la dosis de fertilización, el testigo se fertilizó con una dosis de 300-60-40 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Para el fertirriego se disminuyó el 25% y se aplicó por hectárea 225-45-30 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). La distribución del fertilizante se realizó según se muestra en el Cuadro 1.

Las fertilizaciones fueron aplicadas semanalmente utilizando como fuente de nitrógeno urea, como fuente de fósforo, ácido fosfórico y como fuente de potasio, cloruro de potasio. Aplicación de Fertilización foliar. Se realizó una aplicación de sulfato ferroso + urea (2 + 2 kg/ha), para compensar el efecto del pH alcalino, que limita la absorción de hierro.



**Cuadro 1. Programa de fertilización para el sistema de fertirriego por goteo con cintilla enterrada.**

Días	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
0-25	8	4	9
25-50	35	27	44
50-75	31	36	31
75-100	20	25	14
100-125	6	8	2

La principal plaga que se ha presentado en todos los años de evaluación fue el gusano cogollero, misma que se ha controlado con el insecticida clorpirifos a razón de un L/ha, en dos aplicaciones. Para el control de maleza se aplicó paraquat a una concentración de 2L/ha para control de maleza emergida; Foramsulfuron + Iodosulfuron metil sodio a una concentración de 150 g/ha, para control de maleza con hoja angosta y hoja ancha; asimismo, se aplicó una mezcla de sansón + hierbamina a razón de (1+1) L/ha para control de maleza de hoja angosta y hoja ancha. Los riegos fueron suministrados de la siguiente manera: un riego de siembra por compuertas y los posteriores 1 por semana. La cintilla que se utilizó tiene las siguientes características, calibre 10 mil, distancia de goteros de 30 cm y gasto de goteros de 1.5 L/h. La determinación de la uniformidad de aplicación de riego se realizó en el 2017; se tomaron 12 puntos de muestreo en zig-zag a lo largo de la parcela, haciendo las lecturas en la parte inicial, en la parte media y al final de la parcela. Los aforos se realizaron para periodos de 5 minutos, al término de los cuales se tomó la lectura de la cantidad de agua acumulada en una probeta. La fórmula para obtener el coeficiente de uniformidad fue la siguiente:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N\bar{x}}\right) \times 100$$

Donde:

CUC = Coeficiente de uniformidad de Christiansen

$X_i$  = Cada uno de las observaciones desde  $i=1$  hasta  $N$

$\bar{X}$  = Promedio de las observaciones

$N$  = Número de observaciones





## Resultados y Discusión

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del 2016, donde se incluyó la medición de la producción de forraje en materia seca. Posteriormente en 2017 a 2020, se muestra la evaluación en rendimiento de grano.

**Cuadro 2. Producción de materia seca, rendimiento de grano de maíz y consumo de agua en dos sistemas de riego. San Juan del Río, Querétaro. Ciclo primavera-verano 2016.**

Sistema de riego	Agua aplicada m <sup>3</sup>	Producción de materia seca t/ha	Rendimiento de grano t/ha	Eficiencia en el uso del agua
Cintilla enterrada	5282	29.6	16.4	3.1
Compuertas	7840	22.9	10.6	1.3
Ahorro agua	2558			

Se aprecia que el rendimiento de forraje en materia seca y el rendimiento de grano, fueron superiores al rendimiento en riego por compuertas, en más de 29 y 50% respectivamente.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados correspondientes a los años 2017 a 2020. Se presentan los resultados de los últimos 4 años, como evidencia de las bondades de la tecnología.

**Cuadro 3. Rendimiento de grano de maíz y agua aplicada bajo dos sistemas de riego. Modulo demostrativo Regina, San Juan del Río, Querétaro. 2017 a 2020.**

Sistema de riego	Rendimiento de grano (t/ha)	Agua aplicada (m <sup>3</sup> /ha)	Ahorro de agua (m <sup>3</sup> )	Ahorro de agua (%)	Eficiencia Uso de agua (k de maíz/m <sup>3</sup> de agua)
Goteo con cintilla enterrada (2017)	14.7	4182	4658	47	3.5
Compuertas (2017)	11.4	8840			1.2
Goteo con cintilla enterrada (2018)	15.0	5515	2965	35	2.7
Compuertas (2018)	12.2	8480			1.43
Goteo con cintilla enterrada (2019)	16.0	5234	3486	39	3.0
Compuertas (2019)	12.0	8720			
Goteo con cintilla enterrada (2020)	15.0	5358	5437	49	2.7
Compuertas (2020)	11.2	10795			1.0



Se aprecia que en todos los años el riego por goteo con cintilla enterrada, supera el rendimiento del testigo con riego por compuertas y se mantiene entre 15 y 16 toneladas por hectárea. El ahorro de agua oscilo entre 35 y 49%, valores de mucha relevancia en la sustentabilidad del recurso hídrico para la agricultura. Cabe mencionar, que estas evaluaciones se realizaron en un suelo tipo feozem, que tiene una profundidad de 40 a 50 cm, contiene 56% de arena, y es de pH de 8.1, lo cual limita en gran medida su potencial productivo. Sin embargo, con el riego por goteo se logran obtener rendimientos similares a zonas con suelos de mayor calidad (más de 1.0 m de profundidad, más de 50% de arcilla y pH neutro). Estas condiciones de suelo donde se desarrollaron estas tecnologías son comunes en el estado y abarcan alrededor del 30% de la superficie. Se confirma que la tecnología permite aumentar el potencial productivo de los cultivos. Se confirma que el fertirriego es una tecnología que ofrece muchas ventajas en el ahorro de agua y mayor producción; así como en una mayor eficiencia en el uso del fertilizante (Moya, 1998).

En el siguiente cuadro se muestran los resultados del muestreo realizado para obtener el coeficiente de uniformidad de aplicación del riego.

**Cuadro 4. Aforo de 12 puntos de muestreo para la determinación del coeficiente de uniformidad en la aplicación del riego.**

Muestreo	Tiempo minutos	Gasto por gotero (mL)	Gasto por gotero L/h
1	5	112	1.344
2	5	116	1.392
3	5	122	1.464
4	5	114	1.368
5	5	116	1.392
6	5	114	1.368
7	5	116	1.392
8	5	117	1.404
9	5	117	1.404
10	5	100	1.2
11	5	95	1.14
12	5	110	1.32

Promedio del gasto por gotero 1.34 L/h.



El coeficiente de uniformidad que se obtuvo al aplicar la fórmula antes indicada fue de 94%. Este valor se considera como muy adecuado. Esta uniformidad de aplicación del riego es muy importante para garantizar y confirmar la bondad de la utilización de la cintilla enterrada. Es muy importante señalar que, al momento de la cosecha, el terreno debe estar seco, para no propiciar compactación; asimismo, durante el paso de maquinaria, también debe estar con poca humedad.

### **Conclusiones**

1) Se confirma que la tecnología de fertirriego por goteo, con la cintilla enterrada, es una tecnología viable para una mayor adopción del riego por goteo, obteniendo ahorros de agua del 35 al 49% y rendimientos de grano y materia seca superiores en más del 25%. 2) A través de coeficientes de uniformidad de aplicación de más de 90%, se validó el buen funcionamiento de la cintilla enterrada por 8 años continuos.

### **Literatura Citada**

Mora, G. M. 2020. Informe final del proyecto Desarrollo de tecnologías agrícolas sustentables para el estado de Querétaro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Sitio Experimental Querétaro. Querétaro, México.

Moya, T. J. A. 1998. Riego localizado y fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa España.

Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Querétaro. 2020. Anuario Estadístico de Producción Agropecuaria.

SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2020. Secretaría de agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap>



## MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS FORESTALES

*Juan Quintanar Olguin<sup>1\*</sup>*

### Resumen

La transferencia de tecnología es un proceso que permite la transmisión de conocimientos técnicos, económicos y comerciales para la fabricación de un producto, la gestión de un proceso o la prestación de un servicio, entre una organización y otra, así como los aprendizajes que estimulan la capitalización del conocimiento generado, es decir, la aplicabilidad del mismo para configurarlo en beneficios económicos. Es una secuencia interactiva de actividades que llevan a la adopción de una nueva técnica o conocimiento. En el sector forestal mexicano, no existe algún modelo definido de transferencia de tecnología, la cual se desarrolla mediante la aplicación de paquetes tecnológicos, con énfasis a que se aporte equipo y herramientas a los receptores del proceso, esto es, transferencia relacionados con el hardware (tecnología dura) y descuidando lo relacionado con la transferencia del conocimiento (tecnología blanda). Así, el modelo propuesto, que se basa en la teoría de la Innovación abierta (respuesta a una necesidad sentida), consta de seis etapas básicas: Identificación de la necesidad, planteamiento del proyecto de transferencia, adaptación e implementación de la alternativa tecnológica, desarrollo de nuevas capacidades técnicas, evaluación y adopción. El modelo que se aplicó para transferir la tecnología de secado solar a dos PYMES forestales.

**Palabras clave:** Marco estructural, conocimiento, productividad, mejora continua

<sup>1</sup> Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. quintanar.juan@inifap.gob.mx



## Introducción

En la actual globalización es imprescindible conocer el marco de los negocios en los que se desenvuelven las pequeñas y medianas empresas (PYME), para así anticipar y planear su desarrollo, además de lograr una posición avanzada en los procesos de producción y comercialización, mediante el uso de la tecnología para mejorar su competitividad. Sin embargo, ante la dificultad para destinar recursos económicos a la investigación y desarrollo, utilizan la transferencia de tecnología como una estrategia clave para reducir gastos y responder rápidamente a los cambios en el panorama competitivo (Jagoda *et al.*, 2009).

La transferencia de tecnología es un factor que adquiere cada vez mayor relevancia y debe entenderse como el proceso que permite la transmisión de conocimientos técnicos, económicos y comerciales, entre una organización y otra, así como los aprendizajes que estimulan la capitalización del conocimiento generado, es decir, la aplicabilidad del mismo para configurarlo en beneficios económicos (De Ossa *et al.*, 2018).

En términos académicos, el concepto de transferencia de tecnología se define como el proceso de transferencia de conocimientos necesarios para la fabricación de un producto, la gestión de un proceso o la prestación de un servicio. Y debe ser comprendida como una secuencia interactiva de actividades que llevan a la adopción de una nueva técnica o conocimiento y que envuelve la diseminación, demostración, entrenamiento y otras actividades (Manjarres *et al.*, 2013). En la definición del concepto, se deben incluir los elementos esenciales del proceso, para que el sector productivo pueda acceder a los nuevos desarrollos tecnológicos que mejoran y sustentan su actividad (Solano *et al.*, 2013).

A pesar de que el tema de la transferencia de tecnología se ha estudiado durante mucho tiempo, se reconoce como un proceso complejo y confuso, dada la cantidad de factores tangibles e intangibles que influyen en este fenómeno y sobre todo por la continua evolución de los mecanismos y de las circunstancias que concurren en el funcionamiento de las estructuras de transferencia (Bozeman, 2000). Por otro lado, lo más conocido del tema son los aspectos de hardware, descuidándose la faceta blanda (conocimiento) de la transferencia de tecnología, que sigue siendo motivo de preocupación (Günsel, 2015).

Para realizar la transferencia de tecnología existen diferentes canales y mecanismos, destacando la literatura abierta, las patentes, derechos de autor, licencias, demostraciones



personales, intercambios de personal, spin-offs (Bozeman, *et al.*, 2015). También existen otros mecanismos de transferencia tecnológica menos renombrados, como las importaciones de bienes de capital, la inversión extranjera directa y el licenciamiento de tecnologías, estándares de productos y procesos entre productor y proveedor, programas de capacitación, publicaciones científicas, conferencias y redes de interacción informales entre científicos y empresas (Hermawati, 2019).

En relación con el sector forestal mexicano, este se caracteriza por las bajas proporciones de uso de conocimiento avanzado en la producción y que busca usar aquellas tecnologías que se encuentran en difusión aun cuando no sean apropiadas a las necesidades tecnológicas de su propio desarrollo, más bien son paquetes tecnológicos de tipo genérico y en gran parte incorporadas en equipo y/o procesos productivos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es presentar un modelo sistematizado para transferir tecnología a PYMES del sector forestal.

## **Materiales y Métodos**

Para el desarrollo de la parte teórica, se realizó una revisión bibliométrica y documental, para lo que se consultó información relacionada con los modelos de transferencia de tecnología. La unidad de análisis fueron PYMES forestales, básicamente en el área de secado de madera. Se realizó una entrevista en forma personal con los responsables del área de producción. El modelo de transferencia de tecnología que se planteó, se basó en la teoría de la Innovación abierta (respuesta a una necesidad sentida) y se aplicaron los conceptos de mejora continua y “aprender haciendo” para crear nuevas competencias y nuevos hábitos.

## **Resultados y Discusión**

En el sector forestal mexicano, la transferencia de tecnología se realiza mediante la aplicación de paquetes tecnológicos que fomenten el desarrollo, por medio de actividades que generen valor agregado a las materias primas forestales o que aporten herramientas para su



aprovechamiento (CONAFOR; 2020), sin tener una metodología definida para realizar el proceso de transferencia.

A fin de realizar un proceso de transferencia tecnológica eficiente y acorde con los objetivos de las PYMES forestales, se ha propuesto un modelo que pueda servir como marco referencial para realizar el proceso de transferencia de tecnología mediante una serie de etapas que deben ser abordadas de una manera planificada y controlada. El modelo está diseñado en función de la organización de las PYMES forestales mexicanos y se compone de 6 etapas.

*Etapas 1.* Identificación de la necesidad de adquirir una nueva tecnología. En esta etapa la PYME debe caracterizar las necesidades concretas, requerimientos y especificidades tecnológicas objeto de potenciales transferencias.

*Etapas 2.* Planteamiento del proyecto de transferencia. Comprende la formulación del proyecto, que incluye la evaluación de las alternativas tecnológicas disponibles para cubrir o que resuelvan la necesidad detectada, así como el análisis de los costos de las posibles tecnologías a adquirir. También debe existir claridad respecto a que estas tecnologías deben ser tecnologías “terminadas”, que no sea una simple idea a desarrollar o probar.

*Etapas 3.* Adaptación e implementación de la alternativa tecnológica. En la implementación se busca ir más allá de la simple asistencia técnica y del intercambio emisor-receptor. Se recomienda que los receptores analicen y determinen las necesidades de capacitación, básicamente las variables críticas de la nueva práctica y que requieren atención inmediata, generando un compromiso para iniciar la mejora de dichas variables.

*Etapas 4.* Desarrollo de nuevas capacidades técnicas. Como parte fundamental para la implementación de la nueva tecnología que se adquiere, deben realizarse cursos-talleres referentes al conocimiento y práctica relacionada con la tecnología adquirida, a fin de desarrollar y afianzar las nuevas capacidades técnicas requeridas para operarla.

*Etapas 5.* Evaluación. La evaluación es un proceso permanente, debe realizarse en tres momentos específicos:

- a) durante la ejecución del proyecto de transferencia de tecnología,
- b) al concluir un módulo o capítulo de la transferencia de tecnología y,
- c) finalizado el proyecto.

*Etapas 6.* Adopción de la tecnología. Finalmente, para mostrar el grado de dominio de la tecnología adquirida, los participantes demuestran *in situ* sus nuevas habilidades y



competencias mediante una demostración pública. Así, el proceso de adquisición y su transferencia de tecnología termina en el momento que los receptores de la misma, la “aplican” de forma rutinaria.

El modelo que se aplicó para transferir la tecnología de secado solar a dos PYMES forestales localizadas en Manzanillo, Colima y Yecora, Sonora se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Etapas del modelo de transferencia de la tecnología de secado solar a PYMES forestales.**

Paso	Descripción	Valoración de actividades
1	Identificación de la necesidad	Materia prima con contenido de humedad apropiados al uso final específico
2	Planteamiento del proyecto de transferencia	Evaluación de alternativas de secado: - Convencional - Solar - Aire libre Presupuestos
3	Adaptación e implementación de la alternativa tecnológica	Construcción de secador solar y prueba con el tipo de materia prima de los receptores de la tecnología
4	Desarrollo de nuevas capacidades técnicas	Capacitación relacionada con el manejo del secador y la humedad en la madera
5	Evaluación	Durante la ejecución Al concluir un módulo o capítulo de la transferencia de tecnología Final del proyecto
6	Adopción	Demostración y uso rutinario de la tecnología

De acuerdo a la aplicación secuencial de aplicar ésta metodología, los resultados son congruentes con lo propuesto y logrado por diversos autores, como Guerrero y Urbano (2012), Suárez *et al* (2012) y Tejera (2013), quienes sugieren que para transferir una nueva tecnología se debe partir de una necesidad de tecnológica específica, además, que debe terse en cuenta que cualquiera que sea el factor que detone la necesidad, la inversión realizada para aplicar la alternativa tecnológica debe tener una rentabilidad técnica y financiera.

De acuerdo a la aplicación secuencial de ésta metodología, los resultados son congruentes con el análisis sobre la implementación de la tecnología como estrategia funcional para el





fortalecimiento de la calidad productiva y competitiva en las PyMES (Córdoba, 2015). Sin embargo, antes de iniciar el proceso de evaluación de la necesidad de tecnología en la PYME, se debe despertar la necesidad de implementar tecnología en los empresarios para mejorar rentabilidad, disminuyendo sus costos y aumentando su productividad (Zamora, 2013). Además, la transferencia solo será real si el receptor es capaz de absorber, adaptar y mejorar los conocimientos tecnológicos adquiridos (Takahashi and Sacomano, 2002).

## Conclusiones

1. El modelo propuesto constituye un marco estructural y conceptual que refleja la existencia y consistencia de los elementos claves en la transferencia tecnológica, convirtiéndolo en una herramienta esencial para resolver problemas internos y como una oportunidad para mejorar procesos en las empresas.
2. La transferencia de tecnología aplicada bajo un proceso metódico, genera mejoras en los procesos productivos de quien recibe la transferencia de una nueva tecnología.
3. La apropiación de una tecnología, requiere de la participación del personal que la utilizará, para que al seleccionarla satisfaga sus necesidades tecnológicas.
4. El proceso de transferencia de tecnología termina hasta que el receptor de la misma, la “aplica” de forma rutinaria, esto es, la adopta.

## Literatura Citada

- Bozeman, B., H. Rimes and J. Youtie. 2015. The evolving state-of-the-art in technology transfer research: Revisiting the contingent effectiveness model. *Research Policy* 44(1):34-49.
- Bozeman, B. 2000. Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy* 29:627-655.
- Córdoba, C. M. M. 2015. Implementación de tecnologías como estrategia para fortalecer la productividad y competitividad de las pymes de la confección en Medellín. *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad* 7(12):105-119



- De Ossa, M. T., J. E. Londoño y A. Valencia-Arias. 2018. Modelo de Transferencia Tecnológica desde la Ingeniería Biomédica: un estudio de caso. *Información Tecnológica* 29(1):83-90.
- Guerrero, M. y D. Urbano. 2012. Transferencia de conocimiento y tecnología: Mejores prácticas en las universidades emprendedoras españolas. *Gestión y política pública* 21(1):107-139.
- Günsel, A. 2015. Research on effectiveness of technology transfer from a knowledge based perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 207:777-785.
- Hermawati, W. 2019. Technology transfer from public research institute to community: a case study. *Journal of sti policy and management* 4(1):1-15.
- Jagoda, K.; B. Maheshwari and R. Lonseth. 2010. Key issues in managing technology transfer projects - experiences from a Canadian SME. *Management Decision* 48(3):366-382.
- Manjarres, H. L. A., I. I. Volpe B. y L. A. Altamiranda E. 2013. Estructura de un centro de transferencia tecnológica: innovación en una universidad de la costa Caribe. *In: Memorias del 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. LACCEI'2013. Cancún, México.*
- Solano, E., M. Arzola, M. Durán y F. Chacón. 2013. Modelo para transferencia de tecnología en empresas públicas. Caso de estudio: Siderurgia Alfredo Maneiro. *Ingeniería industrial actualidad y nuevas tendencias* 3(10):23-38
- Suárez, H., G. Aranda G. y J. M. Palma. 2012. Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16(3):83-91.
- Takahashi, V. P. and J. B. Sacomano. 2002. Proposta de um modelo conceitual para análise do sucesso de projetos de transferência de tecnologia: Estudo em empresas farmacéuticas. *Gestão & Produção* 9(2):181-200.
- Tejera, J. L. 2013. La norma UNE 166008:2012 de transferencia de tecnología. *Revista CALIDAD*: 30-33.
- Zamora, M. C. 2008. Determinación de un modelo de transferencia de tecnología de un e-hub de servicios integrados para mejorar la productividad en las PyMEs. *Revista Transferencia* 84:22-23.



# CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE CÁMARAS AUTOMATIZADAS PARA CULTIVOS DE ESPECIES VEGETALES

Julio Alfonso Armenta Barrios<sup>1</sup>, Jocabel Extocapan Molina<sup>1</sup>, Carlos García Sandoval<sup>1</sup>, Maricela Ávila Soto<sup>1</sup> y Edwin Avelino García<sup>1</sup>

---

## Resumen

La zona norte del estado de Veracruz cuenta con una gran diversidad de especies vegetales, la mayoría de las cuales tienen gran valor económico y forestal, pero las condiciones de cultivo de estas no siempre son las mejores a lo largo del año de producción. Este trabajo contempla la construcción y evaluación de cámaras automatizadas para cultivos, para esto se evaluaron plántulas de *Cedrela odorata*, *Citrus aurantium* y *Citrus volkameriana* en distintos sistemas de cultivo, con el fin de evaluar su desarrollo fisiológico, para lo que se construyó una cámara de cultivo con sistemas de medición y control automático de intensidad luminosa, con la implementación de leds con chip SMD 5050 con 1700 Lúmenes al interior de la cámara; control de temperatura utilizando un sensor de medición con una rango de error de 0.2%, con sistema de retroalimentación de lazo cerrado para el control de temperatura con una resistencia eléctrica, dando valores de 25°C con una variación de 0.1°C; y control de fotoperiodo con un módulo de reloj de tiempo real a través de un microcontrolador para llevar a cabo el encendido y apagado cada 12 horas; en contraste con sistemas de cultivo semicontrolado a nivel laboratorio y cultivos no controlados al aire libre. Se analizaron las plántulas por triplicado en cada sistema por un periodo de 14 días, evaluando la altura y la cantidad de hojas de cada plántula. De las pruebas realizadas se encontró que dentro de la cámara el crecimiento de las plántulas aumento un 25% en especies de *C. odorata* en comparación de solamente el 7% en sistemas no controlados. En el caso de la formación de hojas, para las plántulas en la cámara tanto para *C. aurantium* cómo para *C. odorata* tuvieron aumentos significativos del 20% y del 7% respectivamente contra plántulas en sistema no controlado, mientras que las plántulas en sistema semicontrolado (laboratorio) tuvieron resultados negativos.

---

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Gutiérrez Zamora, Veracruz. Correo: jaab2311@gmail.com



**Palabras clave:** Cedro, cítricos, patrón, porta injerto.

## Introducción

El cambio climático ha afectado a la agricultura con las heladas, lluvias y exceso de calor, motivo por el cual los agricultores se han visto en la necesidad de implementar nuevas técnicas y tecnologías para la germinación, desarrollo y producción para las diferentes especies de cultivos, creando artificialmente las condiciones para cultivar en cualquier temporada del año. Durante las últimas décadas, se ha podido observar la evolución de las cámaras de cultivo, así como su utilidad en el ámbito agroindustrial, tomando en cuenta que las principales variables ambientales que inciden en el crecimiento y desarrollo de las plantas son la temperatura ambiente, la humedad, así como la cantidad y calidad de luz.

La utilización de sistemas de variables controladas para la incubación y crecimiento de material vegetal se debe a que cada una de las especies demandan requerimientos característicos de temperatura, fotoperiodo, humedad y cantidad de nutrientes, caracterizados por un valor óptimo, así como por límites máximos y mínimos, deteniendo sus procesos fisiológicos cuando los valores salen de esos parámetros establecidos. Los factores antes mencionados se encuentran relacionados entre sí, por lo que la alteración de alguno de ellos afectará, en cierta medida, la fisiología de la planta; para ello, se realizan cultivos bajo invernadero, lugares donde se trata de llevar el máximo control posible de las variables antes mencionadas; pero al estar expuesto a luz natural se dificulta el control del nivel de radiación y por ende ofrece un limitado control en el proceso de fotoperiodo.

Por lo tanto, en el presente proyecto se diseñó, construyó y evaluó una cámara de cultivo de bajo costo para la incubación y crecimiento de especies vegetales en un entorno controlado de luminosidad, fotoperiodo y temperatura; analizando parámetros de crecimiento de diferentes especies de plantas (*Cedrela odorata*, *Citrus aurantium* y *Citrus volkameriana*), así como la generación de hojas nuevas, considerando que *C. odorata* es la segunda especie maderable más importante en la industria forestal de México y los cítricos son la fruta de mayor importancia en el comercio internacional, nacional y la región (Galán *et al.*, 2008).



## **Materiales y Métodos**

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, en el área del laboratorio de Agrobiotecnología (LA) y el laboratorio de Electrónica Instrumentación Virtual e Internet de las Cosas (LEIVIOT), llevándose a cabo en las siguientes etapas:

### **Cámara de Cultivo**

Se utilizó un contenedor plástico oscuro de cierre hermético de 80 litros de capacidad, con las siguientes medidas: 25 cm de ancho, 80 cm de largo y 40 cm de altura, lo anterior para asegurar una correcta disposición de los sistemas de control de temperatura y fotoperiodo dentro de esta, así como maximizar el espacio y las condiciones para las especies vegetales.

### **Sistema de luminosidad y fotoperiodo**

Es importante contar con un control de iluminación adecuado para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis de una planta y para ello se utilizó el módulo de reloj de tiempo real (RTC modelo 3132); este módulo tiene la función de sincronizarse con la hora y fecha de una computadora personal con el objetivo de realizar un conteo exacto del tiempo; la comunicación de este modelo se realiza a través del bus I2C con el microcontrolador modelo atmega328P para llevar a cabo el encendido y apagado cada 12 horas(para simular el día y la noche) se programan dos alarmas con la interfaz de IDE Arduino con la función de activar un relevador teniendo como referencia la zona horaria GMT-6. Para la iluminación dentro de la cámara se implementó el uso de tiras de led con chip SMD 5050 ya que por su tamaño es de 5x5 milímetros cabe destacar que son tiras de alta potencia y teniendo un consumo de 1.3 A/h dando como resultado 1700 Lúmenes al interior de la cámara.

### **Sistema de control de temperatura**

Para la implementación del control de temperatura al interior de la cámara se utilizó una sonda impermeable DS18B20 que tiene la ventaja de medir valores entre  $-55^{\circ}\text{C}$  y  $125^{\circ}\text{C}$ , con un rango de error de 0.2%, esta sonda fungirá como sensor para poder retroalimentar el sistema de lazo cerrado para el control PID de temperatura y para ello se utilizó un microcontrolador atmega328P y un módulo de relevador de estado sólido para la activación de la resistencia eléctrica, este sistema nos permite acondicionar la temperatura a  $25^{\circ}\text{C}$  con una variación de



0.1°C para que no haya un cambio brusco como consecuencia afecte el contenido interno de la cámara.

### **Especies vegetales utilizadas en el estudio**

Para evaluar el efecto de la cámara de cultivo se utilizaron dos especies de cítricos: naranja agria (*Citrus aurantium*) y limón volkameriano (*Citrus volkameriana*) y una especie maderable: cedro (*Cedrela odorata*); las tres especies fueron introducidas al tercer mes de germinación, con lo que se logró así apreciar el efecto de las variables medidas en el desarrollo fisiológico de estas (Galán *et al.*, 2008).

### **Diseño experimental**

Se realizaron tres ensayos, para los que se utilizaron diferentes condiciones ambientales: laboratorio, cámara de cultivo y en condiciones ambientales normales. En cada ensayo se tuvieron dos muestras por triplicado de cada especie vegetal. En el sistema de cámara prototipo se utilizaron sistemas de control de temperatura a 25°C, intensidad luminosa a 1700 lux y fotoperiodo de 12 horas. El sistema semicontrolado de laboratorio se tuvieron apartadas de la luz solar directa a temperatura ambiente. Mientras que en el sistema a intemperie se expusieron a condiciones ambientales no controladas durante la duración del análisis.

### **Costos**

Para el presente proyecto se estimaron los costos mostrados en el Cuadro 1.

#### **Cuadro 3. Costos de cámara de cultivo automatizadas.**

Sistema	Costo
Sistema de Luminosidad y Fotoperiodo	\$1100.00
Sistema de control de Temperatura	\$410.00
Estructura y Conexión	\$250.00

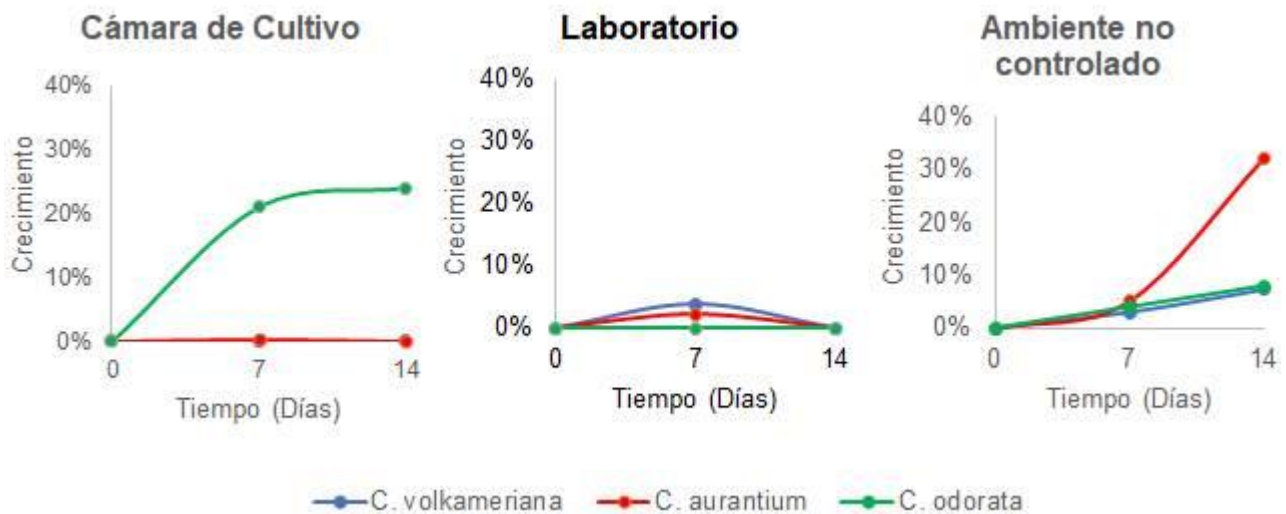
### **Resultados y Discusión**

#### **Crecimiento de las plántulas**

En la evaluación de crecimiento de las plántulas bajo diferentes condiciones ambientales, para la cámara de cultivo, se obtuvo un mayor crecimiento en la especie *C. odorata*, una especie que por las características de su naturaleza tiene un mayor crecimiento a comparación de otras



especies cuando se encuentra en las condiciones ambientales para su desarrollo (Galán *et al.*, 2008; Instituto Nacional de Bosques, 2017). Por otro lado, en el ensayo evaluado en el laboratorio no se tuvieron diferencias significativas en las diferentes especies evaluadas. Mientras que, en condiciones no controladas (campo) se tuvo un mayor crecimiento en la especie *C. aurantium*, especie que tradicionalmente se ha venido utilizando como porta injerto en los cítricos por su resistencia a las condiciones ambientales (González *et al.*, 2019; Uribe *et al.*, 2013) (Figura 1).



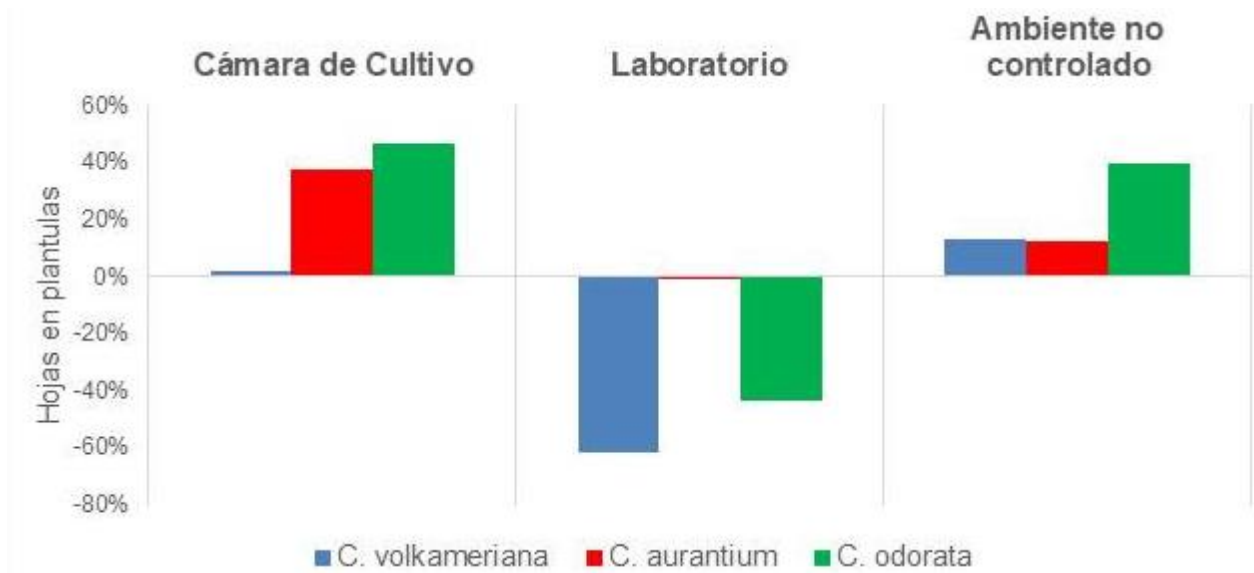
**Figura 1. Crecimiento de las plántulas en porcentaje evaluadas en diferentes condiciones ambientales durante 14 días.**

### **Número de hojas de las especies de plántulas evaluadas**

Se tuvieron mejores resultados de presencia de hojas en las plántulas que se evaluaron en la cámara propuesta de incubación de cultivos, donde se tenían las condiciones controladas, con un mayor número para la especie *C. odorata*. En cambio, en el segundo ensayo en condiciones de laboratorio, hubo pérdida de hojas en las diferentes especies de plántulas evaluadas; esto se debió a la falta de luz esencial en las plántulas, variable de suma importancia para la sobrevivencia y desarrollo de las especies vegetales. Finalmente, en el ensayo donde se evaluaron las plántulas a condiciones de ambiente no controlado (campo), se pudo observar que tuvieron un número intermedio de presencia de hojas a comparación de los ensayos ya mencionados. En la evaluación de hojas, la especie de *C. odorata* presentó un mayor número



de hojas, ya que por naturaleza es de gran follaje cuando se encuentra a condiciones ambientales favorables para su desarrollo, como es el caso de las condiciones de la cámara de cultivo y las condiciones ambientales de campo donde se reproduce normalmente. La cámara de cultivo de plántulas vegetales además de tener mayor ventaja en el crecimiento y desarrollo también ayuda a tener unas plántulas con mayor sanidad (Galán *et al.*, 2008; Instituto Nacional de Bosques, 2017).



**Figura 2. Porcentaje de hojas de las especies de plantas evaluadas a diferentes condiciones ambientales.**

### Costos

La tecnología aplicada en los proyectos debe ser de bajo costo, para que los productos del campo sean viables en sus costos finales cuando se mandan al mercado, agregando que se tiene que considerar la parte sostenible de la tecnología y las especies manejadas en el proyecto. En este caso, para la elaboración de una cámara de cultivo automatizada, se tiene un costo de \$1,760.00 a comparación de los modelos en el mercado con precios mínimos de \$10,000.00.

### Sostenibilidad

El uso sostenible de las especies de árboles frutales o maderable son de gran importancia para la sobrevivencia del ser humano a largo plazo, por ello se debe de dar un buen manejo





de cada una de las especies, ya que quienes suministran energía a partir de la madera, ayudan a regular el agua, protegen el suelo, conservan la biodiversidad, generan alimentos y finalmente generan recursos económicos por medio de sus productos obtenidos. Por lo tanto, es necesaria la aplicación de tecnología para el manejo de las diferentes especies de plantas para la sustentabilidad de los seres vivos.

## Conclusiones

1. Se construyó una cámara de bajo costo para crecimiento de especies vegetales de interés agrícola y comercial.
2. El crecimiento de la especie de *C. odorata* dentro de la cámara de cultivo aumento un 25% más, a comparación de un sistema no controlado donde solo aumentó un 5%.
3. En el caso de *C. aurantium* se tuvo su máximo crecimiento al 35% en condiciones ambientales no controladas, esto puede deberse a la exposición directa del sol, en comparación con la luminosidad artificial de la cámara de cultivo.
4. Para las tres especies evaluadas, se mostró un incremento significativo en la producción de hojas en las plántulas; en el caso de *C. aurantium* la producción aumentó un 37%, en contraste a un sistema no controlado donde solamente aumento 13%; para *C. odorata* se vio un aumento del 46% en la cámara de cultivo, contra un 39% en ambiente no controlado.
5. En las tres especies evaluadas, la cantidad de hojas fue negativa en condiciones de laboratorio, esto puede deberse a las bajas temperaturas que se presentan dentro de este.
6. Mediante la utilización de la cámara de cultivo se pueden incubar diversas variedades de plantas adaptándolas a diversas temperaturas, intensidad luminosa y fotoperiodo, con lo cual se podría llegar a reproducir cualquier especie vegetal en cualquier época del año.

## Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecemos a la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora por su apoyo para poder realizar el presente proyecto.



## Literatura Citada

- Galán, L. R., P. H. M. De los Santos y H. J. I. Valdez. 2008. Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Madera y bosques* 14(2):65-82.
- González S., L. R. González S. y C. C. Tullo A. 2019. Guía técnica cultivo de cítricos. FCA, UNA. San Lorenzo, Paraguay. 80 p.
- Instituto Nacional de Bosques. 2017. Cedro *Cedrela odorata*; paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB.
- Uribe B. A., D. S. A. Curtí, G. C. Hernández y M. S. J. Ticante. 2013. Calidad de naranja 'Valencia' injertada en 20 portainjertos. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 19(1):61-69.



## PRODUCCIÓN DE JITOMATE PARA AUTOCONSUMO A BAJO COSTO FINANCIERO EN UN HUERTO FAMILIAR

*Bertha Sofía Larqué Saavedra<sup>1\*</sup>, Erica Muñoz Reyes<sup>1</sup>, Lucila González Molina<sup>1</sup>, Martha Blanca Irizar Garza<sup>1</sup> y Margarita Días Valasis<sup>1</sup>*

---

### Resumen

En el año 2014 iniciaron en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP, actividades relacionadas con agricultura familiar; dentro de éstas, se establecieron huertos para espacios rurales y urbanos. Entre las disciplinas que se atienden ahí, está la económica, que, como parte de su quehacer, se encarga de la estimación de costos de producción de hortalizas. Las ventajas que puede ofrecer su producción en casa, sin el uso de productos químicos son: la calidad dada por su sabor, inocuidad, seguridad alimentaria, además del bajo costo. Sin embargo, garantizar un bajo costo, no necesariamente implica que esté por abajo del precio de mercado, principalmente, de mercados que venden hortalizas producidas de manera convencional, donde los objetivos son la búsqueda de mayor rendimiento, así como una mayor ganancia. Los huertos familiares plantean la producción para autoconsumo y venta de excedentes. El equipo de agricultura familiar del CEVAMEX, se ha propuesto: lograr mayor seguridad de las plantaciones, disminuyendo el riesgo de aquellas a cielo abierto, a través del uso de biofertilizantes, control de plagas, enfermedades, sanidad y nutrición del suelo. Cada una de las estrategias encaminadas a este fin implican actividades e insumos que impactan en los costos de producción. Con la pretensión de medir el costo marginal que implica el incremento del rendimiento y/o el control del riesgo de pérdida, se trabajó con una propuesta para calcular costos de producción, partiendo de una plantación manejada como un testigo cero e inversión mínima. Se midió el rendimiento y el costo por kilo. De esta manera, se cuenta con una base que permitirá planear y proponer plantaciones, así como su manejo según necesidades y posibilidades de los interesados. En el caso particular de este trabajo, se enfocó a la producción de jitomate saladette para atender a familias de escasos recursos del municipio

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [larque.bertha@inifap.gob.mx](mailto:larque.bertha@inifap.gob.mx)



de Texcoco, Estado de México. Se presenta una propuesta de plantación a cielo abierto con un mínimo de inversión, para obtener una producción de jitomate dentro del rango de un kilo a kilo y medio, que es la cantidad que compran semanalmente en los tianguis de sus localidades.

**Palabras clave:** hortalizas, costos económicos, calidad, sustentabilidad

## Introducción

En los años 2015 y 2016, el equipo de agricultura familiar del CEVAMEX, aplicó 350 cuestionarios a personas de las localidades Tequexquihuac, San Pablo Ixayoc, Montecillos, San Miguel Coatlinchán y Villa Santiago Cuautlalpan, todas pertenecientes al municipio de Texcoco, Estado de México. Se obtuvo información acerca de las hortalizas que compran, la cantidad semanal que adquieren y su opinión acerca de la calidad. En cuanto a las verduras que más compran y por ende más consumen, el jitomate saladette y las papas ocuparon el primer lugar. Del jitomate comentaron que su precio llega a hacer muy alto en determinados meses del año, por lo cual disminuye la cantidad que adquieren; esto sugiere que la demanda es sensible al precio. La compra que realizan a la semana se encuentra entre el rango de medio kilo a kilo y medio según su precio. Otro resultado obtenido de las encuestas fue que en el 70% de los cuestionarios, se dijo que el dinero que destinan a la compra de comida, representa más del 50% de los gastos totales que tienen al mes. Este dato resulta interesante, ya que, entre otras de las metodologías para medir la pobreza, se encuentra la curva de Engel que considera el nivel de ingreso y el porcentaje gastado en la adquisición de diferentes bienes. A menor ingreso, mayor porcentaje destinado a la compra de alimentos (Barrientos-Marín y Arango-Sánchez, 2019) y viceversa. Estos autores consideran que, para este fin, empíricamente es de mayor utilidad comparar el gasto total y el gasto en bienes específicos. De acuerdo con Palacios y Martínez (2004), la proporción del gasto del hogar que se realiza en alimentos indica el nivel de vida de las familias. Comentan que los hogares pobres en nuestro país, dedican prácticamente la mitad de su gasto a cubrir sus necesidades alimentarias, situación que empeora cuando la inflación crece, Chávez *et al.* (2020) aseguran que el precio de los alimentos ha afectado más que proporcionalmente, a los sectores más



marginados de la población. De acuerdo con los datos recogidos en los cuestionarios y otro que ofrece SEDESOL-CONNEVAL (2010) en el que apunta que en el municipio de Texcoco habían 14,634 personas en nivel alto de marginalidad y 85,087 en incidencia de carencia a la alimentación (según la información más reciente de 2010), permite reconocer que en este municipio hay familias en situación económica precaria, a las que producir sus propias verduras a un bajo costo les ayudará de manera importante en la economía de sus familias. Teniendo conocimiento de esta condición de pobreza y con la intención de ofrecer una alternativa para el consumo de jitomate, el equipo de agricultura familiar de CEVAMEX, decidió trabajar en un diseño de plantación a muy bajo costo. Definir la cantidad de plantas que produzcan semanalmente de medio kilo a kilo y medio de jitomate fue la meta. Para lograrla se plantearon como objetivos:

1. Calcular la producción de jitomate de una plantación a cielo abierto con un manejo similar a un testigo cero.
2. Elaborar una propuesta para calcular los costos económicos de producción de jitomate en un huerto familiar a cielo abierto.

Con estos objetivos, se buscó corroborar si la producción de jitomate con las características mencionadas, es conveniente económicamente para estas familias. Por otro lado, al conocer el costo y cantidad de jitomates bajo este esquema de manejo, la información puede ser base para planear plantaciones de mayor rendimiento, considerando los costos marginales.

## **Materiales y Métodos**

Se establecieron durante tres años (2017, 2018 y 2019), plantaciones de jitomate en camas biointensivas de bacanal profundo y elevadas en el área de agricultura familiar del CEVAMEX, ubicado en el poblado de San Miguel Coatlinchan, municipio de Texcoco, Estado de México. En total de los tres años, se trabajó con 10 camas y 104 plantas.

Las plantaciones tuvieron un manejo agronómico en el que la inversión de capital se redujo al mínimo. Para lograrlo, el manejo estuvo muy cercano a un testigo cero; las camas estuvieron a cielo abierto, no contaron con sistema de riego, éste se realizó de manera manual. El control de insectos y el deshierbe de las plantaciones se hicieron también de manera manual. No se



aplicaron insecticidas ni fungicidas químicos; tampoco se aplicaron productos orgánicos ni biológicos.

### **Etapas de producción de la plantación**

Etapa I. Germinación. Se compró semilla de jitomate Río Grande. Se sembró en charolas de germinado. Para la siembra no se usó peat moss, en su lugar se puso suelo. Una vez sembradas las semillas, se regaron y se pusieron bajo sombra. Mientras las semillas germinaban, se prepararon las camas donde se estableció la plantación. Su preparación inició aflojando el suelo a una profundidad de 30 cm aproximadamente. Las hierbas verdes y secas se arrancaron, se quitaron las piedras. Posteriormente, las hierbas verdes se enterraron y se taparon con el suelo, se humedecieron y se cubrieron con las hierbas secas.

Etapa II. Desarrollo. Después de un mes, tiempo necesario para que las hierbas verdes se descompusieran (lo que aportó materia orgánica al suelo) y las semillas germinaran, se realizó el trasplante. Los jitomates se plantaron con el diseño de siembra tres bolillos, a una distancia de 50 centímetros entre ellas. Los espacios que quedaron libres, se ocuparon con cebollas. En una esquina de la cama, se pusieron dos plantas de chile y en las otras, acelgas, ambas, plantas semi perennes. A partir de ese momento, se hicieron riegos diarios durante diez semanas, se pusieron tutores y se seleccionó el diseño de amarre simple por su bajo costo. El tutor se puso en la segunda semana después del trasplante; las siguientes semanas, solamente se fue corrigiendo conforme la planta crecía. Cuando terminó de crecer, solo se ajustó según fue necesario. Se realizaron podas una vez a la semana durante diez semanas. Se quitaron hojas maltratadas y los brotes de las axilas. Los deshierbes se hicieron de forma manual, dos veces al mes. Al momento de hacer los riegos, se procuró hacerlos con cuidado sin mojar las hojas y evitando que el agua cayera fuerte, lo que permitió que no se aflojara el suelo y que el aporque se hiciera una vez al mes. El control de plagas y enfermedades se hizo revisando las plantas y limpiando las hojas.

Etapa III. Florescencia. Los riegos se hicieron cada tercer día. Las podas cada quince días. Los deshierbes, la revisión del tutor y el aporque, se hicieron con la misma frecuencia de la etapa II. El control de plagas y enfermedades se hizo una vez por semana; se revisaron las plantas, y cuando fue necesario, se limpiaron de manera manual.



## Medición de la producción

Se numeraron las camas y plantas cada año. Se registraron el número de jitomates y peso (en gramos) por planta, por cosecha y total del ciclo. Con estas variables, se elaboró la propuesta del número de plantas que una familia de cinco miembros promedio (datos que se obtuvo de los cuestionarios) puede plantar para satisfacer su demanda semanal. Se llevó una bitácora en donde se estableció un calendario para apuntar la fecha, actividad y tiempo invertido en cada una de las visitas a las camas. Todas las actividades fueron realizadas por una sola persona. Para calcular el número de plantas se procedió de la siguiente manera: se estimó el valor promedio de producción semanal por ciclo y año usando como indicador el promedio aritmético definido a continuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n_i}$$

Donde:

$\bar{X}$  = promedio aritmético ó producción promedio semanal de jitomate

$n$  = número de plantas de jitomate

$x_i$  = peso en gramos de jitomate de cada planta

$n_i$  = número de plantas del año  $i$

Para garantizar el objetivo del presente estudio se procedió a tomar como indicador de producción por planta, el promedio ponderado de los tres ciclos de producción, usando como factor de ponderación, el número de plantas de cada ciclo.

$$\bar{X}_{ponderada} = \frac{\sum_{i=0}^n w_i x_i}{\sum_{i=0}^n w_i} \quad ; \quad w_i = \frac{n_i}{n}$$

Donde:

$w_i$  = peso de cada componente

$n$  = número total de plantas en los tres ciclos

Se determinó que una planta tiene una producción promedio de 149 g con un error relativo del 18%. Se calculó el número de plantas necesarias a usar para cubrir dicha cuota (valor aproximado de 1,000 g) dividiendo 1,000 g entre 149 g, dando como resultado 6.67 plantas, lo que para propósitos prácticos se redondea a 7 plantas para garantizar una producción semanal de 1,000 g con una confiabilidad del 95%. Es conveniente comentar que la plantación de 2018



se vio afectada por una granizada y en 2019 por tizón tardío; en ambos casos, el rendimiento disminuyó.

## **Resultados**

Costos económicos (Costos financieros más costos de oportunidad). Los costos se clasificaron en financieros y de oportunidad. Los financieros se refieren a la inversión de capital en las compras de insumos, implica desembolso de dinero líquido. En los costos de oportunidad no se invierte capital, pero son actividades e insumos que se emplean en la producción, que transfieren valor al producto y que, por ello deben contabilizarse, en este caso: mano de obra. La mano de obra empleada es mano de obra familiar que no recibe un pago. Es importante mencionar, que el suelo debe ser considerado también como un costo de oportunidad siempre y cuando la familia cuente con un espacio dentro de la superficie de la casa para establecer la cama. Si carece de él y renta un espacio para hacer la plantación, el suelo se convierte en costo financiero. En este trabajo, no se calculó el costo del suelo, pero se presenta una sugerencia para realizarlo en futuros trabajos. En primer lugar, se tiene que considerar que el espacio del huerto familiar regularmente se encuentra dentro de la superficie de la casa. No es un terreno de siembra agrícola, lo que implicaría otra valoración. Al estar dentro del área de la casa, se puede considerar el costo del metro cuadrado que ofrece el catastro municipal, o bien, de la boleta del pago de predial, se puede calcular el costo del metro cuadrado de patio, ya que es diferente al de construcción. Los costos de producción que se presentan hacen referencia a una cama, considerando la producción promedio de un ciclo. En todas las camas se tuvo el mismo costo en relación al manejo agronómico, sin embargo, la producción por planta varió, por lo que se recurrió a la producción promedio para calcular el costo por kilo. Antes de presentar los datos, es importante comentar que de acuerdo con información de la SAGARPA-INIFAP (2015), una planta de jitomate manejada con productos orgánicos, sin químicos y a cielo abierto, tiene rendimiento promedio de dos kilos.

### **Costos financieros**

Semilla. Se trabajó con semilla mejorada de jitomate; se compró un sobre con 10g. El sobre completo se puede usar en un año ya que la propuesta es que se realicen plantaciones





escalonadas para tener producción en diferentes fechas del año. En un solo ciclo se usaron 0.2 g que es el peso de 15 semillas. Considerando el precio del sobre, se calcula con regla de tres, el precio del gramaje utilizado en la plantación.

Agua. Debido a que en las localidades de donde son las personas que contestaron los cuestionarios se paga el agua con una cuota anual al Comité, pero no conocen la cantidad de  $m^3$  que consumen al mes, se decidió trabajar con el precio del metro cúbico que fija anualmente el Ayuntamiento Municipal de Texcoco en la cabecera municipal. El consumo de agua en las plantaciones que se establecieron en el CEVAMEX fue el siguiente: El primer riego fue cuando se realizó la siembra de las semillas. A la semana siguiente, los riegos se hicieron cuatro veces por semana (de lunes a domingo). Cada riego se hizo con medio litro de agua, en una semana se usaron dos litros. Por las cuatro semanas que dura esta etapa, el consumo fue de 8 litros. Posteriormente, en la segunda etapa (duración de 10 semanas), los riegos fueron diarios, con un litro de agua por planta. El consumo por planta fue de 70 litros, por las seis plantas 420 litros. Por último, la tercera etapa (ocho semanas), las plantas se regaron cuatro veces a la semana con un litro de agua por planta. El consumo de agua por planta fue de 32 litros, por las seis plantas fue de 256 litros. El consumo total de agua por planta en los tres periodos, fue de 114 litros, y por las seis plantas de la cama, fue de 684 litros. Una vez que se calculó el consumo de agua en el ciclo, el costo se calculó con base en el precio del  $m^3$ . Un  $m^3$  equivale a 1000 litros y de acuerdo al precio de éste, se obtuvo el precio de los 684 litros con una regla de tres.

### **Costos de oportunidad**

Mano de obra. La mano de obra invierte tiempo en diferentes actividades que se indican en las Cuadros 1, 2 y 3 que hacen referencia a las tres etapas del cultivo. Los tiempos empleados en cada cama por actividad, tuvieron variaciones de 2 a 3 minutos, por lo que en las tablas se presentan tiempos promedio por actividad. La atención es diaria al menos de cinco minutos y máximo 40. El cálculo se hizo considerando la mano de obra de una persona y el salario mínimo de la zona, de acuerdo con la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI) de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.



**Cuadro 1. Tiempo invertido por la mano de obra en la etapa I. (Duración 4 semanas).**

Actividad	Frecuencia en la etapa	Tiempo Invertido por día	Tiempo invertido por semana	Tiempo invertido por mes	Tiempo total de la etapa
Preparación de charolas o recipientes donde se germina la semilla y riego	1 vez	15 minutos	-	15 minutos	15 minutos
Preparación de la cama	1 vez	1 hora	-	1 hora	1 hora
Riego de charolas o recipientes donde se germina la semilla	4 veces por semana durante 3 semanas	5 minutos	20 minutos	-	1 hora
<b>Total</b>					<b>2 horas 15 minutos</b>

**Cuadro 2. Tiempo promedio invertido en las diferentes actividades de la etapa II (Duración 10 semanas).**

Actividad	Frecuencia en la etapa	Tiempo Invertido por día	Tiempo invertido por semana	Tiempo Invertido por mes	Tiempo total de la etapa
Riego	Diario	5 minutos	35 minutos	2 horas 20 minutos	5 horas 50 minutos
Instalación de los tutores	1 vez	15 minutos	-	15 minutos	15 minutos
Corrección de tutores	2 veces al mes	10 minutos	-	20 minutos	50 minutos
Deshierbe	2 veces al mes	10 minutos	-	20 minutos	50 minutos
Poda	1 vez a la semana	-	5 minutos	20 minutos	50 minutos
Aporque	1 vez al mes	10 minutos	-	10 minutos	30 minutos
Control de plagas y enfermedades	1 vez por semana	-	15 minutos	1 hora	2 horas 30 minutos
<b>Total</b>					<b>11 horas 35 minutos</b>



**Cuadro 3. Tiempo promedio invertido en diferentes actividades de la etapa III. (Duración 8 semanas).**

Actividad	Frecuencia durante toda la etapa	Tiempo Invertido por día	Tiempo Invertido por semana	Tiempo Invertido por mes	Tiempo total de la etapa
Riego	4 veces por semana	5 minutos	20 minutos	1 hora 20 minutos	2 horas 40 minutos
Poda	2 veces al mes	5 minutos	-	10 minutos	20 minutos
Tutoreo. Corrección de tutores	2 veces al mes	10 minutos	-	20 minutos	40 minutos
Deshierbe	2 veces al mes	10 minutos	-	20 minutos	40 minutos
Aporque	1 vez al mes	10 minutos	-	10 minutos	20 minutos
Control de plagas y enfermedades	1 vez por semana	-	15 minutos	1 hora	2 horas
Total					6 horas con 40 minutos
Cosecha	1 vez por semana aprox. un mes	-	5 minutos	20 minutos	20 minutos
Total: tiempo invertido tres etapas		10 minutos	10 minutos	40 minutos	20 horas con 50 minutos

A manera de ejemplo, se muestran los resultados obtenidos en el año 2017. Las semillas se sembraron el 21 de julio y se trasplantaron 24 plantas el 28 de agosto en cuatro camas. El rendimiento por planta fue variable, incluso entre plantas de la misma cama. El rango corrió de 1900 a 36 g. La producción promedio fue de 169.86 g por planta por semana. Al final del ciclo, la planta tuvo una producción 679.44 g. Las seis plantas tuvieron una producción promedio semanal de 1019.16 g. En este ciclo, se hicieron cuatro cortes, que sumaron un total de 4.076 kilos, con un espacio de tiempo promedio de 10 días entre cada cosecha.

### **Costos financieros**

Agua. En 2017 el precio del m<sup>3</sup> de agua fue de \$6.9. Un m<sup>3</sup> equivale a 1000 litros, por 684 litros, el costo fue de \$4.70 (Información tomada del recibo de pago)

Semilla. En 2017 el sobre de semillas con 10 g costó \$45.00. Se contabilizaron 15 semillas, las cuales tuvieron un peso de 0.2 g, su precio fue de \$0.30.



### Costos de oportunidad

El costo de oportunidad de la mano de obra se hizo considerando el salario mínimo. Para 2017, fue de \$ 80.04 por día (CONASAMI, s.f.). Por el tiempo invertido en la plantación a partir de la siembra hasta la cosecha, el costo fue de \$209.5, lo cual se muestra a continuación:

**Cuadro 4. Costo de producción de jitomate (Pesos de 2017).**

Concepto	Costo
Semilla	0.30
Agua	4.70
Total de dinero invertido. Costo financiero	5.00
Mano de obra en el cuidado de la plantación	209.5
Costo de la mano de obra. Costo de oportunidad	209.5
Costo total (F+O)	214.5

La cosecha se realizó durante el mes de noviembre. El precio promedio de tres mercados de la cabecera municipal de Texcoco para ese mes, fue de \$10.22 por kilo. El costo financiero de un kilo de jitomate del huerto familiar del CEVAMEX, fue de \$1.22, una gran ventaja para la producción del huerto familiar. Si se considera el costo total (costo de oportunidad más costo financiero), un kilo de jitomate se produjo en el huerto a un costo de \$52.62.

### Número de plantas recomendadas para obtener un kilo de jitomates cada 10 días.

Cualquier plantación a cielo abierto pone en riesgo el capital invertido. En las plantaciones establecidas en el CEVAMEX, las contingencias climáticas y enfermedades, fueron consideradas en la propuesta del número de plantas que permiten una producción dentro del rango de medio kilo a kilo y medio de jitomate semanalmente. Se parte de que una planta tiene una producción promedio semanal de 149 g. Para obtener un kilo de jitomate cada 10 días, se recomiendan tener 7 plantas en el huerto familiar.



## Discusión

El costo económico (costo financiero más costo de oportunidad) de producir un kilo de jitomate con el manejo propuesto, permite ver que la mano de obra incrementa el costo total, de tal manera que nulifica la ventaja del costo financiero. En el ejemplo de la producción de 2017, se puede apreciar que, si se compara el costo total de un kilo de jitomate producido en una semana, con el salario mínimo semanal del año 2017, que fue de \$560.28, éste representa el 9.4% de dicho salario semanal. Si el jitomate se compra, el 1.8%. Esta diferencia se puede explicar por el manejo agronómico que se planteó carente de tecnología que lleva a un rendimiento bajo, y por lo tanto a un uso ineficiente de la mano de obra; mientras que el jitomate comercial producido para el mercado, se obtiene con tecnología y rendimientos mayores. Si la plantación propuesta se acompañara de una tecnología orgánica y/o biológica, incrementaría su rendimiento y eso modificaría el costo total de producción (A manera de sugerencia, dado que el jitomate producido en casa no usa productos químicos, se recomienda hacer el comparativo con el precio de un kilo de jitomate de un mercado orgánico ya que hay más similitud). Pese a esta desventaja, esta plantación muestra aspectos positivos: dado que el costo financiero se ubica por abajo del precio de mercado, permite a la familia liberar y tener dinero disponible que puede emplear para cubrir otras necesidades. Este aspecto resulta importante dadas las restricciones de presupuesto que enfrentan las familias. Otra ventaja indiscutible, es la calidad de los jitomates que se obtienen de un huerto familiar. Considerando que la calidad está dada por su sabor, inocuidad, seguridad, y vida de anaquel. Finalmente, la disponibilidad del jitomate. El consumidor puede acceder a él en su propio hogar, sin tener la limitación de horarios que los mercados, tianguis y tiendas imponen. Esta es una ventaja que se puede comparar con el servicio que prestan los cajeros de los bancos, su disponibilidad las 24 horas del día.

## Conclusiones

El cálculo de los costos económicos de producción (costo financiero y costo de oportunidad), permitió identificar que la mano de obra ocupa un porcentaje muy alto en él. En las plantaciones



establecidas en el CEVAMEX, se pudo observar que, en los tres años, el costo de oportunidad de la mano de obra representó poco más del 90%. Esto se debió al manejo, que se comparó con un testigo cero, sin tecnología, lo que llevó a un rendimiento bajo. Para incrementarlo, es necesario sumar actividades e insumos, lo que sin duda implica un mayor costo económico. Las propuestas tecnológicas que contemplan productos orgánicos y/o biológicos, para incrementar el rendimiento, deben considerar el costo marginal de la mano de obra. Sobre todo, si dichas propuestas están dirigidas a familias en condición de pobreza. De acuerdo a la información obtenida en los cuestionarios aplicados en Texcoco, tanto el padre como la madre trabajan fuera de casa. Se presentaron casos de madres solteras que también salen a trabajar fuera de casa. Este hecho es necesario tenerlo presente para ofrecer opciones con mayor probabilidad de ser adoptadas.

### Literatura Citada

- Barrientos-Marín, J. y Arango-Sánchez, E. 2019. La curva de Engel de los hogares en Medellín, Colombia 2012-2015. *Apuntes del CENES*. 38(68): 185-212. <https://www.redalyc.org/journal/4795/479563309007/html/> [consultado el 23 de julio de 2021]
- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). S.f. Tabla de salarios mínimos generales y profesionales por área geográfica 1992-2020. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conasami/documentos/tabla-de-salarios-minimos-generales-y-profesionales-por-areas-geograficas> [consultado 15 de octubre del 2020]
- Chávez M del C., J. C., Villarreal P., H. J., Cantú C. R. y González S., H. E. 2020. Efecto del incremento en el precio de los alimentos en la pobreza en México. *El trimestre econ* vol.76 no.303.
- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2009000300775&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2009000300775&script=sci_arttext) [consultado el 30 de junio de 2021]
- Palacios E., Á., y Martínez R., P. 2004. Medición de la pobreza en México: limitaciones metodológicas. *Economía* Núm. 323: 83-91. <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/reseconinforma/pdfs/323/10Angeles%20Palacios.pdf> [consultado 5 de julio de 2021]



SAGARPA-INIFAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2015. Agricultura Familiar, periurbana y de traspatio. Cartas tecnológicas. Carta tecnológica para el cultivo de Jitomate. CD Rom

SEDESOL-CONEVAL (Secretaría de Desarrollo Social-Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2010. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. [http://www.dof.gob.mx/SEDESOL/Mexico\\_099.pdf](http://www.dof.gob.mx/SEDESOL/Mexico_099.pdf) [consultado el 22 de octubre de 2020]



## EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) CON RECUBRIMIENTO A BASE DE CERA DE CANDELILLA

Wendy Marisol Mazón Abarca<sup>1</sup>, Elizabeth León García<sup>2\*</sup>, José Alberto Ramírez De León<sup>3</sup>, Alberto Sánchez Estrada<sup>4</sup>, Rosalba Troncoso Rojas<sup>4</sup> y Hugo Sergio García Galindo<sup>1</sup>

---

### Resumen

El tomate es el producto hortícola de mayor exportación a Estados Unidos, la aplicación de recubrimientos es una alternativa para contrarrestar las pérdidas post-cosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar la fisiología e integridad de la membrana del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Se aplicó cera de candelilla de dos distribuidores nacionales, los tomates fueron almacenados a 25°C durante 12 días. Se determinaron los parámetros pérdida de peso, producción de CO<sub>2</sub> y etileno, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH e integridad de la membrana. La formulación a base de cera de candelilla de la distribuidora Ceras Universales mostró conservar los atributos de los tomates recubiertos durante el almacenamiento, mostrando menor pérdida de peso, transmisión de vapor de agua, sólidos solubles totales, pH, producción de CO<sub>2</sub> y etileno, así como mayor luminosidad, cromatismo, ángulo hue, firmeza y acidez titulable.

**Palabras clave:** Tratamiento post-cosecha, permeabilidad de la membrana, parámetros fisiológicos

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Veracruz.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental La Posta, Veracruz. \*Autor por correspondencia: [eliibq@gmail.com](mailto:eliibq@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas – Dirección de Programas y proyectos estratégicos, Cd. Victoria, Tamaulipas.

<sup>4</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo – Dirección de Tecnología de Alimento de Origen Vegetal, Hermosillo, Sonora.





## Introducción

El tomate es el producto hortícola de mayor exportación a Estados Unidos, se ha reportado un incremento constante en los últimos años. Aunque México cuenta con sistemas agrícolas protegidos para cubrir con la demanda de producción aún se requiere el uso de tratamientos post-cosecha que permitan conservar los atributos aceptables por el consumidor por mayor tiempo, así como evitar las pérdidas post-cosecha que pueden ser por deterioro fisiológico, patógenos o un deficiente manejo post-cosecha (Mederos *et al.*, 2020).

Los recubrimientos son capas delgadas que crean una atmósfera alrededor del fruto mediante su inmersión en la formulación; con el objetivo de mejorar su apariencia, crear una barrera contra la pérdida de humedad e incrementar la vida post-cosecha. Su mecanismo de acción consiste en regular el intercambio gaseoso de oxígeno, dióxido de carbono, etileno y vapor de agua, implicados en la respiración y transpiración del producto hortícola (Télles *et al.*, 2013; Mederos, 2020).

La cera de candelilla presenta características físicas de acuerdo a su grado de refinación tales como ser quebradiza, fácil de pulverizar o bien dura, así como también puede variar desde un color café hasta amarillo claro, siendo de alta importancia el brillo superficial que resulte de su proceso de fabricación para la determinación de sus distintas aplicaciones. Su composición química es a base de ésteres de ácidos grasos y ácidos grasos de cadena larga, es considerado seguro para consumo humano por la FDA (Rojas *et al.*, 2011).

En el presente trabajo se enfocó en conocer la eficacia de la cera de candelilla como base lipídica en la formulación de recubrimientos para ser aplicado al tomate que permitiera prolongar su vida post-cosecha y preservar los atributos agradables para el consumidor, de dos distribuidoras nacionales: Multiceras S.A. de C.V. y Ceras Universales S.A. de C.V. Multiceras ofrece Candelilla REAL® clara-S, cuyo producto está enfocado para recubrimiento de frutas y hortalizas mediante la preparación de emulsiones y Ceras Universales ofrece un producto con características estándar en trozo para uso industrial; ambas empresas dedicadas a la distribución de cera de candelilla por más de 30 años.



## Materiales y Métodos

### Material vegetal

Se adquirieron tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en estado tornando de acuerdo a la carta de color de la USDA (1997), en la central de abastos de Hermosillo, Sonora (Figura 1). Se separaron en tres grupos: el primero fue el testigo, el segundo para la aplicación del recubrimiento de cera de candelilla de la marca multiceras y el tercero para la aplicación del recubrimiento de cera de candelilla de la marca ceras universales, el tratamiento se realizó por duplicado y la unidad experimental fue un tomate.



**Figura 1. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

Como primera etapa en la preparación de los recubrimientos se disolvió la pectina al 1.5% p/v, colocándose 300 mL de agua destilada a la cual se le adicionaron lentamente 4.5 g de pectina cítrica grado alimenticio, en agitación constante hasta disolver totalmente. El glicerol y la cera de candelilla fueron adicionados hasta alcanzar una concentración de 0.35% y 0.15% p/v respectivamente. Una vez preparada la solución se tomaron 150 mL los cuales se sometieron a un calentamiento a 80°C, después fueron licuados y recalentados a 80°C, después se le agregaron 0.23 g de cera de candelilla de la marca multiceras, se volvieron a licuar por 3 minutos. Se llevó nuevamente a un calentamiento por 2 minutos, posteriormente se licuaron por tercera vez durante un minuto. Durante el enfriamiento se adicionaron a la formulación 0.52 g de glicerol (Sigma®). Con los 150 mL de pectina restantes se preparó la formulación con



0.23 g de cera de candelilla de la marca ceras universales. Los recubrimientos se aplicaron sobre los tomates por inmersión en las respectivas formulaciones. Se evaluó la fisiología y la integridad de la membrana durante 12 días a 25°C.

Se determinó la pérdida de peso (% PP), utilizando una balanza analítica Ohaus®, llevando el registro del peso diario. La pérdida de peso se reportó en porcentaje.

Se cuantifico la producción de CO<sub>2</sub> y etileno utilizando cámaras de plástico con tapa de rosca, con capacidad de 1.750 L, en el cual se incubo el fruto durante una hora, cumplido el tiempo de incubación se tomó un mililitro de muestra y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Varian® modelo STAR 3400) equipado con una columna HayeSep® N (2 m x 3,17 mm de diámetro interno, Supelco®), un detector de conductividad térmica para CO<sub>2</sub> y un detector de ionización de llama para etileno. Los parámetros programados en el equipo fueron: temperatura de inyección, 100°C; detector de conductividad térmica, 170°C y detector de ionización de llama, 80°C. Se utilizó nitrógeno como gas portador con un caudal de 25 mL/min. La tasa de respiración y la producción de etileno se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$\text{ml CO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1} = \frac{s_{pa} \times St_c \times hs}{St_{pa} \times w \times t}$$

$$\mu\text{l C}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1} = \frac{s_{pa} \times St_c \times hs}{St_{pa} \times w \times t}$$

Dónde: S<sub>pa</sub> = área pico de la muestra, St<sub>c</sub> = concentración estándar (CO<sub>2</sub>, 0.05 mL/L; etileno, 1 μL/L), hs = volumen de espacio de cabeza (L), St<sub>pa</sub> = área pico del estándar, w = peso de la muestra (kg) y t = tiempo de incubación (h).

El color se determinó con un colorímetro portátil Minolta®. Se midió en tres puntos en la zona ecuatorial. Los parámetros obtenidos por el instrumento (L\*, a\* y b\*), se utilizaron para calcular los valores de C\* y h°, respectivamente, de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \qquad h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

La prueba de firmeza se efectuó con un penetrómetro Dulke® modelo TCM200, equipado con una sonda cónica de 10 milímetros. 3 punciones fueron aplicadas en la zona ecuatorial del fruto. La firmeza se expresó en Newton (N) como la fuerza necesaria para penetrar el tejido del mesocarpio.

Se determinaron los sólidos solubles totales (SST) empleando un refractómetro de bolsillo Atago®, reportándose en porcentaje. La acidez titulable (AT) y el pH se determinaron utilizando

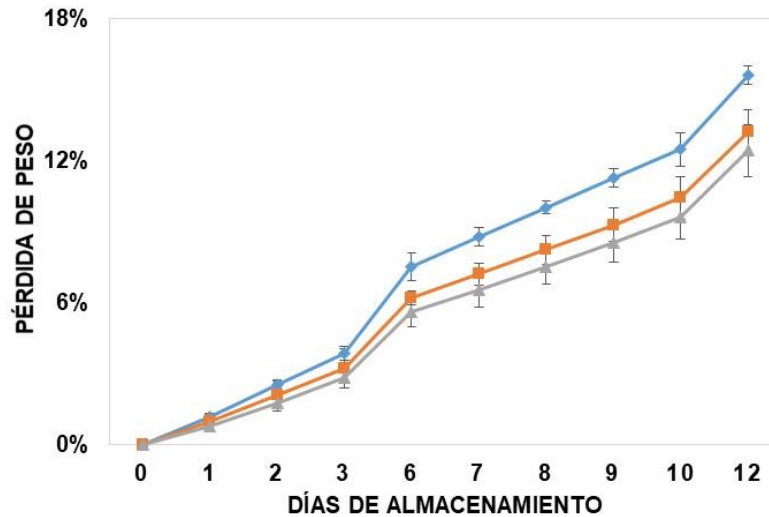


un titulador automático Mettler® modelo DL21, estandarizado a pH=4. La AT se reportó en porcentaje.

Se midió la integridad de la membrana del pericarpio del tomate utilizando el método descrito en ASTM-E-96-95 Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua a través de materiales. Con la ayuda de un bisturí se desprendió un cuadrado de 2 x 2 cm del pericarpio del tomate, se colocó sobre la tapa horadada de un recipiente cilíndrico, se adhirió con cinta de aluminio Scotch 3M®, dejando un espacio en el centro para ver la muestra y se llenó el recipiente cilíndrico a la mitad de su capacidad. Se tomó el peso inicial del recipiente con la muestra y se realizaron mediciones periódicas durante 4 horas hasta que los resultados se volvieron lineales.

## Resultados y Discusión

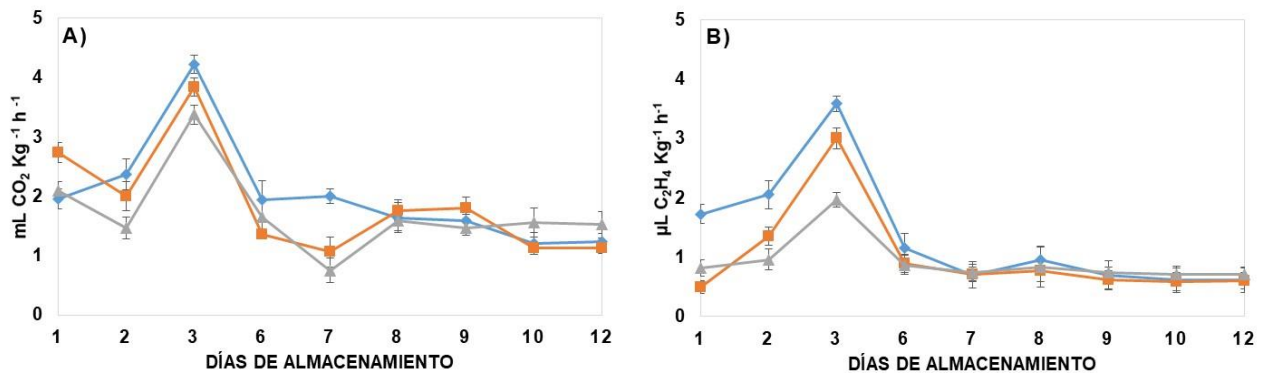
Una de las principales causas de la pérdida de peso en un fruto fresco es la pérdida de agua por transpiración, los resultados muestran una tendencia natural a la pérdida de peso, sin embargo, la cera de candelilla de la marca ceras universales presentó un menor porcentaje de pérdida de peso, en el día 8 se registró en el testigo un 10.02%, para el tomate con cera de candelilla de la marca multiceras de un 8.23% y de la marca ceras universales un 7.51% (Figura 2), este resultado concuerda con lo reportado por Téllez *et al.* (2013) donde obtuvieron una diferencia similar entre el fruto sin recubrimiento y con recubrimiento, demostrando la efectividad de la cera de candelilla para la reducción de la pérdida de peso, los autores atribuyen este efecto a la naturaleza hidrofóbica del recubrimiento que le confiere una mínima permeabilidad al vapor de agua, dejando un mínimo de poros libres para el intercambio gaseoso (Hagenmaier, 2000).



**Figura 2. Porcentaje de pérdida de peso en tomate testigo (—▲—), tomate con Multiceras (—■—) y tomate con Ceras Universales (—▲—) durante 12 días.**

En cuanto a la producción de CO<sub>2</sub>, se observó para los tomates con Ceras Universales una producción significativamente menor ( $P \leq 0.05$ ) en comparación del resto de los tomates analizados (Figura 3A). En el caso de la producción de etileno, se mostró una producción significativamente menor ( $P \leq 0.05$ ) en los tomates con la formulación de Ceras Universales en comparación con los tomates con Multiceras y el testigo (Figura 3B). Estos resultados mostraron una respiración climatérica típica del fruto donde la producción de dióxido de carbono está regulada mediante el etileno. Los frutos climatéricos muestran durante su maduración un incremento en su producción, la cual disminuye a medida que el fruto alcanza la senescencia (Payasi *et al.*, 2009), sin embargo, la concentración se vio disminuida, esto se pueden atribuir a la barrera creada por el recubrimiento aplicado, resultados similares fueron reportados por Tomás *et al.* (2005), al aplicar cera de candelilla sobre guayabas.

Los tomates con recubrimiento mostraron significativamente mayor luminosidad, croma y ángulo hue ( $P \leq 0.05$ ) en comparación de los frutos testigo (Cuadro 1). Por otro lado, los tomates recubiertos con Ceras Universales mostraron mayor luminosidad, croma y ángulo hue que los tomates recubiertos con Multiceras. Estos resultados podrían indicar un retraso en la degradación de la clorofila y en la transición de los cloroplastos a cromoplastos, cambio propio de la madurez del fruto (Zapata *et al.*, 2007), por lo tanto, el recubrimiento causó retraso en la aparición del pigmento rojo, característico de la maduración en el tomate.



**Figura 3. Producción de CO<sub>2</sub> (A) y etileno (B) en tomate testigo (▲), tomate con Multiceras (■) y tomate con Ceras Universales (▲) durante 12 días.**

En cuanto a la firmeza, los tomates testigo mostraron significativamente valores menores ( $P \leq 0.05$ ) en comparación a los tomates con recubrimiento de Ceras Universales, los cuales mostraron significativamente mayor firmeza (Cuadro 1). Se observó una retención de la firmeza por mayor tiempo por el efecto regulador del recubrimiento (Hagenmaier y Shaw, 1992), donde al disminuir el etileno del fruto, se ralentizó la actividad de las enzimas presentes en la pared celular, responsables del ablandamiento del fruto, conforme avanza a la senescencia (Saucedo *et al.*, 2007; Bouzayen *et al.*, 2010).

Los sólidos solubles totales (SST) en los tomates testigos fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) que el registrado por los tomates con recubrimiento. Saucedo *et al.* (2009) reportaron un incremento en el porcentaje de SST, el cual puede estar relacionado a la pérdida de peso en concomitancia a la maduración de los tomates, debido a la deshidratación que libera los compuestos hidrosolubles, propio de la respiración.

Tanto la acidez titulable y el pH en los tomates con Ceras Universales mostraron una disminución de manera paulatina en comparación con los tomates recubiertos con Multiceras y los tomates testigos, este efecto puede atribuirse a la ralentización de la despolimerización de los polisacáridos del tomate y acumulación de materia seca durante el almacenamiento (Ochoa *et al.*, 2021), por otro lado, una mayor cantidad de ácidos orgánicos por la disminución en la respiración debido al efecto de barrera del recubrimiento podría explicar estos resultados (Famiani *et al.*, 2015).



**Cuadro 1. Parámetros fisiológicos post-cosecha durante el almacenamiento.**

V/ /D	L*	C*	h <sup>0*</sup>	Firmeza (N)	SST (%)	AT (%)	pH	TVA (g/h/m <sup>2</sup> )	
T	0	48.85±0.24	32.67±1.52	69.36±1.47	12.05±0.63	4.32±0.3	0.34±0.03	4.48±0.02	0.9362±0.2
	4	41.92±0.25	36.06±1.07	54.90±0.82	11.02±0.78	4.9±0.28	0.30±0.03	4.46±0.03	0.9947±0.1
	8	40.19±0.18	35.24±1.11	53.61±0.96	9.05±0.45	4.95±0.12	0.24±0.02	4.40±0.04	1.0016±0.3
	12	39.88±0.15	34.69±2.73	53.23±1.38	7.95±0.76	5.13±0.17	0.22±0.03	4.28±0.02	1.0428±0.1
M	0	48.37±0.87	31.79±2.17	72.02±1.14	12.38±0.52	4.40±0.26	0.35±0.02	4.74±0.04	0.8842±0.2
	4	42.85±0.36	34.69±2.85	54.70±0.74	11.98±0.54	5.00±0.14	0.31±0.01	4.52±0.02	0.8921±0.1
	8	41.03±0.26	34.44±2.96	53.32±0.72	10.62±0.63	5.10±0.24	0.25±0.02	4.41±0.01	0.9052±0.1
	12	40.74±1.06	34.40±2.06	53.02±1.20	9.42±0.83	5.17±0.16	0.23±0.02	4.28±0.03	0.9162±0.3
CU	0	48.98±0.13	25.45±1.78	83.13±1.50	12.33±0.32	4.30±0.27	0.36±0.02	4.70±0.04	0.7957±0.2
	4	42.67±0.94	33.30±0.97	57.37±1.10	11.87±0.36	4.33±0.09	0.32±0.03	4.55±0.01	0.7959±0.1
	8	41.37±0.71	34.56±1.89	54.55±0.84	10.93±0.28	4.63±0.28	0.29±0.01	4.53±0.04	0.7963±0.2
	12	41.29±1.61	34.74±0.85	53.76±1.46	10.35±0.54	4.92±0.43	0.26±0.02	4.40±0.03	0.7970±0.1

Todos los datos representan la media y el error estándar de la media ( $P \leq 0.05$ )

Variable (V), días de almacenamiento (D), transmisión de vapor de agua (TVA), testigo (T), Multiceras (M) y Ceras Universales (CU)

La transmisión de vapor de agua (TVA) en los tomates recubiertos con Ceras Universales mostraron valores significativamente menores ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo. Este resultado puede deberse a la naturaleza hidrofóbica del recubrimiento creando un número de poros en la barrera formada que disminuyen la concentración en el intercambio gaseoso propio del desarrollo natural del tomate (Télles *et al.*, 2013).

## Conclusiones

1. La aplicación de recubrimiento a base de cera de candelilla sobre el tomate ralentizó su fisiología e incrementó su vida post-cosecha.
2. Ceras Universales fue la base lipídica de la formulación del recubrimiento que mostró mayor eficacia sobre los tomates.



## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme una beca de manutención para dedicarme de tiempo completo y una beca para la estancia en el CIAD-Hermosillo, para la realización de este trabajo.

## Literatura Citada

- Bouzayen, M., A. Latché, P. Nath and J. C. Pech. 2010. Mechanisms of fruit ripening. *Plant Development Biology and Biotechnology* 1:319-339.
- Famiani, F., A. Battistelli, S. Moscatello, J. G. Cruz and R. P. Walker. 2015. The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents-a review. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 21(2):97-128.
- Hagenmaier, R. D. and P. E. Shaw. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(1):105-109.
- Hagenmaier, R. D. 2000. Evaluation of a polyethylene–candelilla coating for ‘Valencia’ oranges. *Postharvest biology and technology* 19(2):147-154.
- Mederos, T. Y., P. Bernabé G. y M. A. Ramírez A. 2020. Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Cultivos Tropicales* 41(3):1-19, e09. Epub 01 de septiembre de 2020. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025859362020000300009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362020000300009&lng=es&tlng=es) [Consultado el 20 de Julio de 2021].
- Ochoa, R. E., G. Martínez V., S. Saucedo P., J. Montañez, R. Rojas M., M. A. León Z. *et al.* 2021. Improvement of shelf-life quality of green bell peppers using edible coating formulations. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2448-2451.
- Payasi, A., N. M. Nagendra., A. L. Soeres C. and S. Randhir. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology Molecular and Biology Plants* 15(2):103–113.
- Rojas, M. R., S. Saucedo P., M. A. De León Z., D. Jasso C. y C. N. Aguilar. 2011. Pasado, presente y futuro de la candelilla. *Revista mexicana de ciencias forestales* 2(6):7-18. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200711322011000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322011000400003&lng=es&tlng=es) [Consultado el 21 de julio de 2021].





- Saucedo, P. S., D. Jasso C., J. Ventura S., A. Sáenz G., R. Rodríguez H. and C. N. Aguilar. 2007. Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf-life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality* 30(5):823-836.
- Saucedo, P. S., R. Rojas M., A. F. Aguilera C., A. Saenz G., H. de La Garza, D. Jasso C. *et al.* 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International* 42(4):511-515.
- Télles, P. R., K. Cruz A., E. Ochoa R., C. N. Aguilar y R. Rojas. 2013. Cubiertas comestibles de cera y polifenoles de candelilla: Una alternativa de conservación de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 5(10):1-7.
- Tomás, S. A., E. Bosquez M., S. Stolik and F. Sánchez. 2005. Effects of mesquite gum-candelilla wax based edible coatings on the quality of guava fruit (*Psidium guajava* L.). *Journal de Physique IV (Proceedings)* 125:889-892.
- Zapata, L., L. Gerard., C. Davies., L. Oliva y M. Schvab. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencias exactas y naturales- Ingeniería y Tecnología. Ciencia, Docencia y Tecnología* 18(34):207-226.



## CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTENSIONISMO EN EMPRESAS FORESTALES COMUNITARIAS DEL ESTADO DE OAXACA

*Juan Quintanar Olguin<sup>1\*</sup>*

### Resumen

Cropcheck es un programa de extensión desarrollado para cultivos, se basa en recomendaciones de mejores prácticas de manejo, mediante la determinación de factores clave, que se consideran esenciales para lograr altos rendimientos. Un aspecto fundamental se relaciona con la participación activa del productor, el que es considerado un investigador en su propio campo, también se destaca el enfoque integrador de factores productivos, la asistencia permanente del proceso con programas de educación y entrenamiento, así como la activación de acciones de innovación y desarrollo, su enfoque es grupal y local. En este documento, se describe la caracterización del modelo de extensionismo keycheck aplicado en empresas comunales forestales del estado de Oaxaca, tomando como base el modelo Cropcheck, para mejorar su proceso de estufado de la madera. El desarrollo consiste en la aplicación de 4 pasos: Manejo de su proceso utilizando las recomendaciones señaladas en los puntos de chequeo; Chequee los factores clave del tipo “S.M.A.R.T.”; Compare e interprete los resultados para identificar él o los posibles problemas y Actúe corrigiendo los problemas en el próximo proceso de secado.

**Palabras clave:** Keycheck, factores clave, cambio tecnológico, benchmarking

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental San Martinito.

\*Autor por correspondencia: [quintanar.juan@inifap.gob.mx](mailto:quintanar.juan@inifap.gob.mx)



## Introducción

El concepto de extensión surge a fines del siglo XIX en los Estados Unidos de América bajo el modelo de estaciones agrícolas experimentales asociadas a Universidades o Colegios estatales denominadas “Land Grant Colleges”. En Latinoamérica, los servicios de extensión nacieron por iniciativa de los gobiernos, como un bien público porque ningún país puede darse el lujo de descuidar su población rural. En este sentido, el esquema de extensionismo rural surgió bajo el supuesto de “extender” prácticas de producción más eficientes a productores que necesitarán mejorar sus sistemas de producción y que demandarán lo que se les ofrecía: tecnología. Con lo que se creó una alta dependencia en los productores de paquetes tecnológicos inadecuados, los cuales se orientaban al desarrollo de cultivos intensivos, donde la tecnología local y las experiencias de los productores nunca se tomaban en cuenta (Kandzior y Rivas, 2015).

Los modelos tradicionales de extensionismo, basados en la transferencia tecnológica son de manera unidireccional, lentos en la dispersión y adopción de una nueva tecnología y en la creación de cambios. Para abordar estos problemas, en 1985 se desarrolló un nuevo enfoque para el asesoramiento sobre extensión del arroz llamado "Ricecheck", que involucra la participación de los productores y el uso de conocimientos compartidos entre agricultores e investigadores para identificar los determinantes clave para un mayor rendimiento de cultivos (Singh *et al.*, 2007a). El método Cropchek en un sistema de extensión, destinado a acelerar el proceso de cambio tecnológico, utilizando principios que no son considerados en un sistema tradicional de extensión. Se basa en la observación y monitoreo del cultivo en determinados “puntos de chequeo”, que se han determinado como críticos para alcanzar una meta de rendimiento y calidad. A partir del análisis de los resultados obtenidos en los puntos de chequeo, y de la comparación con los obtenidos por otros productores (benchmarking), los productores aprenden de su propia experiencia y de la de otros para ir gradualmente implementando las mejores prácticas en el manejo de sus cultivos. La implementación del Cropcheck involucra una activa participación de los productores ya que requiere se realicen metódicamente actividades de observación, medición, registro de datos, interpretación e implementación de acciones correctivas, todo lo cual permite identificar las fortalezas y debilidades del manejo, lo que se traduce en lograr mejores resultados productivos (González,



2017; Fundación Chile, 2010; Singh *et al.*, 2007b). Por tanto, el enfoque de persona a persona constituye la medida del proceso de extensión dominante, y donde los eventos y reuniones de información grupal son los más importantes, pero los folletos, artículos de prensa o cursos de formación desempeñan un papel menor (Beck and Krafft, 2001).

## **Materiales y Métodos**

El proceso metodológico para caracterizar el proceso de extensionismo en empresas forestales comunitarias constó de los siguientes pasos:

- i). Revisión bibliométrica y documental de la información relacionada con los modelos de extensionismo, específicamente con el modelo Cropcheck.
- ii). Revisión del informe del proyecto de transferencia de la tecnología “protocolo de mejora continua del proceso de estufado de la madera” desarrollado en empresas forestales comunales en el estado de Oaxaca.
- iii) Adaptación y caracterización del modelo keycheck aplicado en empresas comunales forestales, tomando como base el modelo Cropcheck.

## **Resultados y Discusión**

La aplicación del modelo de extensionismo se inició formalmente mediante invitación a una reunión preparatoria a los encargados de las empresas comunitarias y las personas encargadas de las estufas en el estado de Oaxaca. De acuerdo a González (2017) y Fundación Chile (2010) para la correcta adopción de la metodología Keycheck en las empresas forestales comunitarias, es necesario aplicar los siguientes 4 pasos:

- 1. Manejar su proceso.** Maneje su proceso utilizando las recomendaciones señaladas en los puntos de chequeo.
- 2. Chequee:** Observe, mida y registre los datos del proceso.  
*Observe:* Observe el proceso desde las puertas de la cámara y no solo desde el sistema de control.



*Mida:* Medir el contenido de humedad, temperatura de la cámara, humedad relativa en la cámara, tiempos por etapa de secado. Realice las mediciones para cada uno de los puntos de chequeo propuestos.

*Registre los datos:* Anote los datos medidos. El registro de los datos en cada etapa clave asegura que la información observada y medida estará disponible para ser usada con posterioridad para su análisis.

3. **Compare e interprete.** Compare e interprete los resultados para identificar él o los posibles problemas.

4. **Actúe.** Corrija los problemas detectados en la próxima carga de secado para mejorar los rendimientos, puede utilizar o repetir los manejos que le dieron buenos resultados. Aprenda de su experiencia y de la experiencia de otros.

Los resultados de aplicar los 4 pasos de la metodología keycheck, fueron los siguientes: En relación al **manejo de su proceso**, se realizaron visitas a las diferentes estufas de las comunidades participantes, para determinar el estado en que realizan el proceso de secado directamente en la práctica *in situ*, mediante un contacto de “personas a personas” (Johnson, 2003), bajo el concepto de aprender haciendo, mediante discusiones grupales por importantes para la comunicación. Además, se realizó un curso de secado de madera en estufa, con la participación de personal de las seis empresas forestales comunitarias que acudieron a las reuniones preparatorias. El propósito del curso fue para que los participantes homogenizaran sus conocimientos, esto para identificar las brechas tecnológicas y las barreras que impide la mejora de la situación actual (Fundación Chile, 2010).

En relación con el **chequeo**, se aplicaron encuestas para determinar el estado del proceso de secado, generando un intercambio de opiniones y valoración de puntos críticos del proceso para su mejora, dado que cuantos más controles se adopten, mayor será el rendimiento y la rentabilidad. Además, los factores clave deben ser del tipo “S.M.A.R.T.”:

- ✓ **Specific (Específico)**, contenido de humedad, tiempo de secado.
- ✓ **Medible:** 25% de contenido de humedad, 45 horas de secado.
- ✓ **Alcanzable:** Obtener un contenido de humedad específico en un periodo de horas.
- ✓ **Relevante:** Ser importante en el desarrollo del proceso de secado.
- ✓ **Tiempo (Etapa definida):** Cuando se alcanza el punto de saturación de la fibra.



Para la etapa de **compare e interprete** los resultados para identificar él o los posibles problemas, se realizaron visitas rotatorias a las diferentes estufas de las empresas forestales comunitarias para determinar el estado actual del proceso de secado (como lo realizan de forma tradicional), generando un intercambio de opiniones y valoración de puntos críticos del proceso para su mejora, resultando la etapa de apilado, donde se determinaron varios factores clave y muy susceptibles de mejorar. También se determinaron puntos clave para las etapas del programa de secado (específicamente en lo relacionado con el manejo y aplicación del programa).

Para la etapa de **Actúe**, se inició con capacitación con el fin de generar nuevas capacidades y enfocada específicamente en el criterio relacionado con el apilado por ser el más crítico (baja valoración que se le da en el proceso) y dada su importancia en el proceso de secado para obtener madera secada con calidad. Esto para superar las actividades tradicionales de extensión forestal que tienden a centrarse en la transferencia de conocimientos, bajo los supuestos de que: los profesionales saben lo que los productores deben "aprender" y, por lo tanto, son la fuente más confiable de información sobre el tema (Ma *et al.*, 2012).

Además, se continuo con la evaluación del criterio de apilado de la madera, quedando como áreas de oportunidad, la mejora de cada una del resto de variables, lo cual debe ser continúa, aun cuando sea una a una, pero debe alcanzarse el 100% en todas las variables. Para los criterios de operación de la estufa y programa de secado, los operarios entienden la necesidad de mejorar, dado el impacto visible que tiene en los costos de secado, la mala operación o la aplicación de un programa inadecuado.

## Conclusiones

1. El modelo propuesto constituye un marco estructural y conceptual que refleja la existencia y consistencia de factores claves en el desarrollo del proceso de estufado de la madera, convirtiéndolo en una herramienta esencial para resolver problemas internos y como una oportunidad para mejorar el proceso de estufado de la madera en las empresas forestales comunales.



2. La aplicación de inspecciones del proceso y la discusión en grupos de los factores clave han destacado problemas que se pueden mejorar mediante capacitación adicional, que pueden conducir a mejoras en la productividad del proceso sin costo adicional para la empresa forestal comunitaria.
3. Los beneficios técnicos para la mejora del proceso de estufado que keycheck ha detectado son una ventaja. Sin embargo, las limitaciones fuera del proyecto, como la comercialización de la madera estufada pueden restringir el desarrollo del sistema en el futuro.

### **Literatura Citada**

- Beck, R. and U. Krafft. 2001. Analysis of extension efforts in Bavaria: extensionists perception. p. 35-44. *In: Race, D. & R. Reid (ed.). Proceedings of 4th IUFRO forestry extension working party symposium. Lorne, Australia.*
- Fundación Chile. 2010. Cropcheck Chile: sistema de extensión para el sector agroalimentario, Versión II. Área Agroindustria - Fundación Chile. Santiago de Chile. 59 p.
- González, A. 2017. Adaptación de la Metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Boletín INIA N° 346. Centro Regional Carillanca – INIA. Cajón Vilcun, Región de la Araucanía, Chile. 141 p.
- Johnson, J. E. 2003. Best practices in forestry extension – a state perspective. p. 204-213. *In: Proceedings 6th IUFRO Extension Working Party Symposium 2003. Troutdale, Oregon USA*
- Kandzior, A. and E. Rivas. 2015. Forestry extension as a work approach for forestry programs and projects. *In: Pancel L. and M. Köhl (eds.). Tropical Forestry Handbook. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41554-8\\_90-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41554-8_90-1)*
- Ma, Z., D. B. Kittredge and P. Catanzaro. 2012. Challenging the traditional forestry extension model: insights from the woods forum program in Massachusetts. *Small-scale Forestry* 11(1):87-100.
- Singh, R. P., J. P. Brennan and J. Lacy. 2007a. An economic evaluation of the ricecheck extension program in NSW. *Australasian Agribusiness Review* 15(4):46-61.
- Singh R., J. Brennan and J. Lacy. 2007b. Economic assessment of partial adoption of extension programs: the case of the Ricecheck program in Australia. *Extension Farming Systems Journal* 3(1):1-11.



# MODELO DE SIMULACIÓN EN SOFTWARE SIMIO® PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS LOGÍSTICOS EN UN BENEFICIO DE CAFÉ: ESTUDIO DE CASO

*Luis Antonio Calderón Palomares<sup>1\*</sup> y Oscar Andrés Del Ángel Coronel<sup>1</sup>*

---

## Resumen

Los modelos de simulación ayudan a comprender el entendimiento de estructuras complejas, en este sentido, los usuarios tienden a usarlos como herramientas que contribuyen al proceso de la toma de decisiones en la agroindustria e industria en general. El propósito de este trabajo fue desarrollar una herramienta que permita a los productores de café aprender a analizar modelos de simulación que soporten la manufactura y las decisiones en los procesos de operación. En este sentido, al aplicar la simulación al proceso de beneficiado de café en una empresa de la región centro-occidente del estado de Veracruz pudo observarse que el principal cuello de botella se registró en el manejo de inventario, ya que la cantidad de producto procesado presentó variaciones con respecto a la cantidad de pedidos que atender, lo que generó retrasos en los tiempos de entrega. No obstante, al mantener un seguimiento histórico de la producción y demanda en los años subsecuentes, la empresa tendrá una base sólida para la toma de decisiones que favorezcan el cumplimiento en tiempo y forma con los requerimientos futuros del mercado que se abastecerá.

**Palabras clave:** Simulación discreta, estrategias de abasto y comercialización, procesos y operaciones agroindustriales

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Programa de Maestría en Ingeniería. Av. 25 Poniente No. 100 Col. Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100.

\*Autor por correspondencia: lcalderonp@huatusco.tecnm.mx





## Introducción

Con el avance tecnológico de las computadoras a principios de la década de los 50's, se han desarrollado diversas herramientas analíticas de gran impacto en el campo científico. Una de las herramientas más importantes en el análisis del diseño y la operación de los sistemas o procesos complejos es la simulación. El concepto de simulación denota las acciones de imitar, copiar o representar cualquier cosa, conducir un experimento, representar y comprender ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas de sistemas complejos del mundo real, mediante el uso de un modelo computarizado en un periodo de tiempo deseado, todo ello con el fin de entender el comportamiento del sistema y evaluar varias estrategias –o escenarios– con las cuales se puede operar el sistema (Naylor, 1982; Shannon, 1988). De acuerdo con Torres (2016), un modelo es la interpretación explícita de lo que se entiende de una situación. Puede expresarse mediante ecuaciones matemáticas, símbolos o palabras, pero en esencia es una descripción de entidades, procesos o atributos y las relaciones entre ellos. Puede ser descriptivo o ilustrativo, pero sobre todo debe ser útil para cumplir los objetivos de estudio planteados. Por tanto, la simulación consiste en la observación del comportamiento dinámico de un modelo que se mueve de un estado a otro en el tiempo de acuerdo a una serie de restricciones y reglas establecidas, basada en la creación de modelos para llevar a cabo su metodología (Coss, 1982).

Por otra parte, el desarrollo de la computación y de los paquetes computacionales han revolucionado el área de la simulación. Actualmente, existen paquetes de simulación (comúnmente llamados *simuladores*) orientados a resolver problemas de áreas específicas que cuentan con la ventaja de representar de manera más realista los sistemas bajo estudio. Algunos ejemplos de estos son: Simio®, Arena®, Simula®, Modsim® III, ExtendSim®, ProModel® y AutoMod® (Law y Kelton, 2015).

En el presente estudio se aplican los principios de simulación mediante el uso del software Simio® de modelación, simulación y animación en 3D, para determinar los flujos de procesos de eventos discretos, basado en un enfoque mixto, que combina objetos y procedimientos para modelar comportamiento de un sistema. En este sentido, el principal objetivo del presente trabajo fue el de generar conocimiento que permita modelar la capacidad de optimización de procesos logísticos en el beneficio de café “La Finca”, ubicado en la localidad de Santa Rita,

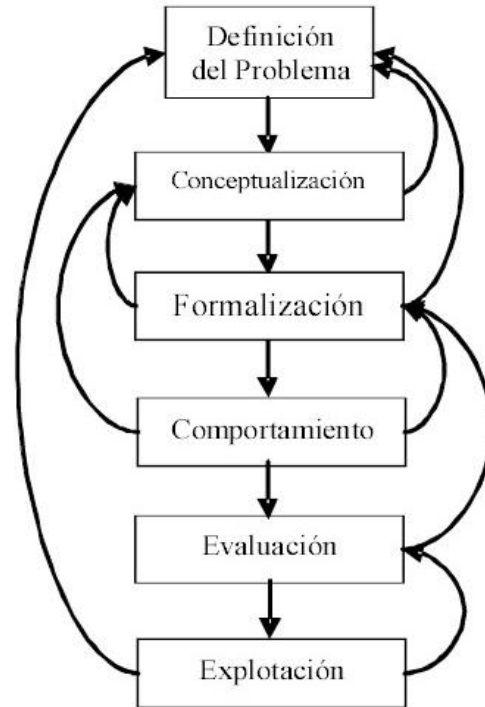


municipio de Tenampa, Ver., y de esta manera entender el comportamiento de dichos procesos, en el interés de poder tomar decisiones que permitan un balance entre la demanda y la producción, ya que hasta el momento no existe un equilibrio entre las entradas de materia prima, el proceso de producción y la existencia del almacén de producto terminado para la venta al cliente.

## **Materiales y Métodos**

El presente estudio se desarrolló en el beneficio de café “La Finca”, ubicado en la localidad de Santa Rita, municipio de Tenampa, Ver., durante los meses de octubre 2020 a marzo 2021, periodo que comprende los meses de cosecha y beneficiado de café en la región centro-occidente del estado de Veracruz. Dicha empresa es de capital mexicano y sus actividades se dividen en siete operaciones principales: 1) recepción de café, 2) depredadora, 3) despulpado, 4) eliminación de mucílago, 5) escurrido, 6) secado y 7) Empacado; las cuales comprenden todo el sistema de beneficiado de café. Para la modelación y simulación de estas operaciones se establecieron las siguientes fases (Goñi, 2006): a) definición del problema, b) conceptualización del sistema, c) formalización, d) comportamiento, e) evaluación y f) explotación. En la Figura 1 se presenta un diagrama de la forma en que se integran estas fases, iniciando de arriba abajo y con flechas representando líneas de flujo que vuelven hacia atrás en el proceso de modelado, para indicar que las fases no siguen un patrón de comportamiento secuencial y por orden correlativo, sino que con frecuencia, al completar alguna de ellas, se hace necesario volver hacia una fase anterior para reconsiderar algunos de los supuestos establecidos para el modelo que, hasta entonces, se habían considerado válidos (Mora, 2004).

Previamente a la estructuración del modelo de simulación, se realizó un diagrama de causa-efecto en conjunto con los administradores del beneficio de café en el interés de entender el problema en sus causas raíz y de esta manera obtener un análisis estructural del sistema completo de la empresa. Las variables principales empleadas para el modelo se presentan en el Cuadro 1.



**Figura 1. Proceso de modelación y simulación aplicado al beneficio de café “La Finca”.**

**Cuadro 1 Variables de operación para el modelo de simulación.**

Nombre	Descripción
Periodo de trabajo	Es el tiempo de operación del beneficio, estimado en 6 meses (de octubre a marzo).
Materia prima	Representa el volumen de producto recibido de proveedores (40 a 45 toneladas por mes)
Clientes	Representa el volumen de producto entregado a clientes (15 a 17 toneladas por mes)
Relación utilización / rendimiento	Se refiere a la cantidad de producto no aprovechado (30 al 35% de merma)
Abastecimiento	Representa la proporción del almacén destinada a los clientes
Proveedores	Representa las compras de producto
Pedidos	Representa la cantidad de pedidos de clientes completados
Transporte	Pedidos + (gastos de insumos x disponibilidad)
Disponibilidad	Capacidad de pedido y disponibilidad de la empresa de entregar a tiempo.
Gastos	\$70,000 en promedio por mes



El siguiente paso fue la realización del análisis de optimización de los procesos logísticos con el modelo simulado en el software Simio® del beneficio de café. La disponibilidad de materia prima en el periodo de evaluación permitió que se llevara a cabo durante el primer trimestre de operación el acopio de datos para la estructuración del modelo. Posteriormente, se procedió a la validación del modelo comparándolo con los datos obtenidos durante el segundo trimestre de operación del beneficio.

## Resultados y Discusión

Como inicio para la estructuración del modelo de simulación y como metodología para entender el problema en sus causas raíz se realizó el diagrama de causa y efecto (Espina de pescado) cuyos resultados se puede observar en la Figura 2. En el diagrama se puede apreciar que se tomaron en cuenta 5 grandes áreas que son: la Maquinaria (MQ), el Medio ambiente (MA), la Mano de Obra (MO), el Método (MET) y la Materia Prima (MAT). En estas áreas se observa que existen de acuerdo al análisis realizado con encargados y trabajadores que están en el día a día de la operación, elementos que ocasionan un deficiente control de inventario y por consiguiente un problema en el almacén que afecta al cliente en el cumplimiento de sus pedidos.

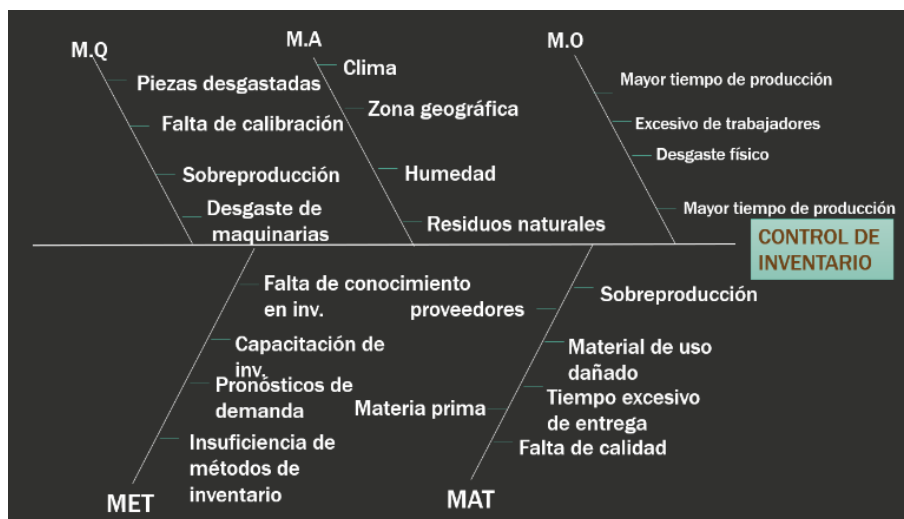
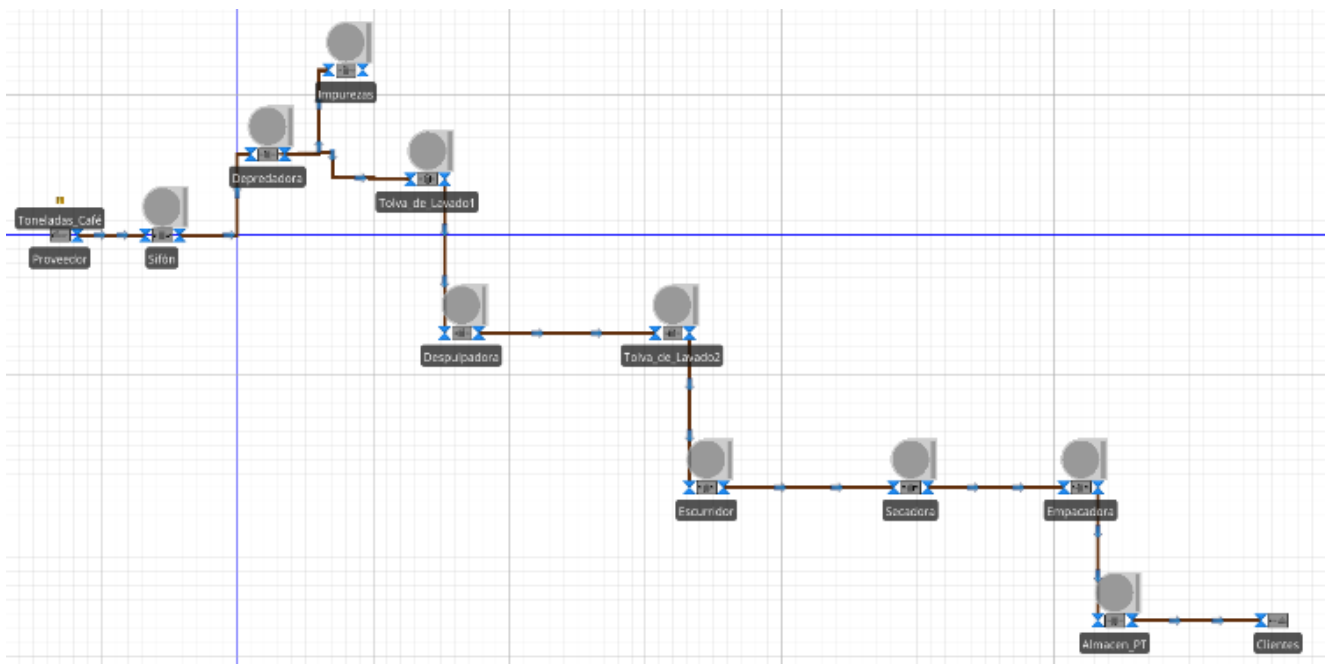


Figura 2. Diagrama Causa y Efecto de la situación actual.



Con esta información se creó el modelo presentado en la Figura 3. Al respecto, el estudio de este caso inició con la llegada del proveedor al almacén de materia prima donde se realiza el pesado del café. Posteriormente, el producto se lleva al sifón donde es vaciado y luego transportado por el elevador hasta llegar a la depredadora, sitio donde se separan las impurezas que contenga el café. Enseguida pasa a la primera tolva de lavado, para continuar a la despulpadora, y de ahí a la segunda tolva de lavado donde se elimina el mucílago del café. A continuación, se escurre y las almendras del café se distribuyen en tolvas para que minutos después sean secadas. Finalmente, el café es empaquetado para ser transportado al almacén de producto terminado.

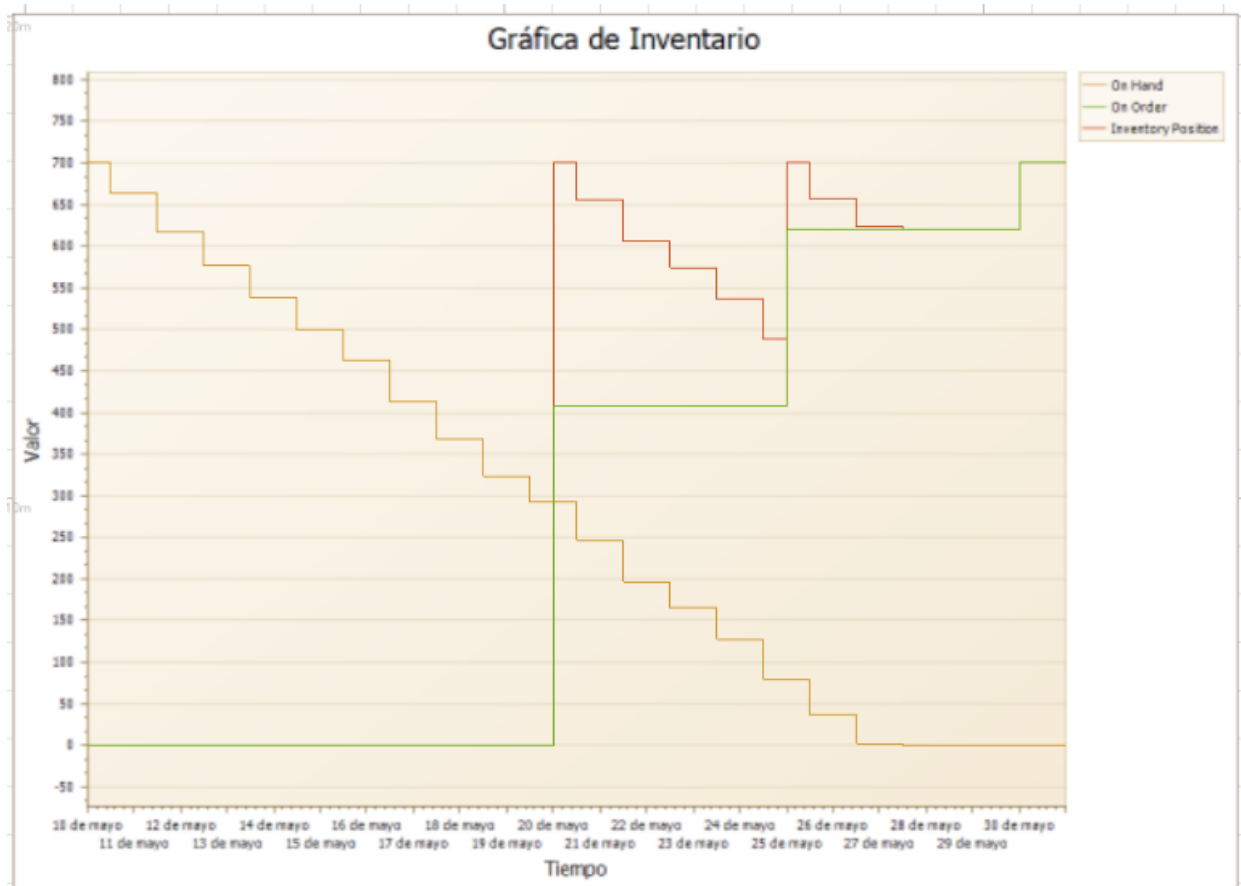


**Figura 3. Variables principales para el modelo de simulación del beneficio de café “La Finca” (de izquierda a derecha: Toneladas de café, Proveedor, Sifón, Depredadora, Impurezas, Tolva de lavado 1, Despulpadora, Tolva de lavado 2, Escurridor, Secador, Empacadora, Almacén y Clientes).**

Este modelo de simulación se apoya en los datos de operación proporcionados por la administración del beneficio para dos trimestres consecutivos de operación, de tal manera que con ello puedo obtenerse el patrón de comportamiento simulado con el software Simio® para el primer trimestre y la validación del mismo con datos de la producción a escala real del



segundo trimestre. En este sentido, los resultados obtenidos muestran que el comportamiento del inventario correspondiente a un trimestre de operación, es equivalente a un rango de entre 14,500 a 19,000 sacos o quintales (100 libras≈46 kg de café) producidos, respecto a la cantidad de sacos entregados, que varía de acuerdo al número de pedidos de cada cliente, en un intervalo de 21,000 a 55,000 sacos. Lo anterior implica que en la empresa debe existir el abasto de producto final de manera constante para que se realice la entrega de pedidos en tiempo y forma, sin embargo, en la Figura 4 se puede observar un ejemplo de los resultados correspondientes a la existencia del producto final para un mes en específico, donde se muestra que existe una variación que generan picos de demanda de producto por parte de los clientes y bajas pronunciadas en la cantidad existente en inventarios, lo cual es atribuible a la falta de control de tales inventarios en escala real.



**Figura 4. Patrón de resultados arrojados por la simulación para un trimestre de operación en el beneficio de café.**



Como consecuencia, se registran retrasos en el tiempo de entrega, mientras que el aumento en los pedidos continúa conforme a la demanda del producto generada por el mercado potencial. Por tanto, para poder solventar estos problemas en el mediano plazo, es necesario que la empresa realice el seguimiento histórico de la producción y demanda en los años subsecuentes, en la intención de generar más datos que permitan analizar bajo diferentes escenarios, el comportamiento o patrón que siguen sus inventarios. Con esta información en mano, la empresa tendrá una base sólida para la toma de decisiones respecto a la optimización de sus procesos logísticos, tomando en cuenta factores como: a) la cantidad de abasto de materia prima que puede procesar y debe requerir por parte de los proveedores; b) la cantidad de pedido y fechas precisas en que se pueden cubrir éstos; lo que le permitirá cumplir en tiempo y forma con los requerimientos futuros del mercado que se abastecerá.

## **Conclusiones**

1. Mediante la aplicación de la simulación discreta se realizó el análisis de las actividades y operaciones principales desarrolladas en el beneficio “La Finca”, observando que uno de los principales cuellos de botella de la empresa en estos momentos es la falta de un control de inventarios, que permita coordinar y dar seguimiento a la cantidad de producción de café que la empresa debe realizar para poder satisfacer la demanda generada por sus principales clientes actuales y potenciales.
2. Se le recomienda a la empresa realizar un seguimiento a las variaciones estacionales que generan picos y bajas pronunciadas en la cantidad que demandan los clientes, para poder llevar a cabo un seguimiento histórico y con ello poder seguir analizando el comportamiento o patrón que siguen sus inventarios para poder cumplir en tiempo y forma con los requerimientos futuros del mercado que abastecerá.



## Agradecimientos

Los autores agradecen profundamente el apoyo y las facilidades brindadas por la administración del Beneficio de Café “LA FINCA” durante la obtención de datos para la elaboración del presente trabajo.

## Literatura Citada

- Coss, B. R. 1982. Simulación un enfoque práctico. Editorial Limusa. México, D.F. 130 p.
- Goñi, J. y J. M. García. 2006. Dinámica de Sistemas Biológicos: modelando complejidad. Iniciación a la Investigación. <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/235/217> [consultado el 10 de noviembre de 2020].
- Law, A. M. and W. D. Kelton. 2015. Simulation Modeling and Analysis. Editorial Mc Graw Hill Education. Tucson, Arizona, USA. 80-95 pp.
- Mora, G. L. A. 2004. Indicadores de la gestión logística KPI. “Los indicadores clave del desempeño logístico”. Fundación de Estudios Superiores Comfanorte. 140 p.
- Naylor, T. H. 1982. Técnicas de simulación en computadoras. Edición, reimpresión. Editor, Limusa. 390 p.
- Shannon, R. E. 1988. Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implementación. 1ª Ed. Editorial Trillas, México, D.F. 427 p.
- Torres, V. P. J. 2016. Simulación de sistemas con el software Arena. Universidad de Lima. Fondo Editorial. 12 - 15 pp.





## INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ALCATRAZ [*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng.] VAR. 'DEJA VÚ' EN CALCAHUALCO, VERACRUZ

Diana Trinidad López Páez<sup>1</sup>, Juan Guillermo Cruz Castillo<sup>2</sup>, Joaquín Murguía González<sup>1</sup>, Otto Raúl Leyva Ovalle<sup>1</sup>, Pablo Andrés Meza<sup>1</sup> y María Elena Galindo Tovar<sup>1\*</sup>

### Resumen

El alcatraz (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng.) es una planta ornamental que crece en varias regiones de México. Los principales estados productores son Baja California Sur y Estado de México. En la zona centro de Veracruz, la producción de flores es una de las actividades productivas más extendidas en el medio rural, y el alcatraz es considerado como un cultivo menor de flores de corte. El proyecto consistió en desarrollar un método de cultivo, para la introducción del alcatraz de la variedad 'Deja vu' en Calcahualco, Excola, Itzapa y Atotonilco, localidades del municipio de Calcahualco, Ver. La planta y los rizomas se obtuvieron de un predio ubicado en Elotepec, Huatusco y se sembraron en la segunda semana del mes de noviembre del 2020. Se evaluaron parámetros de productividad y la rentabilidad mediante una corrida financiera, para conocer la relación beneficio costo del cultivo. Con relación a los días a emergencia, los primeros brotes se observaron en Itzapa al día 15, en las tres localidades restantes la emergencia ocurrió entre los días 30 a 45. La mayor sobrevivencia se obtuvo en la localidad de Calcahualco con un 95% y la menor en Atotonilco con un 30%. En cuanto a floración, en Calcahualco se obtuvo en la primera semana del mes de abril. Se considera que la localidad de Calcahualco, en el municipio de Calcahualco, Ver. presenta condiciones apropiadas para el cultivo de alcatraz variedad 'Deja vu'. Para el estudio financiero se observa que el proyecto es rentable, desde el primer año, con una relación beneficio/costo de \$1.25 MXN, considerando un valor de mercado de \$6.00 MXN por tallo floral. Alcanzando el punto de equilibrio con 206 tallos florales. Por ello, se concluye que el cultivo de alcatraz

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana – Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Peñuela-Amatlán de los Reyes S/N, C. P. 94945  
Teléfono y Fax: 2717166410. \*Autor por correspondencia: hortiori@uv.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo – Centro Regional Universitario Oriente. Km. 6 Carretera Huatusco – Xalapa. Huatusco, Veracruz. C.P. 94100 Teléfonos: 01 (273) 734 07 64 y 4 29 96



variedad 'Deja vu' en el municipio de Calchualco es rentable y que la localidad de Calchualco presenta las mejores condiciones para su cultivo y su apropiación por los productores.

**Palabras clave:** producción, rentabilidad, transferencia de tecnología, ornamentales

## Introducción

Desde la época prehispánica, México se ha caracterizado por su gran variedad de flores; ya que alberga el 12% de la diversidad florística mundial. Una especie se considera ornamental, cuando se cultiva y se comercializa con un único propósito decorativo que hace destacar sus características estéticas (SADER, 2017). Históricamente, en México el cultivo de flores se ha realizado desde las chinampas hasta los invernaderos y ha crecido día con día. Inicialmente el cultivo de especies ornamentales se realizaba como tradición; actualmente se han incorporado especies provenientes de otros países y se han agregado los usos alimentarios y farmacéuticos, por lo que son altamente apreciadas en el mercado nacional e internacional (García y Serrano, 2019). En la zona centro del estado de Veracruz, la producción de flores es una de las actividades productivas más extendida en el medio rural, y el alcatraz es considerado como un cultivo menor de flores de corte (Trejo *et al.*, 2014). En México los principales estados productores son Baja California Sur y Estado de México (SIAP, 2020). El género *Zantedeschia*, conocido comúnmente como alcatraz, cartucho o cala, es originario del sur de África, y se ha adaptado a distintas regiones de México. En el país se cultiva principalmente el alcatraz blanco o criollo (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng.), que es una especie de hábito perenne y se cultiva principalmente a campo abierto en condiciones templado - húmedo; con experiencia agronómica limitada (Trejo *et al.*, 2013). La variedad 'Deja vu', es la primera variedad de alcatraz registrada con título en México (Cruz *et al.*, 2008) y su cultivo representa una alternativa productiva y mejor competitividad en el mercado para la región de las Altas Montañas en Veracruz. Con la finalidad de integrar un método de producción que permita a productores rurales tener una opción para el cultivo de alcatraz se



realiza la introducción de alcatraz variedad Deja vú, en Calcahualco, Excola, Itzapa y Atotonilco, localidades del municipio de Calcahualco, Ver.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

El proyecto se desarrolló en el municipio de Calcahualco, Veracruz, seleccionado por estar catalogado en estatus de alta marginalidad (BIENESTAR, 2021). Con apoyo de la Dirección de Fomento Agropecuario del municipio, utilizando el método de selección de sujetos tipo, se eligieron a cuatro productoras (Cuadro 1) de distintas localidades, a las cuales se les expuso el proyecto y estuvieron interesadas en participar.

### Cuadro 1. Participantes en el proyecto del cultivo de alcatraz variedad 'Deja vu'.

Nombre	Localidad
Teresa Morales Hernández	Calcahualco
Tomasa Castillo García	Excola
Teresa Cruz Cano	Itzapa
Juana Contreras Rosas	Atotonilco

Para ello se realizó un taller en donde se explicó en qué consistía el proyecto y la forma de desarrollarlo. Como apoyo se les entregó un manual del productor elaborado con base en Cruz *et al.* (2010) y Arredondo *et al.*, (2012). Posteriormente se realizaron visitas periódicas en cada localidad para dar seguimiento al avance (Figura. 1).

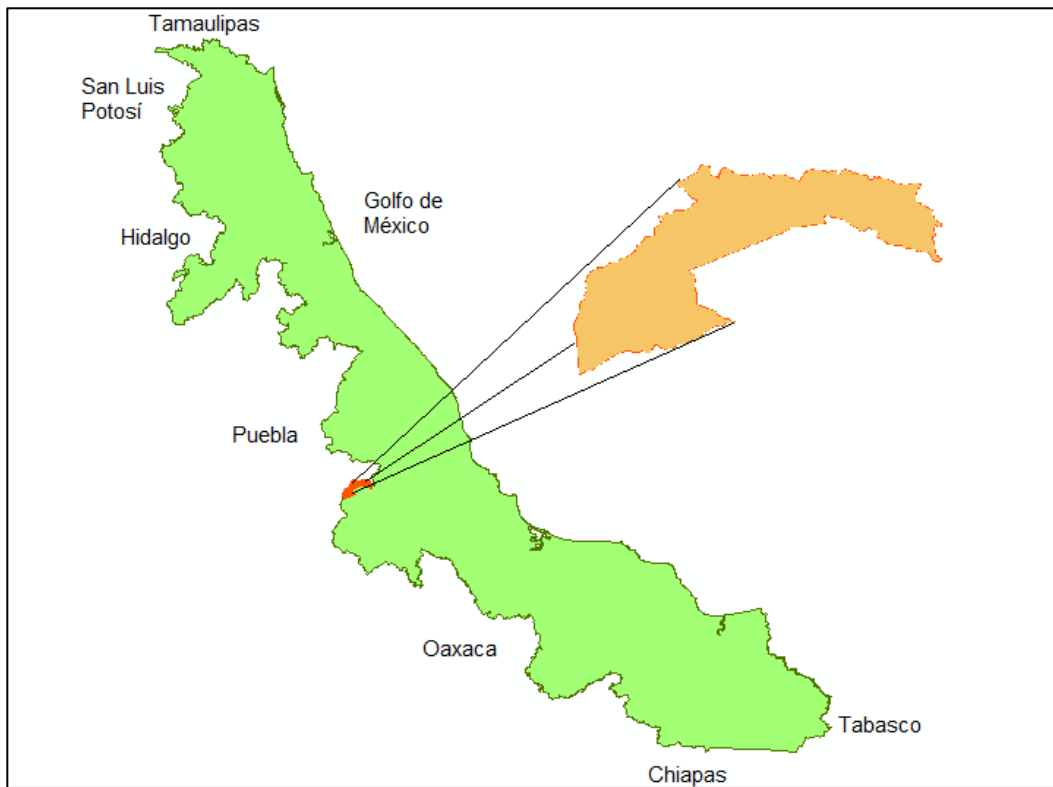


Figura 1. Taller para desarrollo del proyecto (A) y seguimiento a productores (B).



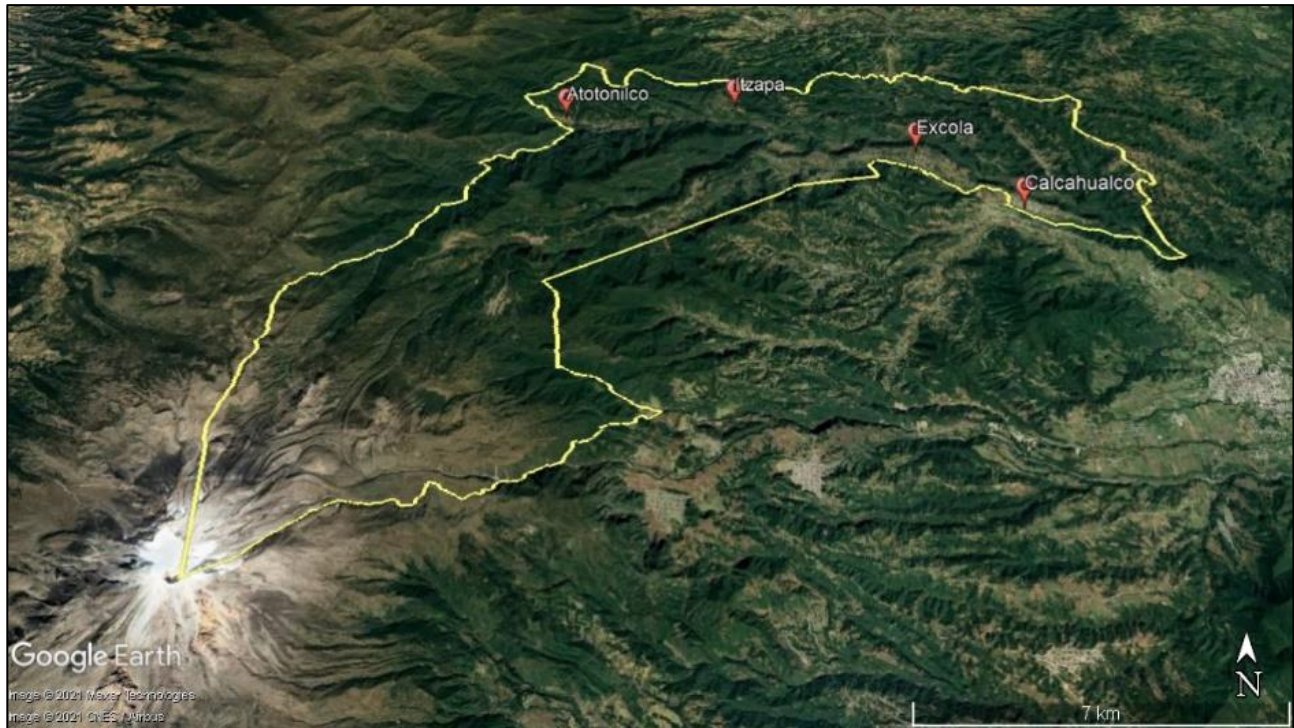
## Localización

El municipio de Calcahualco se encuentra en la zona de las altas montañas en el estado de Veracruz (Figura 2), colinda al norte y al oeste con el estado de Puebla, al noreste con Huatusco, al este con Alpatláhuac, en la parte sudeste con Coscomatepec y al sur limita con La Perla. Se localiza entre las coordenadas 19° 07' latitud Norte y entre 97° 05' longitud Oeste. El clima es templado-húmedo con una temperatura promedio de 13°C, su precipitación pluvial media anual es de 1148.5 mm y los meses de mayor precipitación se presentan de junio a septiembre. El suelo es de tipo luvisol y andosol, se caracteriza por acumulación de arcilla en el subsuelo y es susceptible a la erosión (CEIEG, 2020). El cultivo del alcatraz criollo o blanco forma parte de su cultura.



**Figura 2. Mapa de localización del municipio de Calcahualco.**

Las localidades participantes se encuentran distribuidas en el municipio en distintas regiones (Figura 3), para conocer su ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar se utilizó un GPS Garmin®.



**Figura 3. Mapa del municipio de Calchahualco con localidades participantes. Fuente: INEGI (2018).**

### **Caracterización de la zona de estudio**

Para caracterizar y ubicar la zona de estudio se realizaron mapas de relieve y clima, utilizando las bases de datos de INEGI (2021), se procesaron en el programa ArcGIS® 10.4.1; empleando la página GBIF (2021), se filtró la base de datos para los registros geográficos de alcatraz de 1991 a 2021, donde se obtuvieron 159 registros, los datos de longitud y latitud se guardaron en formato \*.csv, para analizarlo en el software Maxent®.

### **Material vegetal**

La variedad de alcatraz que se utilizó fue 'Deja vú'. La espata de 'Deja vú' es blanca, rosada y verde; su tamaño es igual o mayor que la del alcatraz 'Criollo' blanco y el manejo agronómico es similar en ambas variedades (Cruz y Torres, 2017). Los rizomas utilizados se obtuvieron del cultivo establecido en Elotepec, municipio de Huatusco, Veracruz. Se seleccionaron 40 rizomas y 10 plantas (Figura 4) para cada participante.

Cada rizoma y cada planta fue colocado durante 15 minutos en una solución de bactericida-fungicida en una concentración de 3 g/L, con el fin de evitar pudrición al momento de plantar.



**Figura 4. Rizomas y plantas utilizadas en el proyecto.**

### **Desarrollo del método de producción**

Para el inicio de este trabajo se desarrolló la integración del paquete tecnológico, con técnicas establecidas por distintos centros de investigación, conocimientos de las productoras y la aportación técnica que se añadió en el seguimiento y acompañamiento del desarrollo del cultivo.

### **Método de cultivo**

Calchualco: Se plantó en un sustrato formado por 50% suelo de la región de textura arcillosa y 50% sámago de pino-encino. Se utilizaron contenedores de 30 cm de diámetro por 22 cm de altura, cada contenedor se colocó en un área en donde recibía sol directo únicamente por la tarde.

Excola: La plantación se realizó en surcos a una separación de 50 cm por planta en un arreglo a marco real, en cada surco se mezcló suelo y sámago de pino-encino. El lugar donde se colocaron los rizomas y plantas recibió luz solar directa.

Itzapa: Se plantó en contenedores de 6 cm de diámetro por 10 cm de altura, el sustrato utilizado fue igual al de los casos anteriores, los contenedores se colocaron bajo sombra sin exposición solar directa.

Atotonilco: Se realizó la plantación en surcos con un sustrato igual al de los casos anteriores. El lugar recibe luz solar directa.

El período del experimento en campo fue de noviembre de 2020 a junio año 2021, considerado desde la plantación hasta los días de floración, las variables evaluadas fueron:



**Días a emergencia.** Se contaron los días desde la plantación, hasta que se presentaron las plántulas en cada localidad, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$ .

**Sobrevivencia.** Fue el número de plantas vivas al final del mes de junio, considerando el número con el que se inició la plantación en porcentaje. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$ .

**Días a floración.** Se contabilizaron los días en que se obtuvo la primera floración a partir del día de la siembra.

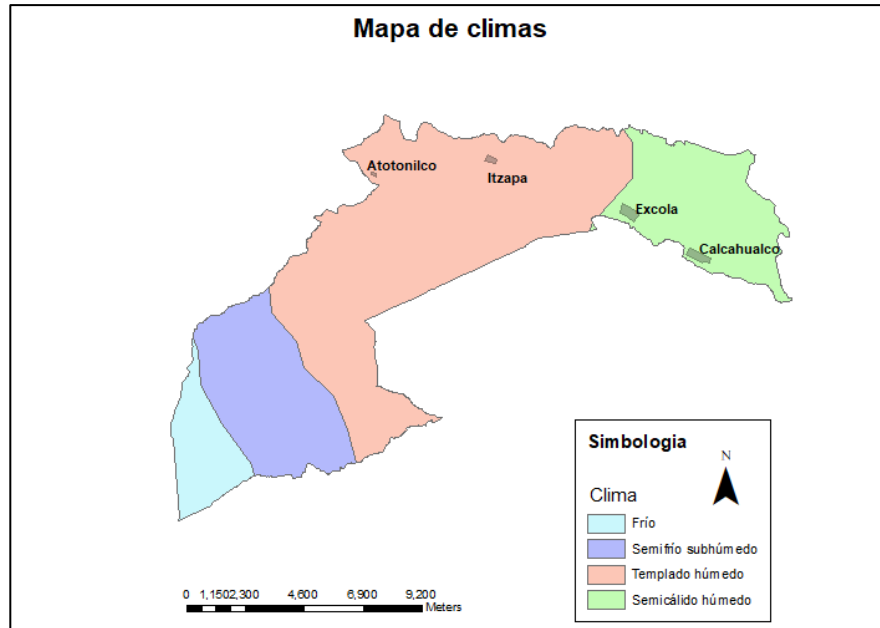
**Rentabilidad.** Se obtuvieron los costos de producción, y precios de mercado local y regional. Aunado a ello se realizó una corrida financiera siguiendo la metodología de Pavon (2020), lo que permitió visualizar la viabilidad financiera del proyecto calculando el costo-beneficio del cultivo de alcatraz. Los precios utilizados fueron los establecidos durante 2019-2020 y se realizó una extrapolación a una ha.

## Resultados y Discusión

### Caracterización de la zona de estudio

De acuerdo con los resultados obtenidos de las bases de datos procesadas en Maxen, las zonas óptimas para el desarrollo del cultivo se concentran en los estados de CDMX, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz. Esta información difiere con el publicado por Qiao *et al.* (2017); sin embargo, el área de distribución para el estado de Veracruz es similar y el área de estudio está localizada en un área óptima para el desarrollo del cultivo.

En el mapa de climas (Figura 5) es posible observar que la localidad de Calchualco y Excola se encuentran en un clima semicálido - húmedo y de acuerdo con CONABIO, (2020), esta área tiene una temperatura promedio de 12°C, Itzapa y Atotonilco están dentro de un clima templado húmedo con una temperatura que oscila entre los 5°C y los 12°C.



**Figura 5. Mapa de climas para el municipio de Calchahualco, Ver.**

En cuanto al relieve, es una zona montañosa que debido a su ubicación geográfica va de los 1600 msnm a los 5200 msnm estando en las faldas del volcán, las comunidades en donde se llevó a cabo el proyecto se encuentran en distintas altitudes, Calchahualco a 2000 msnm, Excola a 2200 msnm y Atotonilco e Itzapa a 2400 msnm. Estas altitudes pueden ser comparadas con Elotepec, Ver. de donde se extrajo la planta madre, que se ubica a los 2200 msnm.

### **Desarrollo del cultivo**

#### **Emergencia**

Los días a emergencia se contabilizaron a partir de los primeros brotes, y se registraron entre el día 15 y 45. En Itzapa la emergencia inició a los 15 días después de la siembra, a los 30 días alcanzó el 50%, pero debido a problemas de salud de la participante, el proyecto fue suspendido. En Atotonilco, Excola y Calchahualco, la emergencia inició a los 30 días, alcanzando el 25%, 85% y 100% respectivamente a los 45 días. De acuerdo con el análisis estadístico se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las localidades de Calchahualco, Excola e Itzapa, y Atotonilco presentó el valor menor (Figura 6). Calchahualco, que presentó un 100% de emergencia, y Excola con el 85% presentaron temperatura media entre 17 y 22°C, ligeramente mayor a las otras dos localidades; además, de acuerdo a Cabrera, (1999), puede estar relacionado con la porosidad del sustrato que debe ser mínima del 70%,

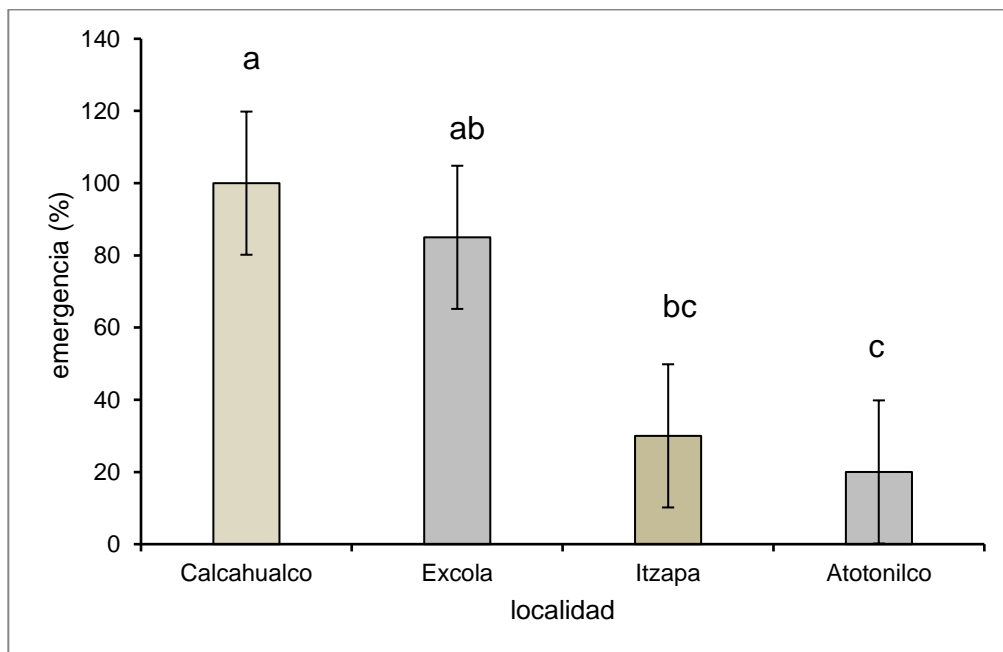




lo que se logró mantener en los contenedores en Calcahualco. En el caso de Atotonilco y Excola, al realizar la plantación en surcos, el clima y el riego compactaron el suelo, retardando la emergencia.

La razón por la cual la emergencia inició antes en Itzapa puede deberse al método de siembra; ya que en esta comunidad sembraron superficialmente y en sombreadero. Aunque en Atotonilco, Excola y Calcahualco inició la emergencia al mismo tiempo, Calcahualco presentó una mayor emergencia inicial que puede deberse a que en esta localidad la temperatura se encontró entre 17 y 22°C; lo que proporcionó condiciones más favorables, de acuerdo a lo reportado por Cruz *et al.* (2010), para el alcatraz. En Atotonilco se observó que después del día 45 la temperatura fue menor a lo recomendado y el crecimiento se detuvo, las hojas y brotes se quemaron afectando el crecimiento y posterior floración.

Juárez *et al.* (2011), mencionan que el porcentaje de emergencia se prolongó hasta cuatro meses después de la siembra. En las condiciones del presente estudio, la emergencia se prolongó hasta el sexto mes, cabe señalar que factores de altitud y temperatura son importantes, ya que la plantación se realizó en el mes de noviembre, con la finalidad de adelantar la floración.

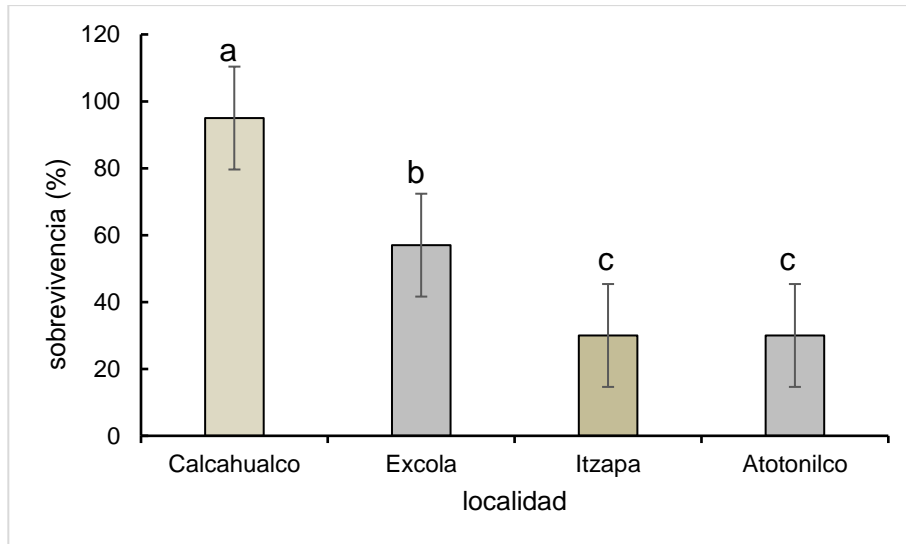


**Figura 6. Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey con  $p > 0.05$  para emergencia del alcatraz al día 45.**



## Sobrevivencia

El resultado más alto se observó en Calcahualco, que fue estadísticamente superior ( $p > 0.05$ ) a las otras localidades (Figura 7). Este resultado puede deberse a las condiciones de temperatura y altitud que se presentan en cada localidad. En Atotonilco las plantas continuaron emergiendo hasta el mes de junio, ya que esta localidad se ubica a mayor altitud y menor temperatura con respecto a las otras localidades.



**Figura 7. Análisis estadístico para sobrevivencia final en las cuatro localidades.**

De acuerdo a Cruz y Torres (2017), el crecimiento y producción han sido adecuados en zonas tropicales en Veracruz, a 2000 msnm. Lo que concuerda con la mayor sobrevivencia en Calcahualco ubicado a 2200 msnm. Los resultados obtenidos en Excola, aunque presenta las mismas condiciones de altitud que Elotepec, dónde se produjeron los rizomas, pueden deberse al manejo agronómico. Cruz *et al.* (2010), recomiendan usar malla sombra del 35% al 50% y para siembra a cielo abierto en altitudes de 900 a 1300 msnm.

Finalmente, Atotonilco e Itzapa tuvieron la menor sobrevivencia, que además de lo ya mencionado pudo deberse a las condiciones climatológicas. Cruz *et al.* (2010), recomiendan asegurar el abasto de agua y evitar heladas, en estas dos últimas localidades se presentaron heladas en el mes de enero, lo que detuvo el crecimiento de la planta, y los incendios forestales en el mes de abril ocasionaron escasez de agua y el granizo en el mes de mayo afectó los brotes y hojas.



### **Días a floración**

En Calchahualco se observaron las plantas de mayor tamaño, que iniciaron floración en la primera semana de abril. Esto representa una oportunidad de comercialización para fechas de alta demanda en la primera semana de mayo. En las otras localidades la temperatura no fue adecuada para tener floración desde abril. Este resultado concuerda con Cruz *et al.* (2010), quienes mencionan que, una vez establecido el cultivo, la cosecha se realiza entre cinco y seis meses después, dependiendo del tamaño del rizoma y la temperatura. De igual manera Trejo *et al.* (2014), reportan que productores de La Perla, Veracruz siembran durante los meses de mayo a junio; por lo que el máximo de producción se concentra de octubre a noviembre; en este estudio, los resultados obtenidos permiten disponer flor desde el mes de abril.

Tanto en Calchahualco como en Excola es posible obtener plantas con hojas desarrolladas y de acuerdo a estudios recientes realizados por Szuman y Lall (2019) así como por Maroyi (2019). *Z. aethiopica* además de ser utilizada como ornamental, esta siendo utilizado como fitorremediador y en las zonas del Sur de África como planta curativa, lo que representa una nueva alternativa para añadir valor agregado a esta planta.

### **Rentabilidad**

Como señalan Trejo *et al.* (2014), existe evidencia de que los productores buscan nuevas opciones para obtener ingresos económicos; sin embargo, en la región de La Perla, el precio de cada flor de alcatraz blanco, llega a ser de \$2.00 MXN, en la zona de Calchahualco la docena se ha vendido en \$10.00 MXN, pero al llevarla a mercados locales se puede vender hasta en \$5.00 MXN la pieza. De acuerdo al SIAP (2020) en el año 2019 el precio de la gruesa osciló entre los \$160.00 y \$410.00 MXN lo que da un precio por flor de \$1.10 a \$3.60 MXN, Para 2021 por ser un año atípico no hay información disponible. Con información recabada en mercados regionales el valor de la variedad 'Deja vú' estaría al menos 70% arriba del alcatraz blanco.

En el análisis económico se estimó que para cultivar 1 ha se requiere una inversión total neta de \$401,978.00 MXN, de los cuales la inversión fija es de \$47,000.00 MXN, la inversión diferida de \$8,200.00 MXN y el capital de trabajo, para el primer año de \$346,778.00 MXN, a partir del segundo año disminuye; ya que la compra de materia prima se realiza una sola vez a lo largo de todo el proyecto. Para el primer año se observa un saldo operativo positivo a partir del décimo mes, con ello se pueden cubrir los gastos con los ingresos que va generando el



proyecto, teniendo utilidad una vez cubiertos los costos. El punto de equilibrio se estima en 206 gruesas. La tasa interna de retorno (TIR) que se calculó en el proyecto es de 43.4%, por lo que el proyecto es rentable si lo comparamos con el costo de capital que es de 15.07%, con ello el porcentaje de la inversión inicial neta regresa a los inversionistas durante el primer año. En este caso, significa que estarían retornando \$174,700.00 MXN, lo que representa el 43% de la inversión inicial. La proyección financiera de ingresos y egresos permite visualizar el comportamiento de éstos a lo largo del horizonte del proyecto, en el primer año el proyecto presenta una capacidad de pago de 0.63, a partir del año 2 es de 2.28 lo que representa solvencia.

## Conclusiones

1. Calchualco, presentó condiciones adecuadas para el cultivo de alcatraz variedad 'Deja vú'. Las comunidades de Atotonilco e Itzapa son medianamente aptas para el cultivo de alcatraz variedad 'Deja vú'. Para cultivarlo en Excola se requiere inversión para malla sombra y tener mayor cuidado de las plantas.
2. En el estudio financiero se observa que el proyecto es rentable, desde el primer año.
3. El acompañamiento y asesoría técnica en la producción rural es beneficioso; ya que los productores se apropiaron de nuevos conocimientos, principalmente al introducir nuevas especies con manejo agronómico similar a las ya conocidas.

## Literatura Citada

- Arredondo, G. A., R. Ávila A., L. Muñoz G. 2012. Fichas descriptivas de 52 plantas ornamentales que se comercializan en la Huasteca Potosina. In: INIFAP (ed.); primera). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste.
- BIENESTAR (Secretaria de Bienestar). 2021. Informe anual sobre situación de pobreza. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/613190/Informe\\_anual\\_2021\\_mun\\_30029.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/613190/Informe_anual_2021_mun_30029.pdf)



- Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* V(01):5–11. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1998.03.025> [consultado 12 de febrero de 2021]
- CEIEG (Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz. 2020. Cuadernillos municipales. 2020. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/#close> [consultado 12 de febrero de 2021]
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2020. metadatos. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/muni\\_2018gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/muni_2018gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no) [consultado 30 de marzo de 2020]
- Cruz, C. J. G., P. A. Torres L., y M. Mendoza R. 2010. El alcatraz (primera). Dirección general de difusión cultural y servicio. Universidad Autónoma Chapingo, Edo.Mex.
- Cruz, C. J. G., y P. A. Torres. 2017. “Deja Vu” un nuevo cultivar de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*). *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 23(2):97–101. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.01.005>
- Cruz, C. J. G., P. A. Torres L., M. Alfaro C., M. Albores G. y J. Murguía G. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 207–212.
- García, M. y H. Serrano. 2019. México país de muchas flores. Cultivo a cielo abierto o invernadero. | No. 135 | 2019 | TecnoAgro. 2019. <https://tecnoagro.com.mx/no.-135/mexico-pais-de-muchas-flores-cultivo-a-cielo-abierto-o-invernadero>
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2021. *Zantedeschia* Spreng. <https://www.gbif.org/species/2868790>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Datos. <https://www.inegi.org.mx/datos/> [30 de marzo de 2021 ]
- Juárez, H, M. de J., J. Martínez S., A. Curiel R. y A. Gracia S. 2011. Producción de plántulas de alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliottiana* Engl.) en diferentes sustratos / Yellow calla lily seedling production (*Zantedeschia elliottiana* Engl.) in different substrates. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(spe3):495–507. <http://acesobig.uaslp.mx?url=http%3A%2F%2Fsearch.ebscohost.com%2Flogin.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26db%3Dedssci%26AN%3Dedssci.S2007.09342011000900008%26lang%3Des%26site%3Deds-live>
- Maroyi, A. 2019. *Zantedeschia Aethiopica* (L.) Spreng.: A review of its medicinal uses, phytochemistry, and biological activities. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 12(8):30–36. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i18.34353>



- Pavon, R. M. 2020. Manual del estudio económico y evaluación financiera. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., Mex.
- Qiao, H., L. E. Escobar Q., L. E., E. E. Saupe, L. Ji., and J. Soberón. 2017. A cautionary note on the use of hypervolume kernel density estimators in ecological niche modelling. *Global Ecology and Biogeography* 26(9):1066–1070. <https://doi.org/10.1111/GEB.12492>
- SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2017. México, líder mundial en la industria ornamental. <https://revistafortuna.com.mx/contenido/2017/08/30/mexico-lider-mundial-la-industria-ornamental/>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Cierre agrícola anual. 2020. <https://www.gob.mx/siap/es/archivo/documentos> [12 de mayo de 2021]
- Szuman, K., and N. Lall. 2019. *Zantedeschia aethiopica*. Underexplored Medicinal Plants from Sub-Saharan Africa: Plants with Therapeutic Potential for Human Health, D, 303–308. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816814-1.00046-6>
- Trejo, T. B. I., N. I. Torres F., L. I. Trejo T., V M. Cisneros S. 2013. El alcatraz blanco (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng.) en el municipio de la Perla, Veracruz. *Agroproductividad* 6(3):3-8.
- Trejo, T. B. I., N. I. Torres F. y L. I. Trejo-Téllez. 2014. Caracterización de los productores de alcatraz blanco en La Perla, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(9):1795–1801. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i9.1066>



# ***AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO***





## CONSTRUYENDO EL PRESENTE Y FUTURO DEL SECTOR FORESTAL EN LAS ENTIDADES DEL PAÍS

Gaudencio Benítez Molina<sup>1\*</sup>

### Resumen

El marco normativo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se relacionan con la competencia de los Gobiernos de los Estados y su participación en la temática ambiental, se encuentran en los Artículos 25, 26, 27 y 73. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Artículo 13, establece que corresponde a los Estados coordinar programas y promover incentivos para el desarrollo forestal, de conformidad con la política nacional. A un cuando las Entidades cuentan con estas atribuciones su papel es limitado por la falta de políticas y programas que coadyuven al desarrollo forestal, bienestar de los productores y las productoras forestales. Programas que contribuyan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), disminuyan la huella de carbono e incentiven a los productores y las productoras forestales, reduzcan la pobreza de la población que vive y depende de estas áreas mediante el aprovechamiento sustentable de los bosques. Con base al Análisis de las Políticas y Programas del Sector Forestal en las Entidades del país, elaborado por Benítez, 2021, cinco estados cuentan con Organismos Públicos Descentralizados encargados de atender y coordinar el desarrollo del sector; solo una Entidad”, cuenta con programas sociales para fortalecer el desarrollo forestal. La **Iniciativa** que se plantea deviene de la necesidad de que en cada uno de los 32 Estados del país cuenten con programas que fomenten y fortalezcan el desarrollo del sector forestal que coadyuven a los compromisos internacionales en los ODS, a la búsqueda de alternativas productivas en el sector rural a través del manejo sustentable de los bosques que coadyuven al bienestar de los dueños y poseedores de los recursos forestales, por lo anterior el objetivo del trabajo es contar con una iniciativa en el Congreso de la Unión en el presupuesto de egresos que contribuya a fortalecer el desarrollo forestal sustentable desde los estados. Para tal efecto, se hizo un análisis sistemático de las políticas, instrumentos normativos y programas forestales de las Entidades del país, partiendo de las





atribuciones que establece la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable a las Entidades.

**Palabras clave:** normatividad, política

## Introducción

Los recursos forestales que existen en nuestro país ofrecen un gran potencial a los habitantes de las regiones forestales para desarrollar actividades que contribuyan a su economía y mejoren su calidad de vida. A nivel global, México ocupa el doceavo lugar en cuanto a superficie forestal y el tercero en Latinoamérica. De acuerdo al INFYS, 2014, a nivel nacional se tienen 137.8 millones de hectáreas de superficie forestal, lo que representa 70.5% de las 195.6 millones de hectáreas del territorio nacional. De acuerdo a INEGI (2007) existen 64.9 millones de hectáreas de superficie forestal arbolada, desglosados de la siguiente manera: 33.5 millones de hectáreas de bosques de clima templado frío, 29.9 millones de hectáreas de selvas altas, medianas y bajas y, 56.9 millones de hectáreas de matorral xerófilo. En todos estos ecosistemas se realizan aprovechamientos maderables y no maderables, que son sustento de las comunidades rurales que ahí habitan y que en muchos casos tienen los índices de marginación más altos del país.

El marco normativo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se relacionan con la competencia de los Gobiernos de los Estados y su participación en la temática ambiental, se encuentran en los Artículos 25, 26, 27 y 73.

En el Artículo 25 párrafo sexto constitucional establece el postulado del cuidado del medio ambiente con motivo de la regulación del uso de los recursos productivos por los sectores social y privado. Esta idea fue incorporada a la Constitución Política, mediante decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del 3 de febrero de 1983.

El Artículo 26 Constitucional establece que como una consecuencia a la intervención estatal en la economía de la Nación: “El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación”.



Tratando así de concertar acciones que sean congruentes entre sí, y de esta forma aprovechar los recursos sostenibles del país, evitando su sobreexplotación.

En el Artículo 27 constitucional se plasma la idea de la conservación de los recursos naturales, como un elemento totalizador de la protección al ambiente. Este concepto ecológico se introduce mediante decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del 10 de agosto de 1987.

El Artículo 73 fracción XVI Constitucional, que se refiere a la idea de la prevención y control de la contaminación ambiental, como un concepto ambiental dentro del rubro de salubridad general, en el ámbito de competencia del Sector Salud.

El Artículo 73 fracción XXIX-G que fue reformada por el mismo decreto que modificó al artículo 27 tercer párrafo, constituyendo ambos la reforma ecológica constitucional. De conformidad con dicho precepto el Congreso de la Unión tiene la facultad para expedir leyes e iniciativas que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), Artículo 13 fracciones IV, XI, XIX y XXV, establece que corresponde a las Entidades Federativas en la materia, elaborar, coordinar y aplicar los programas relativos al sector forestal y diseñar, desarrollar y aplicar instrumentos económicos para promover el desarrollo forestal de la entidad, de conformidad con esta Ley y la política nacional forestal.

El Desarrollo Forestal Sustentable, de acuerdo a la LGDFS, es proceso evaluable y medible mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, silvícola, económico y social que tienda a alcanzar una productividad óptima y sostenida de los recursos forestales sin comprometer el rendimiento, equilibrio e integridad de los ecosistemas forestales, que mejore el ingreso y la calidad de vida de las personas que participan en la actividad forestal y promueva la generación de valor agregado en las regiones forestales, diversificando las alternativas productivas y creando fuentes de empleo en el sector.

A un cuando las Entidades cuentan con estas atribuciones, su papel en el sector forestal es limitado por la falta de políticas y programas sociales que coadyuven al desarrollo sustentable del sector y bienestar de los dueños y poseedores de los recursos forestales.



Programas que se alineen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y contribuyan a combatir el cambio climático a reducir la huella de carbono e incentivar a los núcleos agrarios dueños y poseedores de los recursos forestales, combatir la pobreza de la población que vive y depende de las áreas forestales, mediante el aprovechamiento sustentable de los bosques y la preservación del medio ambiente.

Por lo anterior, la **Iniciativa** que se plantea deviene de la necesidad de que en cada uno de los Estados cuenten con programas que fomenten y fortalezcan el desarrollo del sector forestal, que coadyuven a las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático, a los compromisos internacionales en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a la búsqueda de alternativas productivas en el sector rural, a través del manejo sustentable de los bosques que coadyuven al bienestar de los dueños y poseedores de los recursos forestales; por lo anterior, el objetivo del trabajo es contar con una iniciativa en el Congreso de la Unión en el presupuesto de egresos que contribuya a fortalecer el desarrollo forestal sustentable y contribuir a mitigar el cambio climático desde los estados.

## **Materiales y Métodos**

Se hizo un análisis sistemático de las políticas, instrumentos normativos y programas forestales de las Entidades del país, partiendo de las atribuciones que establece la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable a las Entidades.

Se elaboró la iniciativa en el contexto de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y las Leyes y Códigos Estatales para el Fomento del Desarrollo Forestal.

Con base al Análisis de las Políticas y Programas del Sector Forestal en las Entidades del país, elaborado por Benítez, 2021, de las 32 Entidades, 30 cuentan con una la Ley para el Desarrollo Forestal, una con un Código para la Biodiversidad (Estado de México) y una Ley Ambiental (Ciudad de México), en sus instrumentos normativos consideran la ejecución de programas e instrumentos de apoyos económicos para fomentar el desarrollo forestal sustentable. Asimismo, seis estados consideran crear el Servicio Estatal Forestal (Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas y Querétaro), uno el Sistema Estatal de



Coordinación Forestal (San Luis Potosí) y uno el Fondo de Desarrollo Forestal (Puebla) y uno la creación del Instituto de Investigación Forestal (Guerrero) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Instrumentos normativos y de planeación forestal en las Entidades del país.**

Entidad	Instrumentos normativos y de planeación forestal
Aguascalientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Aguascalientes</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022</li> </ul>
Baja California	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal Sustentable para el Estado de Baja California</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2020-2024</li> </ul>
Baja California Sur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Baja California Sur</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021</li> </ul>
Campeche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Campeche</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Campeche 2019-2021</li> </ul>
Coahuila	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal Sustentable del Estado de Coahuila</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Coahuila de Zaragoza 2017-2023</li> </ul>
Colima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Colima</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Colima 2016-2021</li> </ul>
Chiapas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Chiapas</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Chiapas 2019-2024</li> </ul>
Chihuahua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Chihuahua</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Chihuahua 2017-2021</li> </ul>
Ciudad de México	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Ambiental del Distrito Federal</li> <li>• Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal</li> <li>• Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México</li> </ul>
Durango	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Durango</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022</li> </ul>
Guanajuato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de desarrollo forestal sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040</li> </ul>



**Continúa Cuadro 1...**

Entidad	Instrumentos normativos y de planeación forestal
Guerrero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Número 488 de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Guerrero</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021</li> </ul>
Hidalgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Hidalgo</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016-2022</li> </ul>
Jalisco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado De Jalisco</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013-2033</li> </ul>
Estado de México	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código para la Biodiversidad del Estado de México</li> <li>• Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023</li> </ul>
Michoacán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo</li> <li>• Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2015-2021</li> </ul>
Morelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Morelos</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Morelos 2019-2024</li> </ul>
Nayarit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Nayarit</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Nayarit 2017-2021</li> </ul>
Nuevo León	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Nuevo León</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021</li> </ul>
Oaxaca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Oaxaca</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022</li> </ul>
Puebla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Puebla</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024</li> </ul>
Querétaro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal Sustentable del Estado de Querétaro</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024</li> </ul>
Quintana Roo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal del Estado de Quintana Roo</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo Quintana Roo 2016-2022</li> </ul>
San Luis Potosí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de San Luis Potosí</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de San Luis Potosí 2015-2021</li> </ul>
Sinaloa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sinaloa</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa 2017-2021</li> </ul>



**Continúa Cuadro 1...**

Entidad	Instrumentos normativos y de planeación forestal
Sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sonora</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2016-2021</li> </ul>
Tabasco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Forestal del Estado de Tabasco</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Tabasco 2019-2024</li> </ul>
Tamaulipas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Tamaulipas</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Tamaulipas 2016-2022</li> </ul>
Tlaxcala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Tlaxcala</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Tlaxcala 2017-2021</li> </ul>
Veracruz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave</li> <li>• Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024</li> </ul>
Yucatán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Yucatán</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2018-2024</li> </ul>
Zacatecas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Zacatecas</li> <li>• Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021</li> </ul>

Asimismo, con base al análisis en mención elaborado por Benítez, 2021, con información de los Inventarios Estatales Forestal y de Suelos 2014, las Entidades cuentan con potencial forestal que justifica la implementación de programas sociales a través de los cuales se otorguen estímulos económicos a los núcleos agrarios, productores y productoras forestales (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Superficie forestal de las entidades del país.**

Estado	Superficie de la entidad (Hectáreas)	Superficie forestal (Hectáreas)	Porcentaje (%)
Aguascalientes	555,867.4	291,792.4	52.5
Baja California	7,350,700.88	6,301,368.81	85.7
Baja California Sur	7,396,897.98	6,761,192.49	91.4
Campeche	5,727,715.79	4,448,975.01	77.6
Coahuila	15,067,115	13,365,623	88.7
Colima	562,700	316,504	56.5



**Continúa Cuadro 2...**

Estado	Superficie de la entidad (Hectáreas)	Superficie forestal (Hectáreas)	Porcentaje (%)
Chiapas	7,361,186.28	4,199,189.39	57.05
Chihuahua	24,697,336.9	21,622,371.5	87.5
Ciudad de México	148,646.0	47,422.2	31.9
Durango	12,213,120.7	10,589,929.1	86.7
Guanajuato	3,033,977.5	1,124,805.59	37.07
Guerrero	6,356,487.03	4,157,142.51	65.4
Hidalgo	2,065,454.57	876,652.99	42.44
Jalisco	7,796,437.9	4,850,337.4	62.2
Estado de México	2,222,657.8	1,065,366.9	47.1
Michoacán	5,829,628.9	3,414,288.6	58.6
Morelos	485,941.4	206,100.2	42.4
Nayarit	2,781,800.5	1,985,092.3	71.4
Nuevo León	6,355,855.4	4,205,457.6	66.2
Oaxaca	9,395,977.73	6,295,473.77	67.1
Puebla	3,429,503.2	1,674,763.2	48.8
Querétaro	1,158,926.75	1,158,926.75	54.36
Quinta Roo	4,455,627.42	3,773,023.27	84.68
San Luis Potosí	6,049,994.1	6,049,994.1	71.3
Sinaloa	5,680,289.4	3,417,027.0	60.2
Sonora	18,084,045.88	15,339,975.84	84.83
Tabasco	2,469,459.71	711,675.45	28.8
Tamaulipas	7,942,605.8	3,795,182.5	47.8
Tlaxcala	397,397.2	84,075.5	21.2
Veracruz de Ignacio de la Llave	7,146,131.02	2,091,132.10	29.26
Yucatán	3,918,934.00	3,918,934.00	78.97
Zacatecas	7,447,970.8	5,342,671.2	71.7

**Resultados y Discusión**

Para enfrentar los desafíos locales y globales, se requiere más que nunca de la participación de los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) en la atención de los temas



ambientales-forestales, que contribuyan a la mitigación de los efectos del cambio climático, como son captura de dióxido de carbono, protección de la biodiversidad y protección del suelo. Las Entidades del país requieren operar Programas Sociales para coadyuvar al desarrollo del sector forestal, a través de sus Organismos Públicos Descentralizados, Direcciones Forestales o Secretarías del Ramo Ambiental o del Campo de los Gobiernos Estatales.

Para fortalecer el desarrollo sustentable del sector forestal que sea económicamente viable, ambientalmente sustentable y socialmente aceptable, y en particular al bienestar de los dueños y poseedores de los recursos forestales, a través de programas encaminados a combatir el cambio climático con la reducción de la huella de carbono, con acciones de adaptación y mitigación, se propone operar programas sociales “Reforestación, plantaciones forestales, sistemas agroforestales, PROCARBONO, Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, Manejo Forestal, Industria y Bonos de Carbono” en las 32 Entidades del país, para lo cual se propone asignar recursos a cada una de las Entidades por parte del Congreso de la Unión en el Paquete de Egresos, de acuerdo al potencial y superficie forestal de cada Estado, bajo la siguiente diferenciación.

- Entidades con superficie forestal mayor o igual a cuatro millones de hectáreas: Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (Páginas Web de los Gobiernos de los Estados, 2021).
- Entidades con superficie forestal mayor o igual a un millón de hectáreas: Guanajuato, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz de Ignacio de la Llave (Páginas Web de los Gobiernos de los Estados, 2021).
- Entidades con superficie forestal menor a un millón de hectáreas: Aguascalientes, Colima, Ciudad de México, Hidalgo, Morelos, Tabasco y Tlaxcala (Páginas Web de los Gobiernos de los Estados, 2021).

Se proponen siete Programas Sociales Forestales en las Entidades que coadyuven a la generación de empleos y bienestar de los hombres y mujeres del sector rural e incentivan el buen manejo de los bosques y contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad del aire:

- Programa de Reforestación.





- Programa de Plantaciones Forestales Comerciales maderables, no maderables y Sistemas Agroforestales.
- Programa PROCARBONO
- Programa de Pago por los Servicios Ambientales Hidrológicos.
- Programa de Manejo Forestal Sustentable.
- Programa de Tecnificación de la Industria y Comercialización Forestal
- Programa de Bonos de Carbono
- Para complementar los recursos que reciban las Entidades, se propone que los Organismos Públicos Municipales que prestan el servicio de suministro de agua potable, aporten por el servicio ambiental agua una tarifa sobre el monto de los ingresos recaudados por concepto del suministro de agua potable para el Programa de Pago de los Servicios Ambientales Hidrológicos, y las industrias, los Centros de Verificación Vehicular y los particulares aporten por cada unidad verificada en compensación al servicio ambiental captura de carbono para incentivar a los dueños y poseedores de los bosques bajo manejo con el Programa PROCARBONO.

## **Conclusiones**

- Las 32 Entidades del país poseen potencial y superficie forestal.
- Las Entidades cuentan con atribuciones en la Constitución, Ley Federal y Estatal Forestal, para instrumentar políticas y programas sociales que coadyuven al desarrollo sustentable del sector y bienestar de los dueños y poseedores de los recursos forestales.
- Se plantea que a través del Presupuesto de Egreso de cada año que aprueba el Congreso de la Unión de acuerdo a la superficie y potencial forestal de cada una de los Estados, se etiqueten recursos a las Entidades para la instrumentación y operación de los programas sociales forestales.
- Los programas sociales e incentivos para el sector forestal en las Entidades del país coadyuvarán a la generación de empleos y bienestar de los productores y las productoras forestales e incentivarán el buen manejo de los bosques, contribuirán al desarrollo económico y captura de dióxido de carbono mitigando los efectos del cambio climático.



## Agradecimientos

Se expresa el agradecimiento a la Protectora de Bosques del Estado de México y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

## Literatura Citada

- Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, 2021. [https://www.sonora.gob.mx/tramites-y-servicios/tramite\\_servicio/9.html](https://www.sonora.gob.mx/tramites-y-servicios/tramite_servicio/9.html) [Consultado el 29 de enero de 2021].
- Comisión Estatal Forestal, 2021. <https://tabasco.gob.mx/comesfor> [Consultado el 1 de febrero de 2021].
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán, 2021. <https://cofom.michoacan.gob.mx/> [Consultado el 19 de enero de 2021].
- Comisión Forestal de Nayarit (COFONAY), 2021. <http://www.cofonay.nayarit.gob.mx/> [Consultado el 22 de enero de 2021].
- Comisión Estatal Forestal, 2021. <https://www.oaxaca.gob.mx/coesfo/> [Consultado el 26 de enero de 2021].
- Coordinación General de Ecología, 2021. <http://www.cge-tlaxcala.gob.mx/> [Consultado el 3 de febrero de 2021].
- CONAFOR, 2014. Inventario Forestal y de Suelos de los Estados. Zapopan, Jalisco.
- Protectora de Bosques del Estado de México, 2021. <https://probosque.edomex.gob.mx/> [Consultado el 20 de enero de 2021].
- Secretaría de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Agua, 2021. <https://www.aquascalientes.gob.mx/ssmaa/> [Consultado el 11 de enero de 2021].
- Secretaría del Campo y Seguridad Alimentaria, 2021. [https://www.bajacalifornia.gob.mx/Secretarias/Secretario\\_del\\_Campo\\_Seguridad\\_Alimentaria](https://www.bajacalifornia.gob.mx/Secretarias/Secretario_del_Campo_Seguridad_Alimentaria) [Consultado el 11 de enero de 2021].
- Secretaría de Desarrollo Económico, Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021. <https://setuesbcs.gob.mx/> [Consultado el 11 de enero de 2021].



- Secretaría de Medio Ambiente Biodiversidad y Cambio Climático, 2021. <http://apps.semabicc.campeche.gob.mx/> [Consultado el 12 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente, 2021. <https://www.sema.gob.mx/> [Consultado el 12 de enero de 2021].
- Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, 2021. <http://www.imades.col.gob.mx> [Consultado el 13 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2021. <https://www.chiapas.gob.mx/funcionarios/estatal/ejecutivo/secretaria-medio-ambiente> [Consultado el 13 de enero de 2021].
- Secretaría de Desarrollo Rural, 2021. [http://www.chihuahua.gob.mx/Organigrama\\_SDR](http://www.chihuahua.gob.mx/Organigrama_SDR) [Consultado el 14 de enero de 2021].
- Secretaría del Medio Ambiente, 2021. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/> [Consultado el 14 de enero de 2021].
- Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, 2021. <http://medioambiente.durango.gob.mx/> [Consultado el 15 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, 2021. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/> [Consultado el 15 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021. <https://es-la.facebook.com/semaren.guerrero.3/> [Consultado el 18 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021. <https://s-medioambiente.hidalgo.gob.mx/> [Consultado el 18 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, 2021. <https://semadet.jalisco.gob.mx/> [Consultado el 18 de enero de 2021].
- Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2021. <https://sustentable.morelos.gob.mx/> [Consultado el 21 de enero de 2021].
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 2021. <https://www.nl.gob.mx/desarrolloagropecuario> [Consultado el 25 de enero de 2021].
- Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, 2021. <http://smadsot.puebla.gob.mx/> [Consultado el 26 de enero de 2021].
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDEA), 2021. <https://queretaro.gob.mx/sedea/> [Consultado el 26 de enero de 2021].



Secretaría de Ecología y Medio Ambiente, 2021. <https://qroo.gob.mx/sema> [Consultado el 27 de enero de 2021].

Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos, 2021. <https://slp.gob.mx/sedarh/Paginas/Inicio.aspx> [Consultado el 27 de enero de 2021].

Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2021. <http://sedesu.sinaloa.gob.mx/> [Consultado el 28 de enero de 2021].

Secretaría de Desarrollo Rural, 2021. <https://www.tamaulipas.gob.mx/desarrollorural/> [Consultado el 2 de febrero de 2021].

Secretaria de Medio Ambiente, 2021. <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/> [Consultado el 4 de febrero de 2021].

Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2021. <https://sds.yucatan.gob.mx/> [Consultado el 5 de febrero de 2021].

Secretaría del Campo, 2021. <http://secampo.zacatecas.gob.mx/oficial/> [Consultado el 6 de febrero de 2021].



## REDUCCIONES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN GRANO EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO

*Fernando Salas Martínez<sup>1\*</sup>, Ofelia Andrea Valdés Rodríguez<sup>2</sup>, Olivia Palacio Wassenar<sup>3</sup>, Aldo Márquez Grajales<sup>4</sup> y José Salas Martínez<sup>5</sup>*

### Resumen

La sequía es uno de los fenómenos meteorológicos que impacta mayormente a las actividades agrícolas. En México, el territorio veracruzano muestra grandes afectaciones ante el fenómeno en cuestión, por lo que se requiere evaluar cómo se impactan las actividades agrícolas. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es el encargado de evaluar y cuantificar los daños ocasionados por los diversos fenómenos naturales, incluida a la sequía. El CENAPRED mantiene los registros de las Declaratorias de Emergencia por Desastre Natural (DEDN) cuando estas se emiten debido a que un fenómeno impactó considerablemente a un municipio del país. El objetivo de la presente investigación fue analizar el comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en grano durante los años con DEDN por sequía, con el fin de determinar el comportamiento del cultivo en la zona centro del estado de Veracruz, México. La metodología consistió en analizar la ocurrencia de las DEDN en relación con el comportamiento del rendimiento en el cultivo de maíz en grano bajo condiciones de temporal y en ciclo primavera-verano en los años con DEDN del período 2003-2019. Adicionalmente, se correlacionó el rendimiento del cultivo de maíz contra la presencia de los efectos de El Niño y La Niña durante el período de análisis. Los resultados muestran que, bajo las condiciones climáticas de El Niño o La Niña, el número de municipios afectados por sequía aumenta en comparación con años en donde no se tienen dichas condiciones. Además, se encontró que la sequía reduce el rendimiento del cultivo de maíz hasta 1.3 t/ha promedio en los municipios afectados por declaratorias de sequía. Se concluye que la sequía afecta al

<sup>1,2</sup> El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto 26, Zona Centro, Xalapa, Veracruz 91000, México. \*Autor por correspondencia: fersamtz@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto de Ecología, A. C., Carretera Antigua a Coatepec 351, Xalapa, Veracruz 91073, México.

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Secc 5a Reserva Territorial SN, Xalapa, Veracruz 91096, México.

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz 93821, México.



rendimiento del cultivo de maíz en grano en la región central del estado de Veracruz en los años con alguna DEDN relacionada con el fenómeno y con eventos de El Niño y La Niña.

**Palabras clave:** sequía, *Zea mays* L. subsp. *Mays*, impactos

## Introducción

Actualmente, uno de los objetivos de la lucha en contra del cambio climático es el poder reducir las pérdidas y daños ocasionados por los diversos fenómenos naturales (NU, 2015). En este sentido, la sequía es un fenómeno que tiene gran impacto a nivel internacional. Dicho fenómeno es definido como un período de condiciones anormalmente secas y que se prolonga por suficiente tiempo para causar un desequilibrio hidrológico grave (IPCC,2013). Diversos autores han estudiado a la sequía en tiempo futuro, indicando un aumento en intensidad y duración en varias zonas del país (Cook *et al.*, 2015; Spinoni *et al.*, 2020; Touma *et al.*, 2015), determinando que se cuenta con una alta vulnerabilidad ante el fenómeno. Adicionalmente, bajo condiciones de El Niño Oscilación de Sur (ENOS), el cual en su fase cálida es llamado como El Niño y en su fase fría como La Niña (Magaña *et al.*, 2003; Méndez y Magaña, 2010), potencializan la presencia del fenómeno en cuestión.

En este sentido, la sequía ha impactado a las actividades humanas y al medio ambiente a través del tiempo, situación que se traduce en grandes pérdidas económicas. La agricultura es una de las actividades más afectadas (Kuwayama *et al.*, 2019; Parsons *et al.*, 2019). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), alrededor del mundo las pérdidas económicas en el sector agrícola se han incrementado en un 83% por la presencia de la sequía, entre los años 2006-2016 (FAO, 2018a). En este mismo período, pero en América Latina, la FAO indica que las afectaciones por sequía se han incrementado considerablemente, llegando a afectar hasta en un 69% a los cultivos (FAO, 2018b). Para el caso de México, en el 2019 se reportó la entrega de más de 536 millones de pesos mexicanos por afectaciones de sequía, a través de Seguros Agrícolas Catastróficos (SAC), en apoyo de 93,821 hectáreas de cultivos distribuidos en el país (SADER, 2019).



En el país, las afectaciones que son generadas por los diversos fenómenos naturales, entre los que se encuentra la sequía, son evaluadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Dicha institución, analiza y determina el nivel de afectación en cada municipio para que se pueda emitir una Declaratoria de Emergencia por Desastre Natural (DEDN), las cuales se comenzaron a generar a partir del 2000 y actualmente se encuentran vigentes (CENAPRED, 2017; Valdés *et al.*, 2021).

En el año 2019, dentro del territorio veracruzano se estimó que más del 62% de su superficie se encontraba afectada por una sequía muy fuerte (SPC, 2020). El estado de Veracruz se caracteriza por destinar gran parte de su territorio a las actividades agropecuarias. El cultivo de maíz en grano (*Zea mays* L. subsp. *Mays*), es el primero en importancia a nivel mundial y su relevancia dentro del estado es muy alto (GOEV, 2019; Guzzon *et al.*, 2021; USDA, 2021). Adicionalmente el cultivo de maíz forma parte esencial de la gastronomía y dieta básica de la población mexicana (Cuevas, 2014; Fernández *et al.*, 2013).

Debido a que el territorio veracruzano presenta una alta vulnerabilidad ante la sequía y el cultivo de maíz es de gran relevancia en el estado, es importante poder estimar las afectaciones que este grano presenta ante el fenómeno en cuestión. El objetivo de la presente investigación fue analizar el comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en grano, durante los años con DEDN por sequía, con el fin de determinar el comportamiento en la zona central del estado de Veracruz. La hipótesis fue que en los años que se tiene una DEDN por sequía el rendimiento del cultivo de maíz disminuye.

## **Materiales y Métodos**

### **Zona de estudio**

La zona de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas 18.6° y 20.1° latitud Norte y 97.4° y 96.1° longitud Oeste. Representa a la zona montañosa central del estado de Veracruz, México. Contiene una superficie de 17,122.34 km<sup>2</sup> y dicha región se caracteriza por destinar más del 60% de su superficie a actividades agrícolas o ganaderas, las cuales son fuertemente afectadas por la sequía (SEFIPLAN, 2013a, 2013b, 2013c). Adicionalmente,



dentro de la zona se concentra más del 53% (114 municipios) del total de municipios de la entidad federativa (INEGI, 2021).

### **Declaratorias de Emergencia por Desastre Natural (DEDN)**

La información de las DEND se obtuvo de la base de datos de la CENAPRED, la cual se encuentra a nivel nacional, por entidad federativa, por cada municipio y el tipo de fenómeno que originó la declaratoria. Esta información se genera a partir del año 2000 y actualmente se encuentra vigente (CENAPRED, 2017).

### **Datos agrícolas**

Los datos agrícolas fueron obtenidos del Servicio de Información Agroalimentario y Pesqueros (SIAP), de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), los cuales se encuentran disponibles para su manejo público. La información se encuentra a nivel nacional, por entidad federativa, municipal, tipo de cultivo, entre otros (SADER, 2017). Es importante mencionar que la información a nivel de municipio se encuentra disponible a partir del año 2003, situación que hace que nuestro estudio se centre en el período 2003-2019. De la información se seleccionó la variable de rendimiento (t/ha) del cultivo de maíz en grano y bajo condiciones de producción de temporal, contemplando únicamente el ciclo agrícola primavera-verano. Lo anterior se debió a que en el país el 68.9% de la producción del cultivo se hace bajo estas condiciones y al ser de temporal, la dependencia a las precipitaciones es total, situación que lo hace vulnerable ante la sequía (CIMA, 2020).

### **Análisis de los datos**

Para poder estimar la variación en el rendimiento del cultivo de maíz en grano en los años con DEDN (2003,2005,2011 y 2019), se utilizó la siguiente fórmula:

$$Dif = R_{DEDN} - R_{Sig} \dots (1)$$

Donde *Dif* representa a la diferencia en el rendimiento del cultivo de maíz en grano (t/ha),  $R_{DEDN}$  indica el rendimiento de maíz en un año con DEDN (t/ha) y  $R_{Sig}$  indica el rendimiento del maíz al año siguiente inmediato de una DEDN. El mapa de la distribución de los municipios afectados con DEDN fue elaborado mediante el sistema de información geográfica ArcGIS, del Environmental Systems Research Institute (ESRI, por sus siglas en inglés), en su versión 10.8 (ESRI, 2018). La información estadística del rendimiento fue analizada mediante el programa Excel 2019 de Microsoft Office.





## Resultados y Discusión

### Comportamiento de las DEDN

Los municipios que cuentan con cuatro DEDN son: Camarón de Tejeda, Comapa, Jamapa, Puente Nacional y Tecolutla, los cuales se encuentran distribuidos en el suroeste y noreste de la zona de estudio. Además, presentan un gradiente altitudinal que va desde la costa hasta los 1000 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) (INEGI, 2021). Los municipios con tres DEDN por sequía se localizan cercanos a los municipios con el mayor número de declaratorias, se puede observar que la zona suroeste presenta una gran vulnerabilidad ante efectos de la sequía (Figura 1).

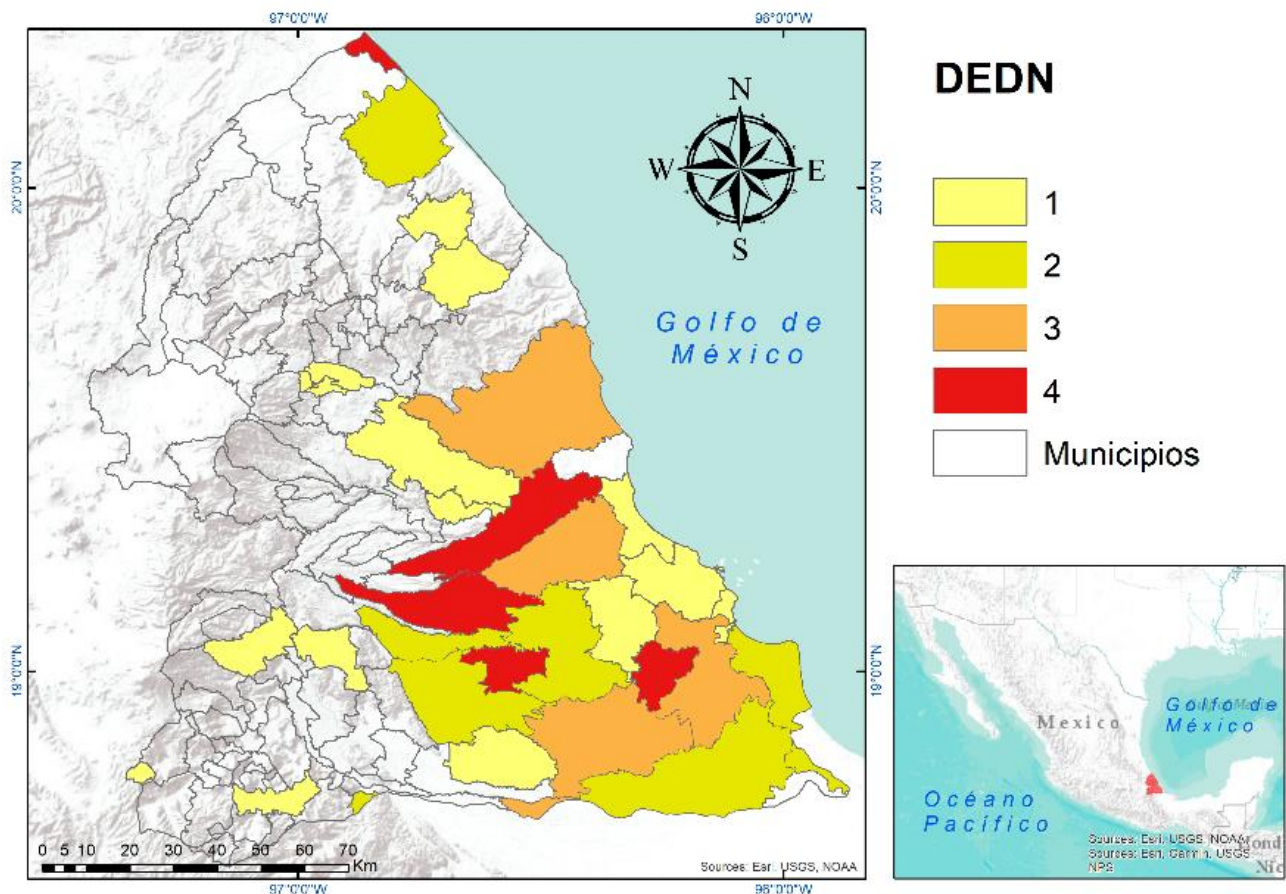
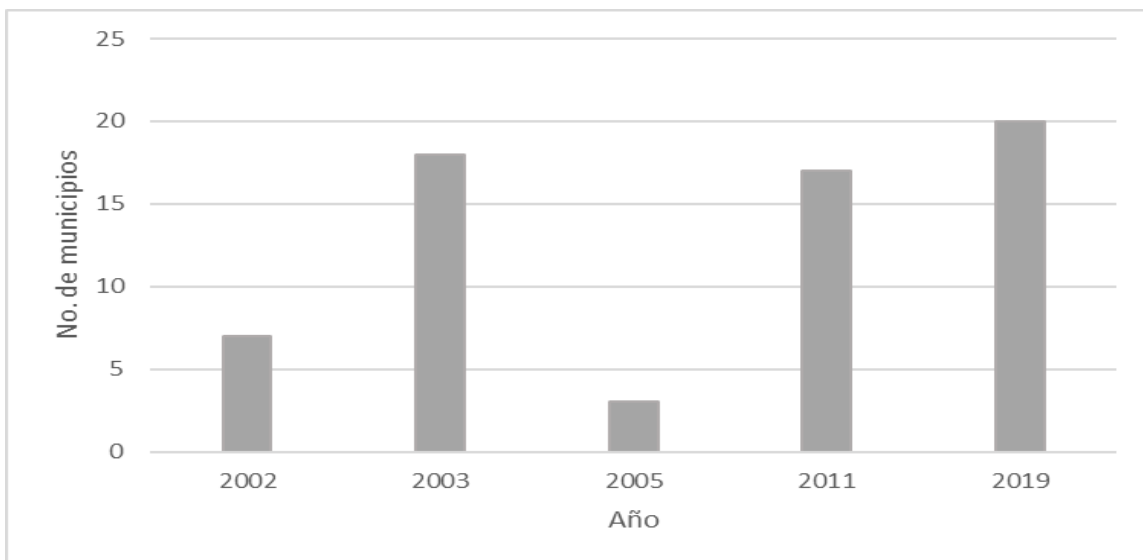


Figura 1. Zona de estudio con la distribución de los municipios (INEGI, 2021). Los colores indican el número de DEDN durante los años 2002, 2003, 2005, 2011 y 2019 (CENAPRED, 2017).



En la Figura 2 se muestra el número de municipios pertenecientes a la zona de estudio y que cuentan con DEDN relacionadas con sequía en los años 2002, 2003, 2005, 2011 y 2019. En total se cuentan con 65 DEDN, distribuidas en 33 municipios diferentes. El año con mayor número de declaratoria fue el 2019, con un total de 20. Con 18 y 17 le siguen los años 2003 y 2011, respectivamente. El año con menor número de declaratorias fue 2005, que solo contó con tres. De acuerdo con la CENAPRED, se determinó que las sequías que se presentaron en los años 2002, 2003 y 2005 fueron atípicas. Sin embargo, los años 2011 y 2019, las cataloga como sequías severas (CENAPRED, 2017). En este sentido y de acuerdo con el Centro de Predicción Climática (CPC), de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), se indica que el período 2010-2011 se presentaron condiciones de La Niña, mientras que en el período 2018-2019 se muestra un comportamiento de El Niño (NOAA, 2021). Es importante mencionar que, durante los eventos de El Niño, las precipitaciones disminuyen en el territorio veracruzano, logrando con ello que la presencia de la sequía se intensifique. Para eventos de La Niña, el estado de Veracruz presenta reducciones en la precipitación muy cercanas a lo normal (Magaña *et al.*, 2003; Méndez y Magaña, 2010), situación que explica el por qué en el 2019 se tuvo un mayor número de declaratorias (Figura 2).



**Figura 2. Número de municipios pertenecientes a la zona de estudio y que cuentan con DEDN durante los años 2002, 2003, 2005, 2011 y 2019 (CENAPRED, 2017).**



### Comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en años con DEDN

La Figura 3 muestra el comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en grano en los municipios de Actopan, Alvarado, Banderilla, Camarón de Tejeda, Emiliano Zapata, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano y Tecolutla. En ellos se puede apreciar una disminución en el comportamiento de la variable en cuestión en los años con DEDN relacionada con sequía, incluso se puede apreciar que en dichos años se registraron los valores mínimos históricos del rendimiento. Es importante apreciar que, en el municipio de Tecolutla, para el año 2005 se tuvo un rendimiento de cero, situación que nos indica que toda la producción de maíz se perdió por consecuencia de la sequía (Figura 3 h).

El Cuadro 1 muestra el comportamiento del rendimiento promedio (t/ha) del año con DEDN y el año siguiente. Se encuentra que la diferencia existente en los años muestra una reducción promedio en el rendimiento de los municipios que cuentan con una DEDN. Las reducciones van desde 0.13 t/ha hasta 1.30 ton/ha. En el año 2011 se obtuvo una reducción de 1.30 t/ha, siendo el año en donde se encontró la mayor reducción. Le siguen los años 2019 y 2005 con 0.27 y 0.13 t/ha, respectivamente. Se muestra que los años en donde se presentan condiciones de El Niño o La Niña, las reducciones promedio son mayores que en años en donde no se tienen esas condiciones. A pesar de los problemas de sequía, el rendimiento se ha venido incrementando con el paso del tiempo en la zona de estudio. En el año 2020, se obtuvo un rendimiento promedio en los municipios con DEDN de 3.34 t/ha, valor superior al promedio estatal en rendimiento bajo las mismas condiciones (2.160 t/ha) (SIAP, 2020). Lo anterior, se debe a que los productores, por garantizar su cosecha, acuden a la aplicación de abonos, manejo e implementación de adecuadas prácticas agrícolas y la siembra de semillas mejoradas, lo cual genera un aumento en el rendimiento del maíz (Ayala *et al.*, 2013; García *et al.*, 2019; Luna *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2020).

**Cuadro 1. Comportamiento del rendimiento promedio (t/ha) de los municipios afectados en años con DEDN por sequía y el año consecutivo a esta (SIAP, 2020).**

Año	2003	2004	2005	2006	2011	2012	2019	2020
Rendimiento (t/ha)	2.24	1.52	1.93	2.07	1.76	3.06	3.21	3.34
Dif (t/ha) entre años	0.72		-0.13		-1.30		-0.27	

Dif indica la diferencia entre el rendimiento reportado en el año con DEDN y el año siguiente.

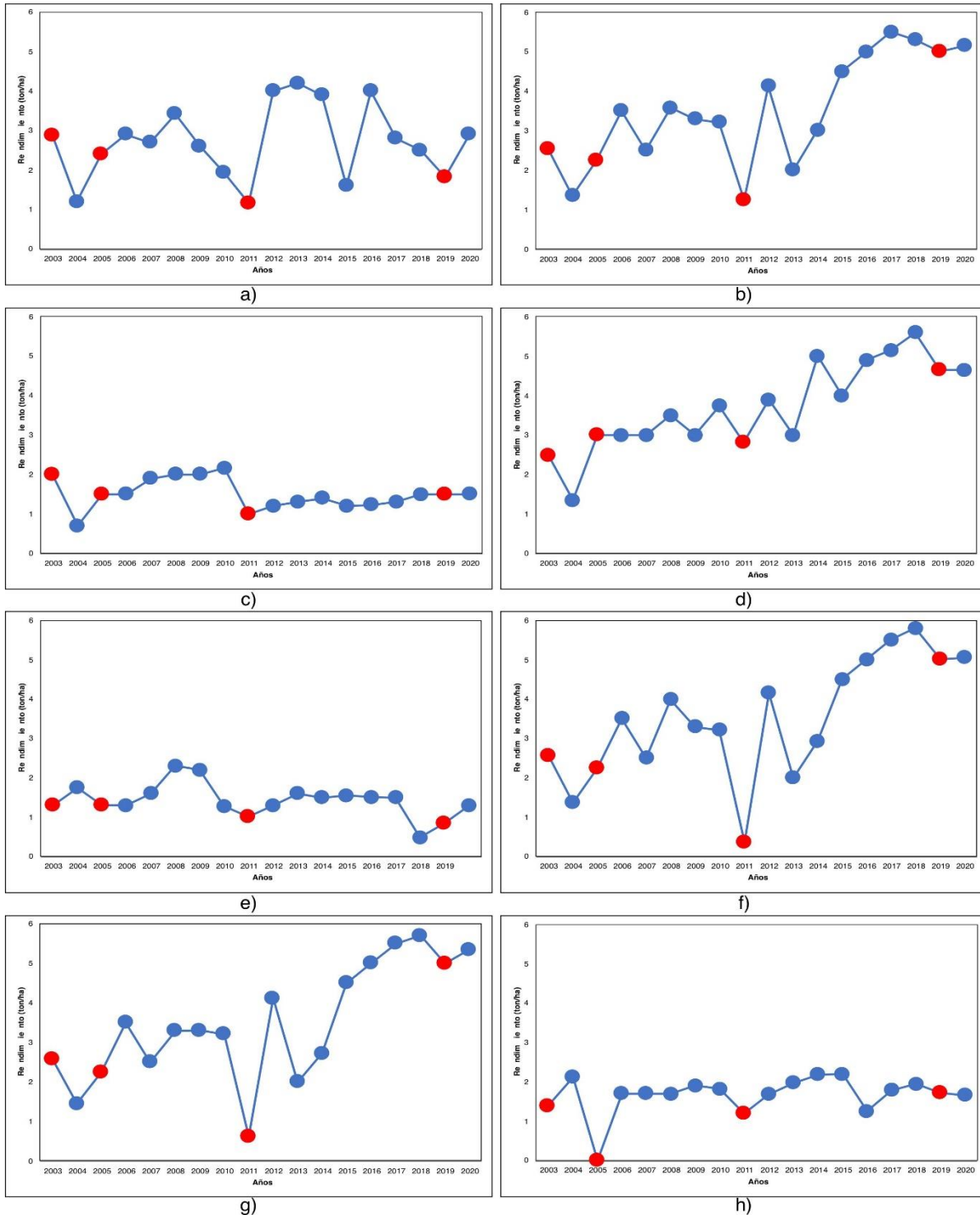


Figura 3. Comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en grano durante los años 2003-2020. a) representa al municipio de Actopan, b) Alvarado, c) Banderilla, d) Camarón de Tejeda, e) Emiliano Zapata, f) Jamapa, g) Manlio Fabio Altamirano y h) Tecolutla. El punto rojo indica el año con DEDN por sequía en el municipio.



## Conclusiones

1. La sequía es un fenómeno meteorológico que afecta fuertemente al sector agrícola veracruzano. El 29% de los municipios que conforman a la zona central del estado de Veracruz ha presentado al menos una declaratoria de desastre por sequía.
2. Bajo las condiciones de El Niño o La Niña, el número de municipios afectados por sequía aumenta en más del 200% en comparación a años en donde no se tienen dichas condiciones.
3. Adicionalmente, se obtiene que el cultivo de maíz presenta reducciones de hasta 1.3 t/ha en los años donde se declararon emergencias por sequías, situación que demuestra la vulnerabilidad del cultivo ante este fenómeno.

## Agradecimientos

Al CONACYT por la beca otorgado para estudios de nivel doctoral en El Colegio de Veracruz, México, con registro 005167.

## Literatura Citada

- Ayala, G. A. V., R. Schwentesius R., P. Preciado R., G. Almaguer V. y P. Rivas V. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *ASyD* 10(4):381-395.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2017. Declaratorias de emergencia, desastres y contingencias climatológicas a nivel municipal entre 2000 y 2019. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/declaratorias-sobre-emergencia-desastre-y-contingencia-climatologica> [consultado el 5 mayo de 2021].
- CIMA (Centro de Información de Mercados). 2020. Informes de los mercados agropecuarios. Maíz. Agricultura. <https://www.cima.aseerca.gob.mx/swb/cima/Maiz> [consultado el 5 mayo de 2021].
- Cook, B. I., T. R. Ault and J. E. Smerdon. 2015. Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. *Sci Adv.* 1(1):1-7.



- Cuevas, M. J. J. 2014. Alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. Pasos 12(2):424-432.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2018. Plataforma ArcGIS. <https://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arcgis> [consultado el 5 mayo de 2021].
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018a. The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Roma, Italia. 168 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018b. Seguros agrícolas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 70 p.
- Fernández, S. R., L. A. Morales C. y A. Gálvez M. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: una revisión indispensable. Rev. Fitotec. Mex. 36:275-283.
- García, J. G., M. Hernández V., H. Orozco B. y G. Suárez G. 2019. Agroquímicos y presencia de aflatoxinas en maíz de temporal almacenado: Riesgos para la seguridad alimentaria en el estado de Tlaxcala, México. CIBA 8(16):106-130.
- GOEV (Gobierno del Estado de Veracruz). 2019. Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2014. Veracruz, México. 292 p.
- Guzzon, F., L. W. Arandia R., G. M. Caviedes C., M. Céspedes P., A. Chavez C., J. Muriel F. *et al.* 2021. Conservation and use of Latin American maize diversity: pillar of nutrition security and cultural heritage of humanity. Agronomy 11(1):1-22.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Mapas. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/> [consultado el 7 mayo de 2021].
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). 2013. Glosario. Nueva York, Estados Unidos de América. 22 p.
- Kuwayama, Y., A. Thompson, R. Bernknopf, B. Zaitchik and P. Vail. 2019. Estimating the impact of drought on agriculture using the US Drought Monitor. J. Agric. Econ. 10(1):193-210.
- Luna, M. F., S. García H., J. Martínez G., M. G. Luna E., A. Lara H., F. Villagrana S. *et al.* 2015. Variedades mejoradas de maíz de secano derivadas de variedades nativas tolerantes a sequía. REMEXCA 6(7):1455-1466.
- Magaña, V., J. Vázquez y J. Pérez. 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. Geofís. Int. 42(3):313-330.
- Méndez, M. y V. Magaña. 2010. Regional aspects of prolonged meteorological droughts over Mexico and Central America. J. Clim. 23(5):1175-1188.



- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2021. El Niño/ Southern Oscillation (ENSO). Cold and Warm Episodes by Season. [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) [consultado el 7 mayo de 2021].
- NU (Naciones Unidas). 2015. Acuerdo de París. [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish.pdf). [consultado el 7 mayo de 2021].
- Parsons, D. J., D. Rey, M. Tanguy and I. P. Holman. 2019. Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of drought. *Agric. Syst.* 173:119-129.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos Abiertos. <https://www.gob.mx/siap> [consultado el 3 de mayo de 2021].
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2019. Se han ejercido más de 536 mdp para atender a productores agropecuarios afectados por la sequía. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-han-ejercido-mas-de-536-mdp-para-atender-a-productores-agropecuarios-afectados-por-la-sequia> [consultado el 10 mayo de 2021].
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación). 2013. Programa Región Capital 2013–2016. Veracruz, México. 80 p.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación). 2013. Programa Región Las Montañas 2013-2016. Veracruz, México. 90 p.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación). 2013. Programa Región Sotavento 2013-2016. Veracruz, México. 78 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera). 2020. Avances de siembra y cosechas. Resumen por estado. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) [consultado el 10 mayo de 2021].
- SPC (Secretaría de Protección Civil). 2020. Temporada de Estiaje “Sequía Meteorológica en el Estado de Veracruz” (1° de febrero al 31 de mayo). Veracruz, México. 42 p.
- Spinoni, J., P. Barbosa, E. Bucchignani, J. Cassano, T. Cavazos, J. H. Christensen *et al.* 2020. Future global meteorological drought hot spots: A study based on CORDEX data. *J. Clim.* 33(9):3635-3661.
- Touma, D., M. Ashfaq, M. A. Nayak, K. Shih-Chieh, N. S. Diffenbaugh. 2015. A multi-model and multi-index evaluation of drought characteristics in the 21st century. *J. Hydrol.* 526:196-207.



USDA (United States Department of Agriculture) 2021. World crop production summary. [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish.pdf) [consultado el 10 mayo de 2021].

Valdés, R. O. A., D. Soares y J. L. Vázquez A. 2021. Encuentros y desencuentros en la sequía en Veracruz. p. 251-260. *In*: Morales H., J. C., E. González S., C. M. Welsh R. y O. Frausto M. (Eds.). Gestión de desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en sistemas socio-ecológicos. CLAVE editorial. México.

Vázquez P. V., E. Serrano F., S. Cruz I. y R. Lobato-Ortiz. 2020. QTLs asociados con la tolerancia a sequía en una población de maíz tropical utilizando líneas y cruza de prueba. *Rev. Fitotec. Mex.* 43(1):101-112.





## EVALUACION DEL CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE EFLUENTES EVAPORADOS DE LA INDUSTRIA ALCOHOLERA

*Elizabeth Sarahi Carbajal Zamorano<sup>1</sup>, Solmaría Mandi Pérez Guzmán<sup>2</sup>, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes<sup>3</sup>, Adolfo Castillo Moran<sup>3</sup>, Eliseo Hernández Martínez<sup>4</sup>, Miriam Pastelín Solano<sup>2</sup> y Eduardo Hernández Aguilar<sup>2\*</sup>*

---

### Resumen

La preservación de recursos hídricos y evitar la producción de gases de efecto invernadero son actividades fundamentales de la agenda de sustentabilidad para 2030. El estado de Veracruz es uno de los más ricos hídricamente, sin embargo, también cuenta con el río Blanco considerado uno de los más contaminados del país, en el cual se vierte el 40% de las aguas residuales del Estado de Veracruz. En este sentido el sector agroindustrial veracruzano dedicado a la producción de azúcar de caña y etanol están interesados en disminuir su impacto ambiental, mediante la valorización de sus subproductos y efluentes entre los que se destacan el bagazo utilizado en la producción de energía, la cachaza y vinaza utilizados como un abono orgánico. Estas estrategias evitan la disposición final de los residuos en rellenos sanitarios o cuerpos de agua, disminuyendo la eutrofización y digestión anaerobia que tiene también un impacto en la contaminación atmosférica por la formación de gases de efecto invernadero derivados de este proceso. La vinaza es uno de los residuos de mayor relación volumétrica entre producto y residuo, teniendo una producción de entre 10 a 12 litros de vinaza por cada litro de etanol producido, por tal motivo es importante diversificar su aprovechamiento y valorización. La evaporación es una alternativa para este fin, disminuyendo el contenido de agua y concentrando los nutrientes presentes en la vinaza, en específico, las proteínas provenientes de las levaduras responsables de la fermentación, por tal razón este subproducto se puede implementar en el sector pecuario. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la

---

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana - Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, Camino Peñuela-Amatlán S/N Peñuela, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver. México.

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Universidad Veracruzana, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México. \*Autor por correspondencia: eduhernandez@uv.mx

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Peñuela-Amatlán S/N, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver. México.

<sup>4</sup> Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Químicas, Xalapa, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México.



variación en el contenido de proteínas y aminoácidos esenciales y no esenciales en la vinaza y en el producto evaporado por múltiple efecto. Además, se hizo la comparación de la vinaza con productos utilizados en la alimentación y desarrollo animal, determinando la viabilidad de su aplicación en el sector pecuario y teniendo como efecto colateral la disminución del impacto ambiental que genera la descarga de los efluentes de la industria alcoholera.

**Palabras clave:** proteínas, suplemento forrajero, concentrado de vinaza

## Introducción

En los alrededores de la cuenca del Río Blanco se asentó una destiladora de alcohol, así como los ingenios azucareros El Carmen, La Providencia, San Nicolás y San Miguelito, los cuales aprovecharon las condiciones favorables de clima, suelo y agua que son propicias para el desarrollo de la planta de caña de azúcar (Gonzalez, 2015). Los ingenios utilizan agua para limpieza de sus molinos, evaporadores y tachos, así como se estima que se usan alrededor de 1,500 a 2,000 L de agua por tonelada de caña de azúcar procesada, lo que genera 1,000 L de aguas residuales (Sahu *et al.*, 2017) mientras que la destiladora produce de 10 a 13 litros de vinazas como residuos de proceso por litro de etanol obtenido (Lopez y Aguilar, 2016). Dichos efluentes se terminan vertiendo en los mantos acuíferos provocando su contaminación y la absorción del oxígeno disponible, lo que resulta en la muerte de la flora y fauna y la alteración al ecosistema circundante (Solano *et al.*, 2020). Para minimizar el impacto negativo que producen las vinazas en el ambiente, se han buscado alternativas de tratamiento, entre las que se encuentran la fertirrigación, solución nutritiva de suelos, fabricación de levadura torula, producción de proteína unicelular y suplementos alimenticios para animales (Flores y Tejada, 2020). Éste último producto se obtiene por la concentración de vinaza mediante un sistema de evaporación por múltiple efecto (Marafon *et al.*, 2020). Este método es muy usual en la industria alcoholera ya que el vapor generado permite autoabastecer a la destilería de energía, lo cual tiene como ventaja un ahorro del 72% en combustibles fósiles y la consiguiente disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo anterior convierte a la evaporación en una tecnología



limpia (Alonso *et al.*, 2016), en comparación con otros métodos tales como la floculación/coagulación y digestión anaerobia (Nochi *et al.*, 2019).

## Metodología

Durante cinco días se tomó una muestra diaria de vinaza evaporada mediante un sistema de evaporación de quintuple efecto de una industria alcohólica de la región. Los evaporadores tienen como finalidad incrementar la concentración desde 10°Brix hasta 60°Brix. Se realizó la caracterización fisicoquímica de la vinaza y del extracto evaporado en la Facultad de Ciencias Químicas campus Orizaba, determinando los parámetros de acuerdo con los métodos y equipos descritos en la Cuadro 1. Para todos los datos obtenidos se utilizó un diseño experimental unifactorial con una réplica, usando el software Minitab 19® para hacer el análisis estadístico.

**Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos a evaluar en el evaporado de vinaza.**

Parámetro	Método	Equipo
pH	Electrométrico	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	Electrométrico	Conductímetro
Demanda Química de Oxígeno	Colorimétrico	Espectrofotómetro
Oxígeno disuelto	Electrométrico	Medidor de OD
Densidad	Gravimétrico	Balanza
Turbidez	Nefelométrico	Turbidímetro
Azúcares reductores	Miller	Espectrofotómetro
Viscosidad	Brookfield	Viscosímetro
Sólidos totales	Gravimétrico	Mufla, horno de secado

Posteriormente se hizo la evaluación del contenido de los aminoácidos esenciales, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina, arginina e histidina, además de los no esenciales tales como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, asparagina, cisteína, glicina, glutamina, prolina, serina y tirosina. También se cuantificaron las proteínas totales mediante cromatografía de gases acoplada a espectrómetro de masas (modelo GCMS-QP2010 Plus con una columna ZB-AAA 10 mm\*0.25 mm), usando helio como gas de arrastre



con concentración de 99.99%, esta evaluación tiene el objetivo de cuantificar los incrementos de cada aminoácido durante el proceso de evaporación.

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica del evaporado de vinaza se presentan en el Cuadro 2. La acidez de la vinaza y de la solución evaporada se debe a los ácidos orgánicos como el acético, láctico y málico que son producidos por las levaduras durante la fermentación (Caputo, 2020). Los valores de conductividad eléctrica son bajos a comparación de los indicados por Ibarra y Leon (2018) entre 1,686.53 a 1,560.04, lo cual puede ser indicativo de que hay un bajo contenido de sales minerales en la vinaza de la destilería de la región (Ahmed, 2016), y disminuye aún más en el extracto de vinaza ya que se pierden sales en el agua que se evapora. Como se observa en el Cuadro 2, la DQO en el evaporado, de 629.5 g O<sub>2</sub>, es mayor que en la vinaza, de 181.6 g O<sub>2</sub>, debido a que se concentra la cantidad de materia orgánica presente en el fluido (Ariza *et al.*, 2020).

**Cuadro 2. Resultados de la caracterización fisicoquímica a vinaza y extracto evaporado.**

Análisis	Resultados		Unidades
	Vinaza	Extracto evaporado	
pH	4.73	5.29	
Conductividad	3.8	2.4	μS
DQO	181.6	629.5	g O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub> Disuelto	0.0619	0.0328	g/L
Densidad	1.0385	1.2865	g/mL
Turbidez	469	999	NTU
Azúcares Reductores	104.605	3.90	g/L
Viscosidad	2.01	252.59	cP
Sólidos Totales	10.35	54.51	%

Las cantidades de oxígeno disuelto encontradas son mayores que las reportadas por Perez *et al.* (2017) de 0.01 g/L. Se puede observar que el evaporado es más denso que la vinaza, y eso se debe a la concentración de la vinaza por evaporación (México Patente n°



WO2005052113A1) (Herrera y Rodriguez, 2005), mismo que se puede identificar en los resultados de sólidos totales, ya que la evaporación lleva los sólidos de un 10.35% hasta un 54.51%, que es adecuado para un concentrado de vinaza ya que los valores óptimos oscilan entre el 55 y 60% para poder considerar su uso como suplemento forrajero (Vargas, 2014). La turbidez es mayor en el evaporado y presenta un valor similar al dado por Gonzalez *et al.* (2018) de 999. El valor antes indicado puede relacionarse con las melanoidinas y caramelos formadas en la reacción de Maillard y que dan la coloración marrón oscuro a la vinaza (Tapie *et al.*, 2016). La melaza con la que se produce el etanol contiene sacarosa, fructosa y glucosa, que son mono y disacáridos cuantificables como azúcares reductores (Jaramillo *et al.*, 2014). Éstos constituyen el 10% de la vinaza, pero su cantidad disminuye considerablemente en el evaporado, ya que se lleva a cabo la reacción de caramelización de los azúcares disponibles durante el proceso de evaporación (Arias y Lopez, 2019). En cuanto a la viscosidad, el considerable aumento que se da entre la vinaza y el concentrado tiene una estrecha relación con los sólidos, ya que cuando la materia sólida se incrementa en la muestra, la viscosidad también lo hace, intensificando también las fuerzas inerciales dentro del fluido (Larsson y Tengberg, 2014). Es importante tomar en cuenta las propiedades reológicas en el estudio de los efluentes, ya que pueden afectar operaciones como el mezclado, bombeo, deshidratación y tratamiento final de los mismos (Ekstrand *et al.*, 2020).

El contenido de aminoácidos y proteínas en la vinaza y en el evaporado se describen en el Cuadro 3. Se tomaron como referencia los resultados obtenidos por Li *et al.*, (2011) sobre la cantidad de aminoácidos contenidos en los granos de maíz, ya que son comúnmente usados para alimento del ganado vacuno (Mendoza y Ricalde, 2015). Las proteínas se degradan en aminoácidos, los cuales son importantes en la nutrición animal ya que favorecen el rápido crecimiento, desarrollo, reproducción, lactancia y bienestar general de los rumiantes (Wu *et al.*, 2014). Aquellos aminoácidos que no pueden ser sintetizados por los animales, pero son necesarios en su nutrición se consideran como esenciales. Éstos son 10 y se enlistan a continuación: lisina (Lys), treonina (Thr), metionina (Met), triptófano (Trp), valina (Val), isoleucina (Ile), leucina (Leu), histidina (His), fenilalanina (Phe) y tirosina (Tyr) (Lopez y Mohiuddin, 2021). También, se encuentran 5 aminoácidos condicionales, que, si bien son sintetizados en el organismo de algunas especies animales, se vuelven necesarios en condiciones de estrés o enfermedad (Lopez *et al.*, 2015). Son leucina (Leu), taurina, glutamina



(Gln), arginina (Arg) y prolina (Pro) (Tessari *et al.*, 2016). La lisina ayuda en el desarrollo y ganancia de peso en el ganado vacuno (Hurtado *et al.*, 2012), y se observa que el maíz tiene el doble de contenido de éste aminoácido que el evaporado de vinaza, mientras que el ácido glutámico y la treonina promueven el crecimiento y la síntesis de proteínas (Jaramillo, 2016).

**Cuadro 3. Contenido de aminoácidos y proteínas en muestras.**

Biomolécula	Vinaza g/100g	Extracto evaporado g/100	Referencia (Li <i>et al.</i> , 2011) g/100g
Alanina	0.3	0.22	0.71
Glicina	0.02	0.1	0.40
Valina	0.01	0.14	0.44
Leucina	0.01	0.14	1.13
Isoleucina	0.009	0.09	0.34
Treonina	0.01	0.07	0.31
Serina	0.02	0.09	0.45
Prolina	0.01	0.07	1.06
Ácido aspártico	0.38	1.29	0.43
Metionina	0.009	0.16	0.21
Ácido Glutámico	0.24	1.24	0.64
Fenilalanina	0.009	0.08	0.46
Lisina	0.01	0.12	0.25
Histidina	0.02	0.08	0.23
Tirosina	0.009	0.05	0.43
Cisteína	0.02	0.14	0.20
Aminoácidos totales	1.086	4.08	7.69
Proteína	1.3	6.3	17.3

El maíz tiene menor contenido de ácido glutámico, pero se encuentra en mayor cantidad en el evaporado de vinaza, pero éste último es pobre en treonina, con apenas un 25% de este aminoácido en comparación con el maíz. La metionina es uno de los aminoácidos más importantes, ya que actúa como desengrasante y protector hepático, así como auxiliar en diversas funciones del sistema nervioso en aves, cerdos y peces (Lopez *et al.*, 2015). El maíz tiene mayor cantidad de metionina en contraste con el producto evaporado. Es importante mencionar que los piensos convencionales no contienen metionina o la tienen en una pequeña cantidad (Carrilho *et al.*, 2016). No existe una cantidad exacta de aminoácidos necesarios en



vacas, sin embargo, se tiene documentado que con un suministro total del 17.3% de proteína, se cubren los requerimientos de aminoácidos en la alimentación del ganado vacuno (Parys y Gonzalez, 2020). Es evidente que la vinaza tiene poco contenido de aminoácidos, cantidades que aumentan en el extracto de vinaza debido a la influencia que tiene la evaporación en la concentración de los sólidos en la muestra (Valiente, 2013). En cambio, los granos de maíz cuentan con mayor cantidad de aminoácidos totales. La diferencia en contenidos de aminoácidos entre maíz y vinaza se debe a la composición química de la materia prima utilizada en cada experimento.

Finalmente, se hizo la comparación de los principales nutrientes que se deben cubrir en la alimentación animal para su correcto desarrollo, como lo son las proteínas y aminoácidos, carbohidratos, minerales, grasas y vitaminas (Cerdas, 2013) en vinaza, evaporado de vinaza, melaza, que también es usada como complemento en la alimentación animal y también con un forraje ganadero. En el Cuadro 4 se condensan los resultados de las macromoléculas.

**Cuadro 4. Comparativo de nutrientes.**

Macromolécula	Vinaza (Ibarra y León, 2018)	Concentrado de vinaza	Melaza (SAGARPA, 2016)	Forraje ganadero	Referencia (Anrique, 2014) (Hidalgo, 2013)
Proteínas (%)	1.3	6	3	8	12-15
Humedad (%)	90.6	37.3	22.4	12	N/A
Grasas (%)	0.1	0.4	0.1	2	3
Carbohidratos (%)	0.93	37	74	0	30
Fibra (%)	0.01	0.3	0.2	24	13-16
Cenizas (%)	22.6	15.8	8-10	19	N/A

Como referencia se tomaron los valores proporcionados por Hidalgo (2013) y Anrique (2014). Se puede observar que la mezcla de vinaza concentrada más el forraje ganadero se aproximan bastante a los requerimientos nutricionales mínimos para el ganado bovino orientado a la producción de leche (Anrique, 2014). La adición de melaza al pienso lo provee de un exceso de carbohidratos, mismo que puede llevar a consecuencias negativas como el aumento de la cantidad de grasa en los tejidos del animal y en el porcentaje de grasa contenido en la leche (Gonzalez, 2018), y es deficiente en el contenido de fibra, lo cual genera problemas digestivos en el animal como acidosis, desplazamiento de abomaso, entre otros (Santini, 2014). La vinaza



como complemento es pobre en proteínas y, aunque no hay un valor estándar para la cantidad de cenizas que debe consumir un animal, el exceso puede producirle una intoxicación y, en casos graves, la muerte (Coria y Naredo, 2020). Las cenizas indican la cantidad de minerales presentes en la muestra (Masson, 2016).

## Conclusiones

1. La evaporación de vinaza conduce al incremento de sólidos en el fluido, entre ellos los carbohidratos, fibra, proteínas y aminoácidos.
2. Al comparar el evaporado con la vinaza o la melaza como suplemento forrajero, se confirmó que el evaporado de vinaza tiene un alto contenido de aminoácidos esenciales y condicionales y proteínas provenientes de la levadura utilizada en el proceso de fermentación y si se adiciona al forraje ganadero, se suplen las necesidades mínimas de nutrientes en el ganado.
3. El evaporado, a diferencia de otros piensos animales, también contiene metionina, aminoácido importante en el desarrollo animal y que no se encuentra de forma habitual en los piensos, lo que hace del evaporado un producto de gran valor biológico apto para el consumo animal.
4. La producción de un suplemento alimenticio para animales a base de vinaza evaporada representa un beneficio tecnológico y económico para la industria alcoholera, disminuyendo también el impacto ambiental que este efluente provoca en el ambiente.

## Literatura Citada

- Ahmed, P. M. 2016. Biorremediación de vinazas de destilerías de alcohol por microorganismos autóctonos aislados de ambientes contaminados. Tesis de doctorado. Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino. Tucumán, Argentina. 246 p.
- Alonso, E. D., N. Garrido C., O. Perez O., O. y L. Zumalacarregui de C. 2016. Alternativas tecnológicas para reducir el volumen de las vinazas de la industria alcoholera y su tratamiento. *Centro Azúcar* 43(1):70-79.





- Anrique G., R. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. 1a ed. Valdivia: Imprenta América Ltda. Valdivia, Chile. 93 p.
- Arias, G. S. y D. M. Lopez V. 2019. Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria. Lámpsakos 22(1):123-136.
- Ariza, C. D., M. Rincon R., C. A. Paz C. y D. J. Gutierrez M. 2020. Biogas production evaluation and reduction of vinasse organic load by anaerobic digestion. Revista Colombiana de Biotecnología 2(2):118-130.
- Caputo, M. 2020. Estudio de la composición orgánica de la vinaza y metodologías para eliminar sus efectos contaminantes. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires. 194 p.
- Carrilho, E. N., G. Labuto and M. Y. Kamogawa. 2016. Destination of vinasse, a residue from alcohol industry: resource, recovery and prevention of pollution. Environmental Materials and Waste 21-43 pp.
- Cerdas, R. R. 2013. Formulación de raciones para carne y leche. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacasté, Costa Rica. Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica 14(29):128-153.
- Coria, M. y C. Naredo. 2020. Nutrición mineral en ganadería. Folleto Técnico no. 1. INTA. Buenos Aires, Argentina. 9 p.
- Ekstrand, E. M., B. H. Svensson., L. Šafarič and A. Björn. 2020. Viscosity dynamics and the production of extracellular polymeric substances and soluble microbial products during anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater sludges. Bioprocess Biosyst Engineering 43(2):283-291.
- Flores, M. J. A. y R. W. Tejada M. 2020. Evaluación de tres deshidratadores solares para el tratamiento de la vinaza de caña de azúcar y análisis fisicoquímico de los productos resultantes. Tesis de licenciatura. Ciudad Universitaria San Salvador, El Salvador. 118 p.
- Gonzalez, H. E. 2015. Dinámica de la agroindustria azucarera en los ríos Atoyac y Río Blanco, Veracruz: consecuencias ambientales y territorialidades. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. CDMX, México. 272 p.
- Gonzalez, J. A., S. E. Buedo., F. E. Prado y S. Alvarez. 2018. Efecto de la vinaza sobre el crecimiento y productividad de la soja (*Glycine max*) en condiciones semicontroladas. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 53(4):597-608.
- Gonzalez, K. 2018. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Zootecnia y Veterinaria. <https://zoovetesmipasion.com/nutricion-animal/metabolismo-de-carbohidratos-en-vacas-lecheras/> [consultado el 24 de junio de 2021]



- Herrera, O. E. y V. M. Rodríguez F. (inventores). 2005. Proceso para tratamiento de vinaza residual generada por destilación en la industria tequilera. México, D. F. Patente WO2005052113A1. Junio 9, 2005.
- Hidalgo, L. V. 2013. Formulación de alimentos balanceados para el engorde de ganado vacuno. Tesis de licenciatura. UNALM. Puno, Perú. 52 p.
- Hurtado, V. L., R. da Trinda de R. N. y M. Sant'Anna L. 2012. Efecto de los niveles de lisina digestible sobre el rendimiento de cerdos en crecimiento de 45 a 70 kg de peso alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz. *ORINOQUIA* 16(1):39-45.
- Ibarra, C. R. y L. Leon D. 2018. Caracterización químico-física de vinazas de destilerías. *Ciencia en su PC*: 1(2):1-13.
- Santini, F. J. 2014. Conceptos básicos de nutrición de rumiantes. *Nutrición Animal Aplicada* 1:4-23.
- Jaramillo, J. S. 2016. Evaluación de la utilización de glutamina, ácido glutámico y treonina como promotores de crecimiento en potros. Tesis de licenciatura. Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. 39 p.
- Jaramillo, R. D., O. Perna, L. E. Rios y J. Escobar. 2014. Efecto de la melaza de caña tratada con ácido sulfúrico en la producción de celulosa por *Gluconacetobacter xylinus* IFO 13693. *Revista Colombiana de Química* 43(2):25-31.
- Larsson, E. and T. Tengberg. 2014. Evaporation of Vinasse. Pilot Plant Investigation and Preliminary Process Design. Master thesis. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden. 68 p.
- Li, X., R. Rezai, P. Li and G. Wu. 2011. Composition of amino acids in feed ingredients for animal diets. *Amino Acids* 40(1):1159-1168.
- Lopez, M. U. A. y J. M. Aguilar G. 2016. Producción de fertilizante sólido a partir de vinazas de destilación de alcohol etílico. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 96 p.
- Lopez, I., E. Sujka., C. Lopez., R. Nieto y A. Rodriguez. 2015. Nuevas alternativas al uso de aminoácidos sintéticos en especies monogástricas. *NutriNews* 1:19-25.
- Lopez, M. y S. Mohiuddin. 2021. Biochemistry, Essential Amino Acids. *StatPearls*. 1:13-21.
- Marafon, A. C., K. Ribeiro S., E. Lucena C. and F. Santana P. 2020. Use of sugarcane vinasse to biogas, bioenergy, and biofertilizer production. Academic Press. Brazil. 194 p.



- Masson, L. 2016. *Todologías analíticas aplicables al etiquetado nutricional*. Folleto Técnico No. 1. Chile. 12 p.
- Mendoza, M. G. D. y R. Ricalde V. 2015. *Alimentación de ganado con dietas altas en grano*. Editorial de la Universidad Autónoma Metropolitana. CDMX, México. 255 p.
- Nochi, L. E. C., J. V. Furlan S., K. C. Fagnani, H. J. Alves and L. M. Saragiotto C. 2019. Evaluation of the effect of different treatment methods on sugarcane vinasse remediation. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 54(9):791-800.
- Parys, C. y F. Gonzalez A. 2020. Balance de aminoácidos en raciones para vacas lecheras. BM Editores. <https://bmeditores.mx/ganaderia/balance-de-aminoacidos-en-raciones-para-vacas-lecheras/> [Consultado el 31 de agosto de 2021].
- Perez, O. Y., O. Perez O. y L. Zumalacarregui de C. 2017. Caracterización química, física y microbiológica de dos vinazas cubanas. *EIA* 14(28):29-43.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. *Melazas de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado*. Folleto Técnico No. 1. SAGARPA. CDMX, México. 9 p.
- Sahu, O., D. G. Rao, R. Gopal, A. Tiwari and D. Pal. 2017. Treatment of wastewater from sugarcane process industry by electrochemical and chemical process: aluminum (metal and salt). *Journal of Water Process Engineering* 17:50-62.
- Solano, De La C. V., N. A. Vallejo C. y A. Alvarado L. 2020. *Tratamiento de un agua residual azucarera utilizando un sistema híbrido (digestión anaerobia-humedal construido)*. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Orizaba. Orizaba, Veracruz, México.
- Tapie, W. A., D. Prato G. y H. Sanchez G. 2016. Biodegradación de vinazas de caña de azúcar mediante el hongo de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* en un reactor de lecho empacado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19:145-150.
- Tessari, P., A. Lante and G. Mosca. 2016. Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? *Scientific Reports* 6(1).
- Valiente, B. A. 2013. *Ingeniería del Calor*. UNAM. México, D. F. 686 p.
- Vargas, N. S. A. 2014. Efecto del nivel de inclusión y concentración de vinaza de caña (*Saccharum officinarum*) sobre los parámetros de fermentativos y calidad nutricional de un ensilaje de maralfalfa (*Penisetum sp.*). Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 123 p.
- Wu, G., F. W. Bazer, Z. Dai and D. Li. 2014. Amino Acid Nutrition in Animals: Protein Synthesis and Beyond. *Annual Review of Animal Biosciences* 2(1):387-417.



## EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN *Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island' BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO NFT (Nutrient Film Technique)

Jovita Quinto Galindo<sup>1</sup>, Erika Peña Morales<sup>1</sup>, Nancy Morales Morales<sup>1</sup>, Ramón Zulueta Rodríguez<sup>1</sup>, Isabel Alemán Chávez<sup>1</sup> y Liliana Lara Capistrán<sup>1\*</sup>

### Resumen

Una de las alternativas para solucionar los problemas de la baja disponibilidad de agua para riego son los sistemas hidropónicos, dentro de los cuales destaca el sistema de recirculación de la película nutritiva (NFT, por sus siglas en inglés) que básicamente consiste en el suministro y retorno de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que estas se encuentren inmersas en sustrato alguno. Sin embargo, dada la necesidad de evaluar materiales de soporte baratos y fáciles de conseguir, el objetivo de este estudio fue diseñar y establecer un sistema de cultivo NFT para evaluar tres sustratos (tratamientos) como soporte en plantas de lechuga orejona (*Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island'): T1 Esponja de polyfoam (P), T2 Fibra de coco (FC) y T3 Piedra cacahuatillo (PC), cada uno con 10 repeticiones distribuidas en un diseño completamente aleatorio, y disposición total de 30 unidades experimentales. Se evaluó altura de la planta, número de hojas y longitud de raíz a los 0, 7, 14, 22 y 28 días después el trasplante (DDT), así como área foliar a los 28 DDT. Los resultados obtenidos se valorizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) del software Statistica versión 10.0 para Windows, y la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados mostraron diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas, donde T1 P fue siempre el mejor tratamiento con incrementos de 62.51%, 50.00%, 48.69% y 92.57% para altura de la planta, número de hojas, longitud de raíz y área foliar a los 28 DDT, respectivamente. Por otro lado, la esponja de polyfoam resultó ser el mejor sustrato para este tipo de sistema de cultivo, ya que además de ser un material económico y de fácil acceso, favoreció la cosecha precoz de lechugas con talla adecuada para su venta a los 28 DDT.

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

\*Autor por correspondencia: [lilara@uv.mx](mailto:lilara@uv.mx)



**Palabras clave:** lechuga, solución nutritiva Steiner, hidroponía

## Introducción

La producción de alimentos día a día se está convirtiendo en una de las principales preocupaciones a nivel mundial (Guzmán *et al.*, 2019a) debido a la reducción del espacio de suelo cultivable, la escasés de agua para riego y el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas de consumo en fresco, libres de plagas, enfermedades y residuos tóxicos (Beltrano, 2015; Pérez y Tellez, 2020).

En consecuencia, las problemáticas antes mencionadas han contribuido al uso de técnicas hidropónicas para que formen parte de una estrategia global e innovadora capaz de producir más con menos recursos o suministros (tierra, agua e insumos externos) y, de este modo, jugar un papel trascendente en áreas inadecuadas para la agricultura convencional (Li *et al.*, 2018).

Los aspectos clave que hacen más eficiente a los cultivos en hidroponía son el ambiente, la protección y la reducción de actividades que requieren mucha mano de obra, como el deshierbe y la preparación del suelo (Maucieri *et al.*, 2017), con la consecuente productividad deseable por unidad de superficie y cosechas durante todo el año (Pertierra y Quispe, 2020). Dentro de los sistemas hidropónicos de producción destaca la técnica de película nutritiva (NFT, Nutrient Film Technique), la cual asegura una corriente de solución de nutrimentos que fluye con cierta uniformidad a través de las raíces del cultivo, con ayuda de un *timer* o temporizador donde se programan los tiempos de recirculación y monitoreo de la condición de la solución nutritiva que alimenta las plantas (Brenes y Jiménez, 2016; Guzmán *et al.*, 2019b). Sin embargo, existe escasa información respecto a materiales de soporte de plantas de bajo costo que puedan ser utilizados en estos sistemas de producción hidropónica para incrementar el consumo familiar de hortalizas de hoja, como la lechuga, la cual es una verdura rica en vitaminas (K y C), ácido fólico y potasio. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar tres sustratos como soporte para cultivar lechuga orejona (*Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island') en un sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) instalado bajo invernadero.



## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del experimento**

El presente estudio se efectuó durante los meses mayo-junio 2021 en un invernadero tipo capilla en la ciudad 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" latitud Norte, 96°56'40.64" longitud Oeste y altitud de 1,428 msnm.

De acuerdo con Soto y Gómez (1993), el clima en esa parte de la ciudad es templado C(fm)w"b(i)"g, y la temperatura y precipitación promedio que prevalecieron a lo largo del bimestre de estudio fue de 21.3°C y 178.5 mm, respectivamente (Climate-Data.org, 2021).

### **Descripción de los tratamientos**

Se utilizó un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos: T1 Esponja de polyfoam (P), T2 Fibra de coco (FC) y T3 Piedra cacahuatillo (PC), cada uno con 10 repeticiones y disposición total de 30 plantas (unidades experimentales) en el sistema NFT (Figura 1).

### **Establecimiento de los semilleros**

Las charolas germinadoras utilizadas para la siembra de las semillas de lechuga eran de poliestireno con 100 cavidades, el cual se llenó con Peat Moss como sustrato, debido a su alta porosidad y capacidad de retención y disponibilidad de la solución nutritiva (Ahmadi *et al.*, 2021).

### **Preparación de los sistemas NFT**

Se realizó la colocación de la base para el soporte de los tubos con tablas de 1.50 m de largo, y los tubos de PVC de 3 pulgadas se perforaron a 15 cm de distancia con un taladro utilizando una broca de 2 pulgadas. Después se instaló el sistema de recirculación para la solución nutritiva, el cual consistió en colocar una manguera conectada a un recipiente de 70 L de capacidad y dentro del recipiente una bomba sumergible Hosmat® de ½ HP de 110V/60Hz, la cual estaba conectada a un temporizador digital Steren® modelo TEMP-24H, con 10 tiempos de riego de 45 min cada dos horas (Figura 1).



**Figura 1. Sistema NFT funcionando con las plantas de lechuga orejona (*Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island') donde se pueden apreciar los sustratos utilizados en el presente bioensayo.**

### **Preparación de los sustratos**

Los medios de cultivo que fueron previamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 10% fueron la esponja de polyfoam, para permitir el enraizamiento o la fijación de las plántulas, y la piedra cacahuatillo, como material mineral que presenta alta permeabilidad y elevada capacidad de aireación. Por otro lado, la fibra de coco es un componente natural e inerte muy apreciado y eficaz en cultivos hortícolas hidropónicos por sus propiedades físicas, físico-químicas y mecánicas.

### **Trasplante y llenado de contenedores**

El traslado de plántulas vigorosas de lechuga al sistema NFT se realizó a los 15 días después de la siembra (DDS), cuando estas habían desplegado el primer par de hojas verdaderas y alcanzado entre 5 y 7 cm de altura. Para ello, las raíces fueron previamente lavadas con agua para eliminar los restos de Peat Moss y a continuación se les colocó en el sustrato correspondiente. Se utilizaron canastillas para hidroponía donde primero se introdujo la planta y luego se colocó el sustrato sin maltratar ni dañar las raíces; y con la esponja de polyfoam tan solo se enrolló cada plantín y sin más se les colocó en su orificio de PVC correspondiente.



### **Solución nutritiva utilizada**

La solución nutritiva utilizada que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo se preparó mediante una mezcla de los elementos esenciales siguientes:

Solución A: Nitrato de potasio<sup>1</sup>, nitrato de amonio<sup>2</sup>, fosfato monopotásico<sup>2</sup>, Solución B: Sulfato de magnesio<sup>2</sup>, sulfato de potasio<sup>2</sup>, quelato de hierro<sup>2</sup>, sulfato de manganeso<sup>3</sup>, sulfato de zinc<sup>3</sup>, sulfato de cobre<sup>3</sup>, molibdato de amonio<sup>3</sup> y Solución C: Nitrato de calcio<sup>2</sup>. Estos tres medios acuosos se mezclaron y colocaron en un tambo de 100 L, donde monitoreó el pH y la conductividad eléctrica, los cuales siempre se mantuvieron en 5.8 y 2 dS/m (Steiner, 1984).

### **Variables evaluadas**

Las variables evaluadas a 0, 7, 14, 22 y 28 DDT fueron altura de la planta (cm), número de hojas y longitud de raíz (cm), mientras que la medición del área foliar (cm<sup>2</sup>) se estimó a los 28 DDT mediante el software Adobe® Photoshop® (versión 10.0 para Windows) utilizando imágenes fotografiadas, cuyos registros por tratamiento y repetición se ordenaron en una base de datos Excel para sumar la cantidad total de lámina foliar desplegada por cada planta evaluada.

### **Análisis estadístico**

En primera instancia se realizaron los contrastes de normalidad y homocedacidad de las variables analizadas y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este bioensayo, los resultados 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 10.0) (StatSoft, Inc. 2011) para Windows.

## **Resultados y Discusión**

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos en todas las variables evaluadas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) desde los 7 hasta los 28 DDT, donde T1 P fue siempre el mejor tratamiento con incrementos de 62.51%, 50.00%, 48.69% y 92.57% en altura de la

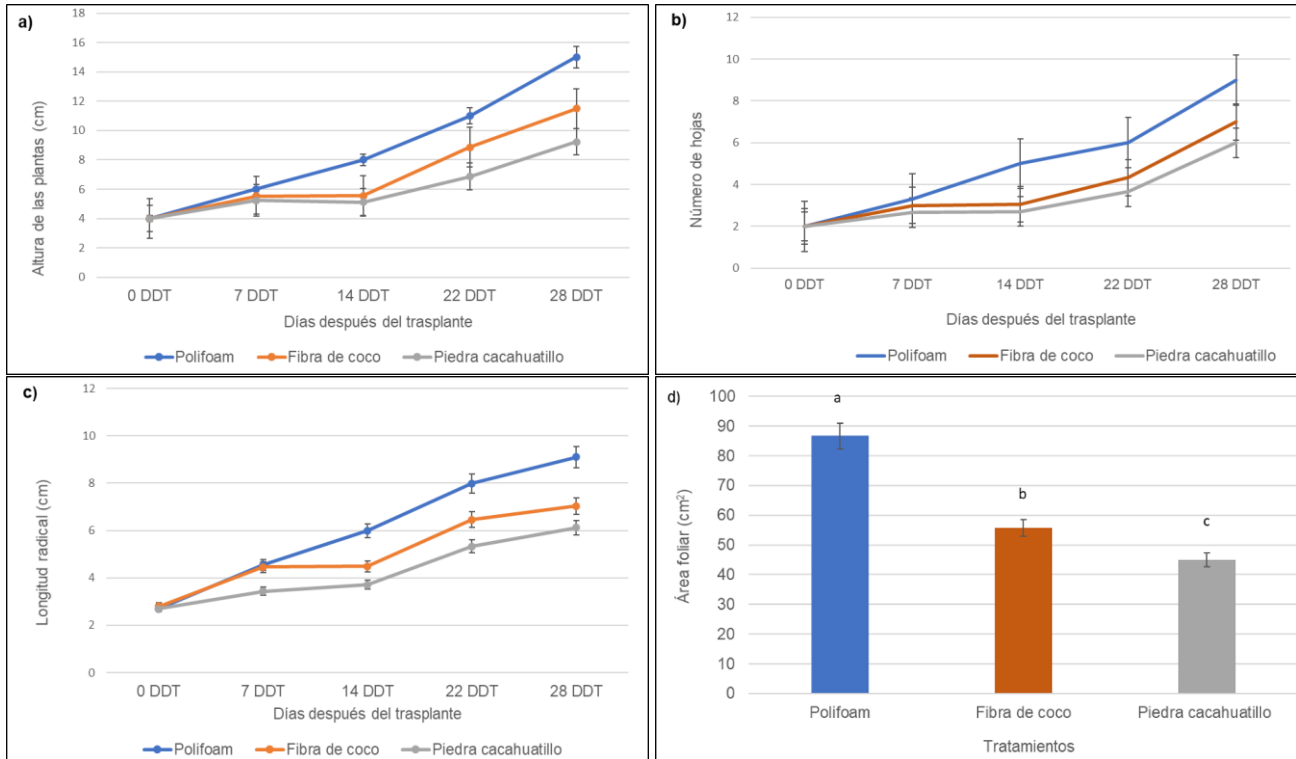
<sup>1</sup> Haifa Group México (2021), <https://www.haifa-group.com/haifa-mexico>.

<sup>2</sup> Hydro Environment (2021), <https://hydroenv.com.mx/catalogo>





planta, número de hojas, longitud de raíz y área foliar a los 28 DDT, respectivamente (Figuras 2a, b, c y d).



**Figura 2. Dinámicas en comportamiento para las variables evaluadas hasta los 28 DDT. a) Altura de las plantas (cm), b) Número de hojas, c) Longitud de raíz (cm) y d) Área foliar (cm<sup>2</sup>). 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 ( $\pm$ ).**

Estos resultados armonizan con las deferencias externadas por Beltrano (2015) en cuanto a las ventajas y rentabilidad del cultivo hidropónico no solo de lechuga, sino que también hace referencia al común denominador de prescindir de cualquier sustrato en la producción de espinaca, jitomate y flores de corte.

Además, uno de los distintivos más claros que de esta técnica de cultivo en sistema NFT se deriva, consiste en el ahorro de agua para esta hortaliza de hoja ya que para poder cultivar 5,000 plantas de lechuga solo se requieren 250 L/planta, que equivaldrían a solo ca. 2,500 piezas hortícolas en tamaño y calidad comercializable mediante el sistema tradicional (Heinze, 2011).



Sin duda, es imprescindible enfatizar que se trata de un sistema cerrado de producción cuyo principio consiste en recircular continuamente una solución nutritiva, a través de una serie de canales de PVC llamados canales de cultivo (INCAP, 2006), hasta que se le recolecta y almacena para uso posterior o su desecho.

En cuanto a la conductividad eléctrica y el pH de la solución nutritiva utilizada en este bioensayo se refiere, estas variables fueron monitoreadas periódicamente para mantenerles por debajo de 2.1 dS/m (Santos y Ríos, 2016) para alcanzar rendimientos potencialmente competitivos (ca. 90 y 100%) en lechuga y dentro del rango de tolerancia de 5.2-7.0 para el sustento de plantas cultivadas sin tierra (Ordoñez *et al.*, 2018), respectivamente.

Con respecto a los valores más bajos que en todas las variables evaluadas presentó el tratamiento T3 PC a los 28 DDT, puede ser que el tamaño de las partículas que le conforman (diámetro >0.7 mm) deja muchos espacios porosos que no solo imposibilitan la retención de humedad, sino que resulta ser un medio inapropiado para dar soporte y favorecer el anclaje de las raíces de las plantas en este sistema de cultivo, tal y como ha sido señalado por Gayosso *et al.* (2016) y Barbaro *et al.* (2019).

En el presente sistema de producción NFT es primordial destacar que a los 28 DDT ya se tenían lechugas con talla adecuada para su venta, lo cual significa tener listo un producto fresco y libre de patógenos para su mercadeo entre 7 y 17 días antes que las empresas dedicadas a producir lechuga juvenil y adulta en invernadero (Dios *et al.*, 2006), o bien alrededor de 37 a 42 días si su cultivo es convencional, en cuyo caso la maduración del cultivar 'Parris Island' se alcanza en unos 65 a 70 días después de la siembra a cielo abierto (Montero, 2019).

En este caso, la opción más adecuada para este sistema de cultivo NFT fue T1 P, pues no solo se trata de un material capaz de mantener la humedad en beneficio de la planta sin liberar partículas que afecten el funcionamiento del proceso hidropónico, sino que el manejo y recirculación de las soluciones nutritivas asegura uniformidad y control más preciso sobre la nutrición, crecimiento y desarrollo de la planta.

Por otro lado, la ocurrencia de sequías y la creciente demanda de agua presenta desafíos y oportunidades en todo el mundo para que la horticultura se consolide como una actividad primaria prioritaria e intensiva, a sabiendas de la eficacia que de este tipo de sistemas de cultivo hidropónico se obtiene ante la imperiosa necesidad de poner en funcionamiento herramientas e implementar tecnologías que garanticen productos de calidad e inocuidad



diferenciada mediante el control de las variables involucradas en la síntesis de biomasa agrícola y biológica con valor económico y ecológico sobresaliente.

## Conclusión

La esponja de polyfoam (T1 P) resultó ser la opción más adecuada durante las prácticas y prueba piloto de un sistema de cultivo NFT para la cosecha de lechuga orejona (*Lactuca sativa* L. cv. 'Parris Island') con talla adecuada para su venta a los 28 DDT.

## Agradecimientos

A las autoridades de nuestra entidad educativa por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa III: Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación.

## Literatura Citada

- Ahmadi, F., A. Samadi, E. Sepehr, A. Rahimi and S. Shabala. 2021. Optimizing hydroponic culture media and  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  ratio for improving essential oil compositions of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.). Sci. Rep. 11: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87391-9> [consultado el 30 de agosto de 2021].
- Barbaro, L., M. Karlanian, P. Rizzo y N. Riera. 2019. Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. Chil. J. Agric. Anim. Sci. 35(2):126-136.
- Beltrano, J. 2015. Introducción al cultivo hidropónico, p. 10-33. *In*: Beltrano, J. y D. O. Gimenez (coords.). Cultivo en Hidroponía. Editorial de la Universidad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Brenes, P. L. y M. F. Jiménez M. 2016. Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT (Nutrient Film Technique). Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica. 26 p.



- Climate-Data.org. 2021. Xalapa-Enriquez: Tiempo y clima en mayo/junio 2021. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/veracruz-de-ignacio-de-la-llave/xalapa-enriquez-5707/t/mayo-junio-6/> [consultado el 30 de junio de 2021].
- Dios, D. I., M. Sandoval V., M. N. Rodríguez M. y E. Cárdenas S. 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. *Terra Latinoam.* 24(1):91-98.
- Gayosso, R. S., L. Borges G., E. Villanueva C., M. A. Estrada B. y R. Garruña H. 2016. Sustratos para producción de flores. *Agrociencia* 50(5):617-631.
- Guzmán, C. H., J. L. Carrera, H. A. Durán, J. Berumen, A. A. Ortiz, O. A. Guirette *et al.* 2019a. Implementation of virtual sensors for monitoring temperature in greenhouses using CFD and control. *Sensors* 19(1), 60: <https://doi.org/10.3390/s19010060> [consultado el 15 de agosto de 2021].
- Guzmán, V. C. H., J. Talavera O. and O. Désiga O. 2019b. Turbulent kinetic energy distribution of nutrient solution flow in NFT hydroponic systems using computational fluid dynamics. *AgriEngineering* 1(2):283-290.
- Heinze, M. 2011. De cómo cultivar 5,000 plantas de lechuga con 250 litros por planta (contra 2,500 del sistema tradicional). <https://infonegocios.info/plus/de-como-cultivar-5-000-plantas-de-lechuga-con-250-litros-por-planta-contra-2-500-del-sistema-tradicional> [consultado el 19 de julio de 2021].
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 2006. Hidroponía: Sistema de cultivo NFT. Centro de Aprendizaje e Intercambio del Saber en Seguridad Alimentaria y Nutricional del INCAP (CAIS/INCAP), Guatemala. 11 p.
- Li, Q., X. Li, B. Tang and M. Gu. 2018. Growth responses and root characteristics of lettuce grown in aeroponics, hydroponics, and substrate culture. *Horticulturae* 4(4), 35: <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040035> [consultado el 13 de agosto de 2021].
- Maucieri, C., C. Nicoletto, R. Junge, Z. Schmutz, P. Sambo and M. Borin. 2017. Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. *Ital. J. Agron* 13, 1012: <https://www.researchgate.net/publication/323919037> [consultado el 13 de agosto de 2021].
- Montero, D. 2019. Qué es Parris Island Cos-Cómo cultivar la lechuga Parris Island Cos. <https://www.consejosparamihuerto.com/vegetales/que-es-parris-island-cos/> [consultado el 17 de mayo de 2021].
- Ordoñez, E., E. Idrogo y N. Corrales. 2018. Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Rev. Inv. Vet. Perú* 29(2):389-395.



- Pérez, C. M. e I. Tellez G. 2020. Producción y comercialización con sistema hidropónico NFT de lechuga y tomate cherry, en la ciudad de Arequipa. Tesis de maestría. Universidad ESAN, Lima, Perú. 172 p.
- Pertierra, L. R. y J. Quispe G. 2020. Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *Lgr* 31(1):118-130.
- Santos, C. B y D. Ríos M. 2016. Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural (ed.). Cabildo de Tenerife, España. 113 p.
- Soto, E. M. y M. Gómez C. 1993. Consideraciones climáticas de la ciudad de Xalapa. p. 81-98. *In: López-Moreno, I. R. (ed.). Ecología urbana aplicada a la ciudad de Xalapa.* Instituto de Ecología, México.
- StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. USA: SAS Institute Inc. <http://www.statsoft.com> [consultado el 3 de julio de 2021].
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. p. 633-649. *In: Proc. 6th Int. Cong. on Soilless Culture.* International Society for Soilless Culture (ISOSC). Wageningen, *Netherlands*.



## PREVALENCIA DE ENDOPARÁSITOS EN FAUNA SILVESTRE BAJO CUIDADO HUMANO EN EL PARQUE XCARET, QUINTANA ROO

Sofía Anabella Castro Bravo<sup>1\*</sup>, Fernando Alberto Muñoz Tenería<sup>1</sup>, Milagros González Hernández<sup>1\*</sup>, Rodolfo Raigoza Figueras<sup>2</sup> e Imelda Martínez Valladares<sup>2</sup>

### Resumen

Se realizó un estudio transversal en verano del 2018 en el periodo de junio a agosto del 2018, con el objetivo de determinar la prevalencia, riqueza y carga parasitaria en los mamíferos, aves y reptiles del parque Xcaret en Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Se obtuvieron un total de 213 muestras de heces de forma no invasiva (86 mamíferos, 37 reptiles y 90 aves). Las heces fueron procesadas con las técnicas de flotación simple con Nitrato de Sodio, y con Sulfato de Zinc la técnica de Faust para obtener la riqueza parasitaria y la técnica de Mc Master para la identificación de la carga parasitaria en muestras positivas. Se encontró una prevalencia general del 5.6% (12 muestras). En total, se encontró una riqueza de tres géneros de parásitos, protozarios (*Eimeria* spp., *Isospora* sp.), nematodos (*Strongyloides* spp.). Además, se encontraron huevos de tipo Trichostrongylido en una tortuga Carey de vida libre que fue encontrada varada en la playa y huevos de Ascárido en un águila real, los cuales no fue posible identificarlos a nivel de género con las técnicas utilizadas, sin embargo, estos parásitos no han sido descritos previamente en México. Se identificó el trematodo *Cotylotretus grandis*, de acuerdo a sus características anatómicas, de una espátula rosada (*Platalea ajaja*) proveniente de la ciénaga de Chuburná, al norte de la península de Yucatán, obtenidos de forma oportunista de tubo digestivo en una necropsia. Aunque la prevalencia y riqueza parasitaria fue baja en comparación con otros estudios en animales en cautiverio y existiendo reportes previos de los géneros de parásitos encontrados en el estudio tanto de mamíferos como aves, se encontraron huevos de al menos dos nematodos parásitos que no han sido

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México.

<sup>2</sup> Parque Xcaret, Playa del Carmen, Quintana Roo, México. [sofi.anabella04@gmail.com](mailto:sofi.anabella04@gmail.com) y [milagros.gonzalez@uaslp.mx](mailto:milagros.gonzalez@uaslp.mx)



reportados previamente en México, lo cual remarca la importancia y necesidad de continuar con estudios parasitológicos en animales de fauna silvestre en cautiverio.

**Palabras clave:** ascárido, trichostrongylido, Xcaret, águila real

## Introducción

En México, los zoológicos, acuarios y criaderos para la conservación, son de gran importancia, debido a que dan a conocer los aspectos biológicos, ecológicos y educativos de las especies endémicas de México, creando conciencia sobre la importancia de la fauna nacional (Olive *et al.*, 2017). Los zoológicos y acuarios están respondiendo a la crisis de la biodiversidad mundial por medio de una iniciativa de conservación mayor, como la reproducción, rehabilitación y cuando es posible la reintroducción de especies bajo cuidado humano. Estas instituciones también recaudan fondos, ofrecen programas de educación y promueven la investigación crítica en la biodiversidad (Olive *et al.*, 2017).

Las infecciones parasitarias son un problema potencial en estas instituciones, debido a que el estar en un ambiente cerrado facilita la dispersión de las enfermedades, entre ellas, las parasitosis. Las infecciones se pueden diseminar entre las diferentes especies susceptibles de las colecciones o incluso hacia los animales de vida libre que viven en los alrededores (Mohammad *et al.*, 2013, Kirkwood, 1996, Schultz *et al.*, 1996).

Las infecciones parasitarias han sido objeto de estudio tanto en fauna silvestre como en cautiverio, debido a la importancia en la salud sobre los mismos, el ecosistema y el contacto con el humano (Mukul *et al.*, 2014); así como por su elevada prevalencia, facilidad de transmisión e impacto en su desarrollo y bienestar (Lyra de Freitas *et al.*, 2001).

En México las investigaciones sobre parásitos en fauna silvestre o carnívoros, ungulados, aves, y reptiles mantenidos en cautiverio en parques o zoológicos (García *et al.*, 2014; Rosado *et al.*, 2016; Solórzano *et al.*, 2017; Mino *et al.*, 2016), han identificado una amplia diversidad de parásitos protozoarios, nematodos, cestodos y trematodos, aunado a un importante catálogo de la colección nacional de helmintos por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (Lamothe *et al.*, 1997). El objetivo del presente estudio fue determinar la



prevalencia, riqueza y carga parasitaria en los animales de fauna silvestre en cautiverio en el parque Xcaret.

## Materiales y Métodos

### Sitio de estudio

El Parque Xcaret es un parque temático privado de ecoturismo localizado en la Riviera Maya, perteneciente al Corporativo Grupo Xcaret. Está ubicado en Carretera Chetumal Puerto Juárez, Km 282, Municipio de Solidaridad, Playa del Carmen, Quintana Roo, México, Coordenadas: 20°34'51.6"N 87°07'11.1"W.

El parque Xcaret cuenta con un aproximado de 190 especies de animales, entre mamíferos, aves y reptiles, distribuidos en encierros o jaulas comunitarias o individuales a lo largo de senderos turísticos (Figura 1) (Iruegas, 2016).

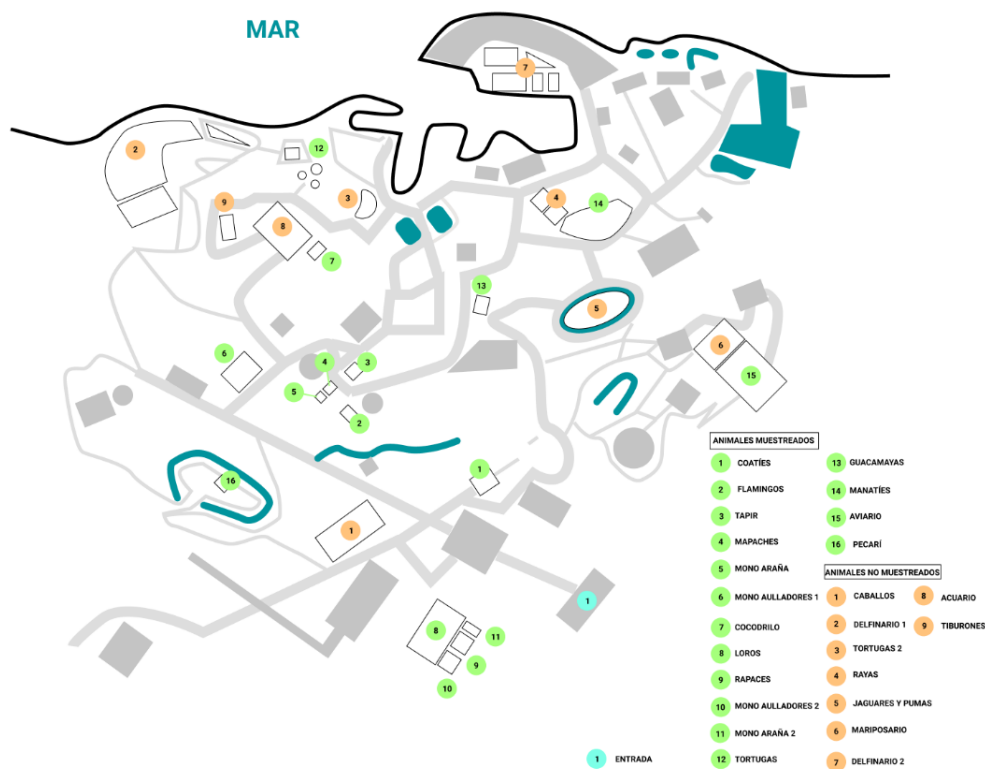


Figura 1. Mapa de la distribución de los mamíferos, aves y reptiles dentro de las instalaciones del Parque Xcaret.





La flora y Fauna bajo cuidado humano del parque, está bajo la responsabilidad de la Dirección Corporativa de Conservación (Grupo Xcaret, 2019), cumpliendo con los requisitos de la normativa mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), que cuenta con Instalaciones Profesionales de Medicina Veterinaria y un equipo de Médicos Veterinarios especializados en la salud y bienestar de la fauna bajo cuidado humano, que lleva un control de enfermedades y medicina preventiva, apoyados en su propio laboratorio de patología clínica e imagenología.

### **Colecta y Preservación de Muestras**

Se realizó un estudio transversal en el periodo de junio a agosto del 2018 de los grupos mantenidos en cautiverio de mamíferos, aves y reptiles. Las muestras biológicas se obtuvieron de forma no invasiva, colectando la muestra posterior a la defecación (Delprá, 2020), ya sea muestras individuales o, en áreas de alta densidad de la misma especie, muestras representativas por jaula/encierro (pools). A continuación, se indica las consideraciones de muestreo de acuerdo al grupo de estudio.

#### **Mamíferos**

Las muestras de heces se tomaron directamente del piso con guantes de látex obteniendo las heces de aquella parte que no hubiese tocado el suelo (Lyra de Freitas *et al.*, 2001).

En el caso particular del manatí (*Trichechus manatus*), fue una colecta oportunista ya que la muestra se tomó directo del ano con guante de látex al momento del manejo realizado por el personal Médico Veterinario.

Los mamíferos muestreados fueron Coatí (*Nasua nasua*), Mapache (*Procyon lotor*), Martucha (*Potos flavus*), Manatí (*Trichechus manatus*), Mono Saraguato (*Alouatta pigra*), Mono Araña (*Ateles geoffroy*), Pecarí de collar (*Pecari tajacu*), Tapir (*Tapirus bairdii*), Venado temazate (*Mazama americana*) y Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*).

#### **Aves**

Para las aves mantenidas en grupos, a saber, guacamayas (*Ara macao* y *A. militaris*), loros (*Amazona xantholora*), tucanes (*Ramphastos sulfuratus* y *Pteroglossus torquatus*) y aviario (varias especies de *Anseriformes*, *Columbiforme*, *Galliforme*, *Gruiforme*, *Paseriforme*, *Pelecaniforme*, *Piciforme* y *Psittaciformes*); y en jaula individual, Zopilote (*Sarcoramphus papa*) y Águila Real (*Aquila chrysaetos*). Se tomó una muestra representativa por jaula por día por tres días consecutivos (Delprá, 2020) y se modificó el método mencionado por Parrish *et al.*, 1994, con el fin de tomar sólo muestras no invasivas, colocando bolsas de plástico limpias en



los dormitorios de las aves, y posteriormente, las heces defecadas se transfirieron a tubos de ensayo de plástico estériles de 10 ml después de una a dos horas de la deposición de las bolsas.

### **Reptiles**

Para los reptiles, se tomaron muestras no invasivas en tortugas marinas, tomando las heces más frescas que flotaban en los estanques donde se contenían. Se muestrearon de estanques de Tortuga Blanca (*Chelonia mydas*) y Tortuga Caguama (*Caretta Caretta*).

De forma oportunista se obtuvieron muestras de una tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) de vida libre que fue rescatada y mantenida en rehabilitación en el hospital de tortugas, la muestra fue tomada del agua con un guante al momento de la defecación. Se tuvo la oportunidad de coleccionar las heces directamente de los intestinos de un cadáver de cocodrilo (*Crocodylus moreletii*) al que se le realizó una necropsia.

En todos los grupos animales (mamíferos, aves y reptiles) muestreados en este estudio, se coleccionaron tres muestras consecutivas (Lyra de Freitas *et al.*, 2001) cuando fue posible. Sin embargo, de acuerdo a algunas características de encierro y de comportamiento animal, en algunos de los muestreos se coleccionaron las muestras en días alternados hasta completar las tres muestras por animal o encierro.

Todas las muestras se conservaron en formol al 5% (Marca Golden Bell) hasta sus análisis coproparasitológicos en el Laboratorio de Parasitología, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

### **Análisis Coproparasitológicos**

Cada muestra se procesó por flotación simple, siguiendo la metodología de Taylor *et al.* (2007), con Nitrato de Sodio con una gravedad específica de 1.8 y analizada por microscopía óptica con microscopio marca Leica modelo DM500 a objetivos 10X y 40X. En caso de ser positiva a parásitos, se realizó la técnica de Mc Master para determinar el número de huevos u ooquistes presente por gramo de heces. Las muestras representativas de los encierros (pools) se procesaron por la técnica de Faust con Sulfato de Zinc siguiendo la metodología de Villalobos *et al.* (2015).

### **Procesamiento de Trematodo de Espátula (*Platalea ajaja*)**

Durante la realización de este estudio, se dio un caso de mortalidad en dos espátulas *Platalea ajaja*, a las cuales se les realizó necropsia para determinar la causa de muerte, encontrando,



entre los diferentes hallazgos, la presencia de abundantes trematodos de cavidad celómica. Cinco trematodos se conservaron en alcohol al 70% (Sepulveda y Kinsella, 2013) realizando su identificación al Departamento de Helmintología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuatro de los parásitos se fijaron por 24 horas en alcohol caliente al 70% (Vogelnest *et al.*, 2008) y posteriormente se blanquearon los parásitos con alcohol, se tiñeron con Paracarmín de Mayer, se quitó el excedente de tinción con alcohol acidulado al 2% con HCl, se transparentó con aceite de clavos, xilol y salicilato de metilo y por último se montó con Bálsamo de Canadá (Liu, 2013). Se analizaron con microscopio marca Leica modelo DM500 a objetivos 10X, 40X y 100X para mediciones y dibujo de los órganos y características.

## Resultados y Discusión

De un total de 213 muestras (86 mamíferos, 37 reptiles y 90 aves) evaluados, la prevalencia general fue de un 5.6% (12/213). Los resultados por grupo taxonómico se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Resultados de las muestras positivas a parásitos del parque Xcaret.**

Clasificación	Nombre Común	Nombre científico	Flotación ZnSO <sub>4</sub> /NaNO <sub>3</sub>	
			Parásito	Mc Master
Mamíferos	Venado temazate	<i>Mazama temama</i>	Strongyloide	<50 hpg/g
	Venado Cola Blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	Coccidias	<50 opg/g
	Pecarí	<i>Pecari tajacu</i>	Coccidias	<50 opg/g
	Manatí	<i>Trichechus manatus</i>	Coccidias	150 opg/g
Aves	Guacamaya Roja	<i>Ara macao</i>	Coccidias	<50 opg/g
	Tucán Pico de Canoa	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Coccidias	50 opg/g
	Águila Real	<i>Aquila chrysaetos</i>	Ascáridos	<50 hpg/g

Hpg: huevos por gramo; opg: ooquistos por gramo.

Las aves como grupo, mostraron la mayor prevalencia (7.7%), seguidos de los mamíferos (4.6%), en el caso de la Tortuga Carey, fue la única muestra positiva tomada de reptiles con Strongylidos y Strongyloides. Los géneros de parásitos encontrados en mayor frecuencia en



mamíferos (3.4%) y en aves (6.6%), fueron coccidias (*Eimeria* spp., *Isospora* spp.). En la tortuga *Carey* (*E. imbricata*) en rehabilitación, se identificó la presencia de nematodos (huevos tipo *Strongylido* y *Trichostrongylidos*).

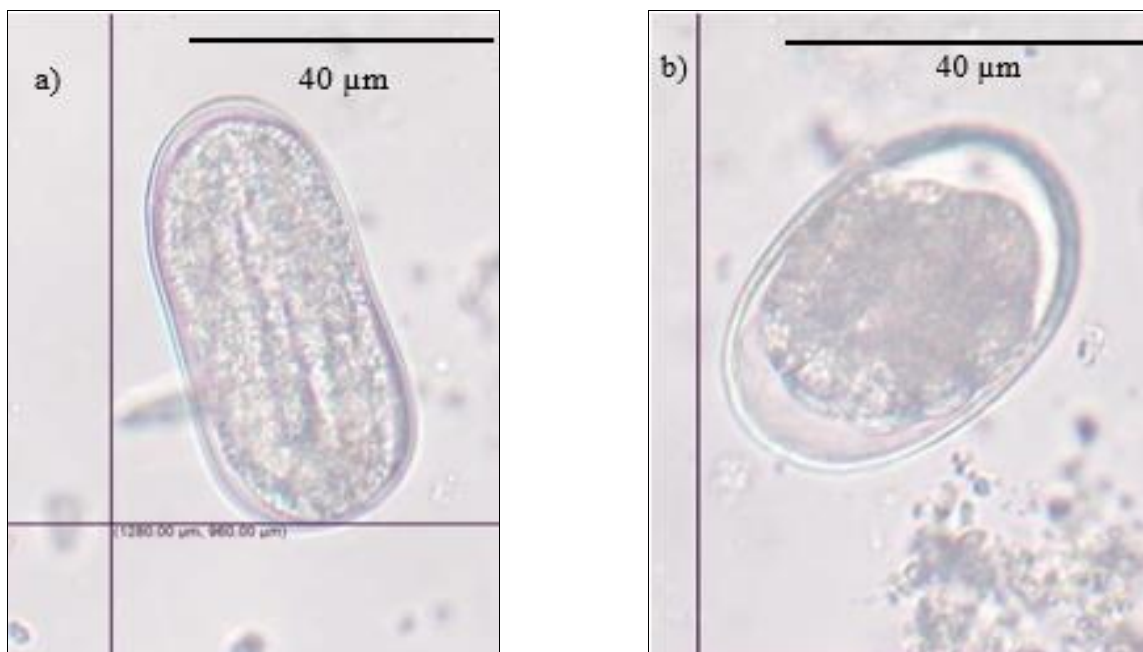
La prevalencia en mamíferos de este estudio (4.6%) fue menor a las prevalencias reportadas en otras investigaciones; Globokar et al., 2017, reporta una prevalencia del 33.4% en 10, 356 muestras de Columbiformes (2235), Psittaciformes (1886), Galliformes (1330), Passeriformes (398), Anseriformes (337), Accipitriformes y Falconiformes (204), Strigiformes (51), Struthioniformes (48), Ciconiiformes (25), Gruiformes (19), Bucerotiformes (17), Sphenisciformes (16), Pelecaniformes (11), Phoenicopteriformes (7), Charadriiformes (3), Musophagiformes (2), Apodiformes (2), Cuculiformes (1), Coraciiformes (1), Piciformes (1) Otro (3762) en animales de cautiverio de diferentes procedencias, también se reporta un 39.4% de prevalencia total y 3.9% de coccidias en 104 muestras de 29 animales: *R. toco* (4), *R. tucannus* (4), *R. vitellinus* (2), *R. dicolorus* (5), *P. aracari* (4), *P. bailloni* (1) and *S. maculirostris* (9), de la Fundación Zoológico de São Paulo, Brasil (Fernandes Chagas et al., 2017), así como 58% de prevalencia y 7.2% de coccidias en un total de 88 aves Psitácidas: géneros *Ara*, *Pionites*, *Amazona*, *Deroptyus* y *Pionus* de la Fundación Zoológica de Cali, Valle del Cauca- Colombia (Santacruz Burbano et al., 2003) y 46,7% de prevalencia total y 7.2% en coccidias de 685 aves: Cracidae (275), Paittacidae, 82 Columbidae (172), Phasianidae (54), Musophagidae (33), Tinamidae (17), Ramphastidae (14), Strigidae (8), Phoenicopteridae (7), Ardeidae (5), Anatidae (2), Cariamidae (2), Ciconiidae (2), Gruidae (2), Icteridae (2) y Cotingidae (1) en cautiverio procedentes del Criatório Científico e Cultural Chaparral y Parque Dois Irmaos, Ciudad Recife, Pernambuco, Brazil (Lyra de Freitas et al., 2002).

En mamíferos se encontraron protozoarios de tipo coccidias, probablemente *Eimerias* spp., en Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*), Manatí (*Trichechus Manatus*) y Pecarí de collar (*Pecari tajacu*), estos parásitos ya han sido descritos en estas especies en cautiverio y vida libre. Se ha reportado que en venados y en rumiantes domésticos, el género *Eimeria* ocasiona retraso en el crecimiento, debilidad, anemia, disminución de la resistencia a otros padecimientos y reducción del apetito y se menciona que puede representar un serio problema para animales confinados en zoológicos y criaderos (Montes et al., 1998), la patogenicidad de *Eimeria* en Manatíes (*Trichechus Manatus*) depende de la especie, la edad del hospedero, la localización y el estadio del parásito, sin embargo los resultados clínicos son parecidos a las



coccidiosis en rumiantes (Vélez *et al.*, 2018), existe poca información sobre los parásitos gastrointestinales que afectan al pecarí de collar, se reconoce que en porcinos causan anorexia, reducción en la ingestión de alimentos, pérdidas de sangre y proteínas plasmáticas en el tracto gastrointestinal, alteraciones en el metabolismo proteico, reducción de minerales, depresión en la actividad de algunas enzimas intestinales y diarrea (Mukul *et al.*, 2014).

En la una tortuga Carey de vida libre (*E. imbricata*) en rehabilitación, se identificaron huevos tipo Strongyloide y tipo Strongylido (Figura 2), de los cuales no existen reportes previos en la literatura en esta especie de tortuga.



**Figura 2. Huevos de parásitos de Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). (a) Huevo tipo Strongyloide 40x (61x28  $\mu\text{m}$ ), (b) Huevo tipo Strongylido, Tortuga Carey, 40x (45x31  $\mu\text{m}$ ).**

En aves se identificaron Coccidias en Tucanes (*Eimeria sp.*) y en las tres muestras observadas del aviario (*Eimeria sp.*); así como *Isosporas sp.* en paserines y en un águila real (*Aquila chrysaetos*), Ascáridos (Figura 3). Hofstatter y Aparecida (2015) reportaron ooquistes de *Eimeria forresteri* en Tucanes (*Ramphastos Toco*) en cautiverio en Brasil. El-Dakhly *et al.* (2012), reportaron *Porrocaecum sp.* en un águila real de Japón durante una necropsia. Por el contrario, no hay reportes sobre algún ascárido en águila real en México.



Figura 3. Ascárido larvado de Águila real (*Aquila chrysaetos*) 40x, 72x78 μm.

En el caso de las Espátulas Rosadas (*P. ajaja*), en base a las características morfológicas encontradas, los trematodos se identificaron como *Cotylotretus grandis* (Figura 4).

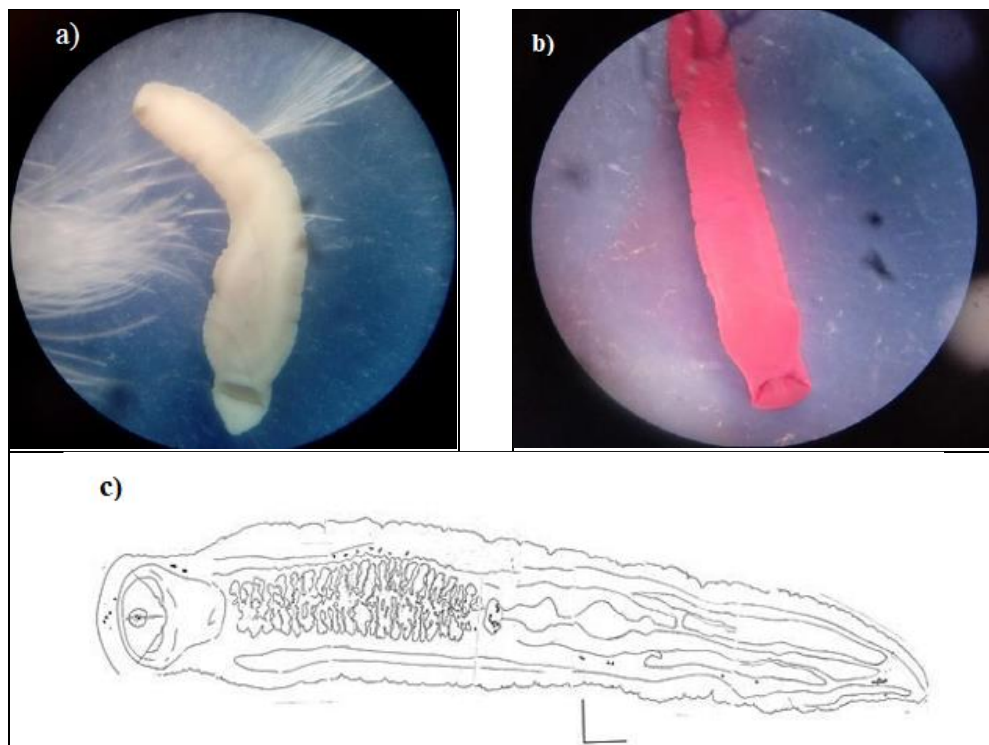


Figura 4. *Cotylotretus grandis* de *Platalea ajaja*. (a) Trematodo en alcohol al 70%, (b) Trematodo teñido y (c) dibujo de *Cotylotretus grandis* con escala de 1 mm.



Barrera y Guillén (2008), reportaron este parásito en una necropsia de *Platalea ajaja*, que fueron encontradas en el tubo digestivo, recolectadas en la ciénaga de Chuburná, al norte de la península de Yucatán. Sin embargo, no existe reporte de la identificación de estos parásitos en cavidad celiomica, lo cual indica una migración accidental de causa desconocida.

No existe información a la fecha sobre el efecto en la salud de *P. ajaja* por el trematodo, sin embargo, los parásitos erráticos que migran a otros órganos pudieran ser más patogénicos respecto a los que habitan en su órgano natural o causar complicaciones clínicas (Álvarez-Solís *et al.*, 2012).

Los animales con mayor carga y prevalencia coincidieron con los animales que habían sido rescatados y no desparasitados, aquellos que estaban en cuarentena o en el caso de las aves que se encuentran limitadas al vuelo por cercas y mallas, en las cuales puede haber contacto con fauna silvestre (Carrera *et al.*, 2018). Sin embargo, los programas de Medicina preventiva llevada a cabo por el Área de Medicina Veterinaria, pueden explicar el bajo nivel de carga y prevalencia parasitaria encontrados en este estudio (Globokar *et al.*, 2017; Miñana *et al.*, 2018; Ortiz *et al.*, 2018), de acuerdo a las especificaciones de las normas NMX-AA-165-SCFI-2014, NOM-059-SEMARNAT-2010, sobre conservación, salud, manejo, cuidado y bienestar animal. Aunque los parásitos encontrados en el presente estudio han sido descritos anteriormente en la literatura tanto en mamíferos y aves, en México no hay reportes a la fecha de *Strongylidos* en Tortugas Carey, ni de Ascáridos en Águilas Reales, lo cual remarca la importancia y necesidad de continuar con estudios parasitológicos en animales de fauna silvestre bajo cuidado humano.

## Conclusiones

Las prevalencias encontradas de parásitos gastrointestinales son bajas en la fauna silvestre del Parque Xcaret, debido probablemente a los protocolos de Medicina Preventiva aplicados, así como al aislamiento con el ambiente y especies silvestres. Los parásitos encontrados son de ciclo directo, evidenciando la ausencia de hospedadores intermediarios o vectores biológicos, por lo que es importante las medidas profilácticas en las instalaciones del Parque Xcaret para evitar infección o reinfección fecal oral. La riqueza encontrada de las especies



parasitarias coincide con lo descrito en la literatura para las especies incluidas en el presente estudio. Se destaca la identificación de ascáridos (descrita en águila real) y huevos tipo Strongylido y Strongyloide en la tortuga Carey, las cuales no hay reportes en organismos silvestres resguardados o cautivos a la fecha en México.

### **Agradecimientos**

Se agradece al personal del Parque Xcaret, Rodolfo Raigoza Figueras, MVZ Ana Cecilia Negrete Philippe, MVZ Imelda Martínez Valladares y todo el personal médico veterinario que apoyó el proyecto. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por apoyo de infraestructura, así como a la Universidad Nacional Autónoma de México y el Maestro David Osorio Sarabia por prestar su ayuda en la identificación de los trematodos.

### **Literatura Citada**

- Álvarez-Solis R.M., M. Vargas-Vallejo, G. Orozco-Barrientos, A. Quero-Hernández, G. García-Hernández, y D. Bulnes-Mendizábal. 2012. Migración errática de *Áscaris lumbricoides* a escroto. *Bol Med. Hosp. Infant.* 69(6):481-486.
- Barrera A.O. y S. Guillén 2008. Helmintos intestinales en aves Ciconiiformes de la ciénaga de Chuburná, Yucatán, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 79:525-52.
- Carrera PD, E.R. Morgan, M. Barrows and T. Wronski. 2018. Gastrointestinal parasites in captive and free-ranging birds and potential cross-transmission in a zoo environment. *J Zoo Wildl Med.* 49(1):116-128.
- Delprá Cachulo, J.M., 2020. Determinación de la presencia de parásitos intestinales en mamíferos de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de los Parques Tangamanga I y II en San Luis Potosí, SLP. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP. 81 p.





- El-Dakhly K., E. El-Nahass, A. Sudo, T. Uchida, M. Kakogawa, A. Hirata, *et al.* 2012. Helminth fauna of a Japanese Golden Eagle, *Aquila chrysaetos japonica*, *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 43(4):966-970.
- Fernandes Chagas C.R., Lima Gonzalez I.H., Borges Salgado P.A., Grosse Rossi Ontivero C.R. and Locosque Ramos P., 2017. Occurrence of endoparasites in Ramphastidae (Aves: Piciformes) in São Paulo Zoo. *Helminthologia*, 54 (1): 81 – 86.
- García L., D. Osorio, M.R. Lamothe. 2014. Biodiversidad de Nematoda parásitos de vertebrados en México. *Rev. Mex. Biodivers. Supl.* 85: 171-176.
- Globokar M., D. Fischer and N. Pantchev. 2017 Occurrence of endoparasites in captive birds between 2005 to 2011 as determined by faecal flotation and review of literature. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*.
- Grupo Xcaret, 2019. Memoria de Sostenibilidad 2019. El Planeta. Patrimonio Natural. Playa del Carmen, Quintana Roo. 48 – 62 p.
- Hofstatter P.G. and A.M. Aparecida. 2015. Parasitological survey on birds at some selected Brazilian zoos. *Rev Bras Parasitol Vet.* 24(1):87-91.
- Iruegas D., 2016. Naturaleza en Xcaret. Observa de Cerca la Fauna de Quintana Roo. Blog Xcaret. <https://blog.xcaret.com/es/recorrido-sugerido-para-los-amantes-de-los-animales/>
- Kirkwood J.K., 1996. Special challenges of maintaining wildlife in captivity in Europe and Asia. *Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.* 15 (1): 309-321.
- Lamothe M.R., L. García, D. Osorio, G. Pérez. 1997. Catálogo de la colección nacional de helmintos. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México
- Liu D., 2013. Introductory Remarks p. 1-12. *In: CRC Press (ed.). Molecular Detection of Human Parasitic Pathogens.* ed. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida, EE.UU.
- Lyra de Freitas M.F., Bianque de Oliveira J., De Brito Cavalcanti M.D., Soares Leite A., Santiago Magalhaes V., Alves de Oliveira R. y Evencio Sobrino A., 2002. Parásitos gastrointestinales de aves silvestres en cautiverio en el estado de Pernambuco, Brasil. *Parasitol. latinoam.* 57 (1-2): 50-54.
- Lyra de Freitas M.F., J. Bianque de Oliveira, M.D. de Brito, R. Oliveira y A. Evencio. 2001. Perfil coproparasitológico de mamíferos silvestres en cautiverio en el estado de Pernambuco, Brasil, *Parasitología.* 25(3-4):121-125.
- Mino D., E. Romero, O.E. Ramírez y A. Aguilar. 2016. Determinación de parásitos gastrointestinales en carnívoros en el centro de México. *Acta Zool. Mex.* 32(2):210-212.



- Miñana O. y F. Ponce. 2018. Prevalencia de parásitos intestinales en tortugas terrestres en cautividad y análisis de factores de riesgo. *Clin. Vet. Peq. Anim.* 38(2):79-90.
- Mohammad, K.N., M.M. Badru, N. Mohamad and A.H. Zainal. 2013. Protozoan parasites of four species of wild anurans from a local zoo in Malaysia, *Tropical Biomedicin.* 30(4):615.
- Montes, R.C., R.I. Rodríguez, J.F.J. Torres y L.G. Pech., 1998. Seguimiento anual de la parasitosis gastrointestinal de venados cola blanca *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en cautiverio en Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 46(3):821-827.
- Mukul J.M., M.R. Zapata, R.C. Montes, R.I. Rodríguez and J.F. Torres. 2014. Parásitos gastrointestinales y ectoparásitos de ungulados silvestres en condiciones de vida libre y cautiverio en el trópico mexicano, *Rev Mex Cienc Pecu.* 5(4):459-469.
- Olive, A., and K. Jansen. 2017. The role of accredited zoos in the recovery process for species at risk in Canada, *The Canadian Geographer.* 61(3):319.
- Ortiz M.C., M.O. Pulido y D.J. García, 2018. Identificación de parásitos gastrointestinales en mamíferos del zoológico de Guatika (Tibasosa, Colombia), *Pensamiento y Acción.* 26:31-44.
- Parrish J.D., M.L. Whitman and S.B. Comings. 1994. A Facilitated Method for Collection of Fecal Samples from Mist-netted Birds, *North American Bird Bander.* 19 (2): 29-51.
- Rosado, J.A., R.I. Rodríguez, D.G. Castillo, O. Mora, W. Cabrera, G.J. Flota *et al.* 2016. Nematodiasis con potencial zoonótico de felinos y cánidos silvestres en condiciones de cautiverio en el sureste de México. *Quehacer Científico en Chiapas,* 11(2):76-80.
- Taylor M.A., R.L. Coop and R.L. Wall. 2007. The laboratory diagnosis of parasitism. p. 798-800. 3a ed. Blackwell Publishing. *Veterinary Parasitology.* Ames, Iowa, USA.
- Santacruz Burbano P., Orjuela Acosta D. y Benavides Montaña J., Martines K. 2003. Parásitos gastrointestinales en las aves de la familia Psittacidae en la Fundación Zoológica de Cali (Cali, Valle del Cauca, Colombia). *Medicina Veterinaria.* 20 (6): 67-72.
- Sepulveda, M.S., and Kinsella, J.M. Helminth Collection and Identification from Wildlife. *J. Vis. Exp.* (82)
- Schultz D.J., I.J. Hough y W. Boardman. 1996. Special challenges of maintaining wild animals in captivity in Australia and New Zealand: prevention of infectious and parasitic diseases. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 15 (1): 289-308.
- Solórzano B. and G.P. Ponce de León. 2017. Helminth parasites of howler and spider monkeys in Mexico: Insights into molecular diagnostic methods and their importance for zoonotic diseases and host conservation. *International Journal for Parasitology: Parasites Wildl.* 6:76-84.



- Spratt, D., I. Beveridge, L. Skerratt, and S. Richard 2008 *Appendix 2: guide to the identification of common parasites of Australian mammals*. In: Vogelnest, Larry, and Woods, Rupert, (eds.) *Medicine of Australian Mammals*. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia, pp. 639-658.
- Vélez J., J. Hirzmann, M.K. Lange, J.J. Chaparro, A. Taubert and C. Hermosilla. 2018. Occurrence of endoparasites in wild Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Colombia. *Parasites Wildl.* 7:54-57.
- Villalobos D., M.A. López y J.L. Frutos. 2015. Estudio comparativo de tres métodos coproparasitoscópicos en el diagnóstico de parasitosis intestinales. *Rev Sanid Milit Mex.* 69:330-335.



# HIDROLOGÍA DINÁMICA Y SU RELACIÓN CON EL MANGLAR ARROYO MORENO, VERACRUZ

*Claudio Hoyos Reyes<sup>1\*</sup> y Luz Amelia Sánchez Landero<sup>2</sup>*

## Resumen

El caudal de un río perenne proporciona bienes y servicios a la sociedad, principalmente abastecimiento de agua, pero también garantiza la conservación de los diversos ecosistemas riparios, lótico y béntico. En la parte baja de la cuenca del río Jamapa-Cotaxtla se sitúa el manglar Arroyo Moreno colindante con la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, el cual presenta una complejidad en la dinámica de su hidrología. Para este trabajo se realizó un análisis de la escorrentía con ayuda de las cartas de uso del suelo y vegetación, edafología, datos de precipitación y niveles del río (caudal) generados por tormentas o eventos de precipitación dentro de un periodo de 2005 al 2014; para modelar de manera numérica el volumen de agua. Se utilizó una combinación de un sistema de modelo hidrológico y los sistemas de información geográfica. Se examinó su aplicabilidad, capacidad e idoneidad para la predicción y/o diagnóstico de avenidas en cuencas hidrográficas. El modelo fue evaluado y verificado utilizando datos observados de dos estaciones hidrométricas (Paso del Toro y El Tejar) y 17 estaciones climatológicas, de las cuales se identificaron cinco eventos de precipitación para la escorrentía de la estación El Tejar y siete eventos para la estación Paso del Toro. Posteriormente se utilizó el método de Tennant para la estimación cuantitativa del volumen de agua mínima y un volumen óptimo que le aportan al ecosistema de manglar Arroyo Moreno. Los resultados se valoraron mediante el coeficiente de determinación, siendo este de 99.82% para la estación El Tejar la cual se localiza en la parte baja del río Jamapa y 92.04% para la estación hidrométrica Paso del Toro localizada en la zona baja del río Cotaxtla-Jamapa. Otro resultado de la modelación numérica hidrológica indicó que es adecuado para simulaciones en la cuenca del río Jamapa. Se encontró que mediante un volumen de agua

<sup>1</sup> Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana. \*choyos@uv.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana.



mínimo que dejó a su paso la escorrentía, el manglar mantiene condiciones estables para sus funciones.

**Palabras clave:** Escorrentía, sistema de modelado hidrológico, método de Tennant, caudal ecológico

## Introducción

La escorrentía superficial en una cuenca ayuda a la supervivencia de los ecosistemas, uno de estos factores que contribuyen a dicho proceso es el arrastre de sedimentos. Dado que se pueden establecer relaciones tales como: el volumen de agua por escorrentía y el efecto que tiene en las funciones del ecosistema de manglar (Gilman *et al.*, 2008; Eslami-Andargoli *et al.*, 2009; Manoj *et al.*, 2017). Los humedales como los manglares están íntimamente relacionados a las cuencas de las que reciben escurrimientos de agua, sólidos suspendidos y nutrientes (Junk, 2002). La dinámica hidrológica de la cuenca es un factor primordial para los humedales, diferencias en magnitud, frecuencia y duración de la escorrentía los cuales generan respuestas dentro del humedal (Ahumada, 2011). A pesar de que la escorrentía de una cuenca está estrechamente relacionada con los humedales existen pocos estudios que señalen una relación existente de la escorrentía, sobre todo en la cantidad de agua mínima u óptima, y el funcionamiento de estos ecosistemas.

La diversidad estructural y la composición florística que caracterizan a los manglares, se encuentran relacionados con la variedad de condiciones topográficas, hidrológicas y geomorfológicas (Cruz y Pérez, 2017). Por su parte, Calderón *et al.*, (2014) mencionaron que la precipitación es el principal aporte de agua dulce a los manglares, y es esencial para que brinden los beneficios ecológicos y económicos que ellos otorgan, como protección contra inundaciones, hábitat para numerosas especies y atracción turística. Mientras que, López y Ezcurra (2002) sugieren que un manglar, depende de la geomorfología, el substrato, la salinidad, la inundación por escorrentía y relieve del lugar. Por otro lado, existen Sistemas de Modelos Hidrológicos que permiten la simulación de la escorrentía en una cuenca para conocer el máximo de una tormenta con anticipación. El modelo semi-distribuido Hydrologic



Engineering Center-Hydrologic Model System (HEC-HMS) simula el proceso lluvia-escorrentía en una cuenca hidrológica (Feldman, 2000). HEC-HMS fue diseñado para simular los procesos de lluvia-escorrentía de sistemas de cuencas dendríticas, en un amplio rango de zonas geográficas, con el fin de resolver la mayor gama posible de problemas. Esto incluye el abastecimiento de agua en cuencas de ríos grandes y la hidrología de inundación, así como el escurrimiento en cuencas naturales y urbanas. El hidrograma generado por el modelo numérico es usado directa o conjuntamente con otro software para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de avenidas, impacto de la urbanización futura, diseño de vertedores de presas, reducción del daño por inundación, regulación de la planicie de inundación y operación de sistemas.

También existen métodos para determinar la cantidad de agua que debe existir en un caudal de un río para no afectar los servicios ecológicos que brinda a los ecosistemas que dependen de este (Castro *et al.*, 2006), uno de estos, es el método de Tennant (1976) el cual es ampliamente usado en la planeación a nivel de cuencas hidrográficas (Acreman y Dunbar, 2004). Para utilizar este método se realizaron calibraciones que consistieron en estudios de campo de 11 ríos de tres estados de la Unión Americana de 1964 a 1974; así como los análisis físicos, químicos, biológicos y pesquerías (en aguas frías y calientes) de 38 diferentes ríos en 58 secciones transversales ubicadas a lo largo de 315 kilómetros de corriente.

Los resultados indicaron que las condiciones del hábitat acuático son semejantes en la mayoría de los ríos en los que circula una porción similar del caudal fluvial medio (García *et al.*, 1999; Tennant, 1976). Se ha empleado en 25 países (Moore, 2004; Pyrce, 2004), pero no ha sido usado para eventos de precipitación-escorrentía. Por lo anterior, el objetivo en este trabajo fue estimar el volumen de agua generado por eventos de precipitación (tormentas aisladas) dentro de la cuenca Jamapa-Cotaxtla y posteriormente asociarle un grado de funcionalidad que brinda al ecosistema manglar, así como aplicar el modelo HEC-HMS, para comparar los datos obtenidos versus los observados en Arroyo Moreno de acuerdo al volumen de agua por escorrentía, dado que es de particular interés para los pobladores de este ecosistema, quienes obtienen en bienes y servicios de él, además de que este sitio desde el año 1999 es considerado como un Área Natural Protegida Estatal con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica.



## Materiales y Métodos

### Zona de estudio

La cuenca del río Jamapa se encuentra ubicada entre las coordenadas  $18^{\circ} 45'$  y  $19^{\circ} 14'$  latitud norte, y entre  $95^{\circ} 56'$  y  $97^{\circ} 17'$  longitud oeste. Tiene un área aproximada de  $3,912 \text{ km}^2$ , distribuida totalmente dentro del estado de Veracruz (Pereyra *et al.*, 2010); para este estudio se consideraron 17 estaciones climatológicas y dos hidrométricas (Figura 1).

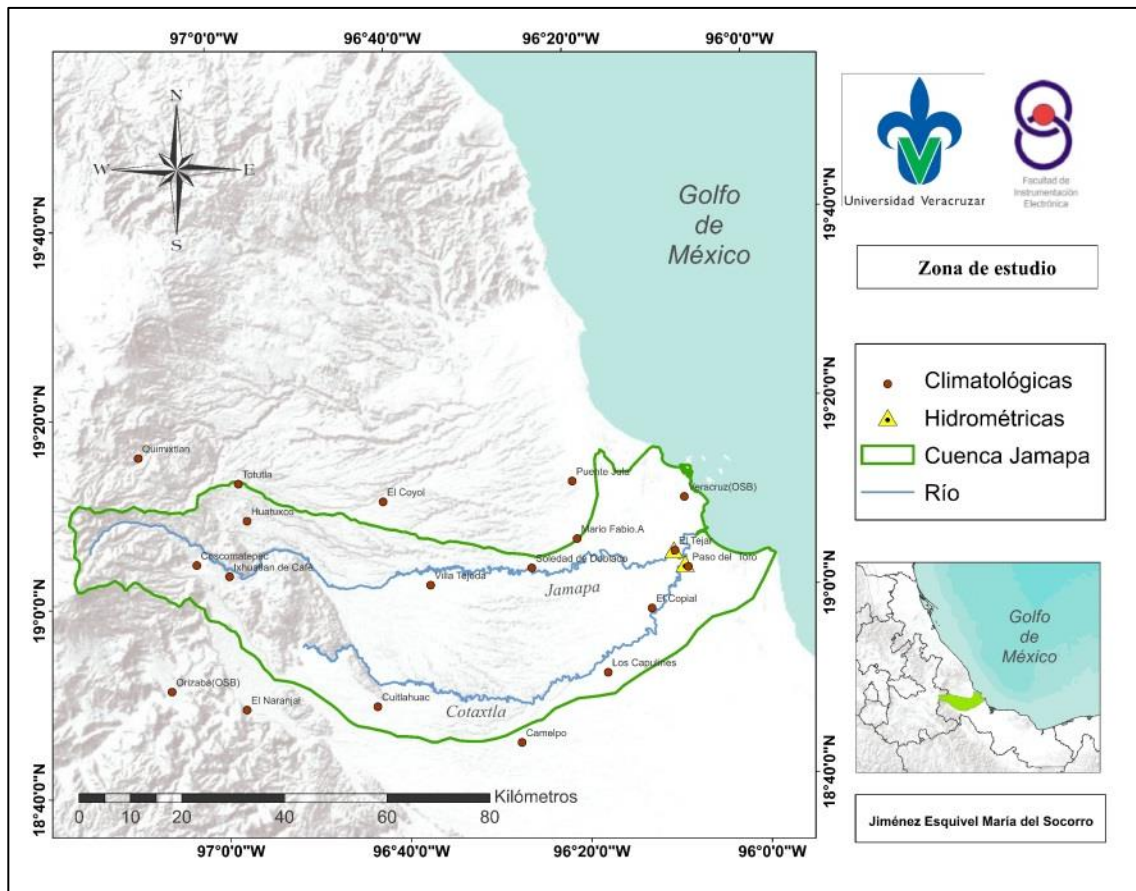


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Jamapa.

### Información disponible

La cuenca del río Jamapa está monitoreada por dos estaciones hidrométricas (Paso del Toro y El Tejar), se encuentran en el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)



de la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2020). Los datos de precipitación se obtuvieron de CLICOM (CLImate COMputing Project, 2017). Se trabajó con la precipitación promedio diaria, para ello se utilizó la técnica de polígonos de Thiessen (1911). Los eventos de tormenta se determinaron mediante un gráfico de esorrentía diaria de cada estación hidrométrica.

### **Dinámica Hidrológica**

El río Jamapa lo forman dos corrientes importantes, que en su confluencia se conocen con los nombres de río Jamapa y Cotaxtla. El río Cotaxtla nace a una elevación de 5,700 msnm en una zona limítrofe de los estados de Puebla y Veracruz. Mientras que para el río Jamapa nace con el nombre de Barranca de Coscomatepec en el límite de los estados de Puebla y Veracruz a 4,700 msnm. El río Jamapa fluye con rumbo hacia el norte y se desvía hacia el oriente donde fluye por el margen izquierdo el río Moreno, a lo largo de cuyo río se encuentra el manglar Arroyo Moreno y al margen derecho la Laguna Mandinga Grande; finalmente desemboca en el Golfo de México en la población de Boca del Río, Veracruz (Pereyra *et al.*, 2010). El monitoreo realizado por la Conagua, en la parte baja de estos ríos, al que le pertenecen las estaciones hidrométricas, y sobre el río Jamapa las estaciones hidrométricas llamadas El Tejar y sobre el río Cotaxtla Paso del Toro. Toda la información hidrométrica que fue procesada en esta cuenca procede del sistema Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS; Conagua, 2020).

### **Ecosistema manglar**

El ecosistema manglar Arroyo Moreno ubicado entre los 19° 06' 86" y 19° 07' 32" latitud norte y entre los 96° 09' 46" y 96° 06' 53" oeste, tiene límites al municipio de Boca del Río, y una porción menor al municipio de Medellín de Bravo. Colinda al norte con las colonias Miguel Alemán, Plan de Ayala y Ugocep, al este con el fraccionamiento La Joya, Colonia El Morro, Graciano Sánchez y al sur con el Fraccionamiento La Tampiquera (Figura 2).

A pesar de que el manglar Arroyo Moreno es una Área Natural Protegida Estatal, presenta problemas ambientales como: arena de dragado, arena biológica, terraplén (la cual se define como dos caminos que cortan el bosque de manglar), asentamientos irregulares, estación de camiones, veredas, fraccionamientos, el canal Bicentenario, zona urbana y zona rural, cambio de uso de suelo (pastizal) y el basurero municipal (Méndez, 2013).



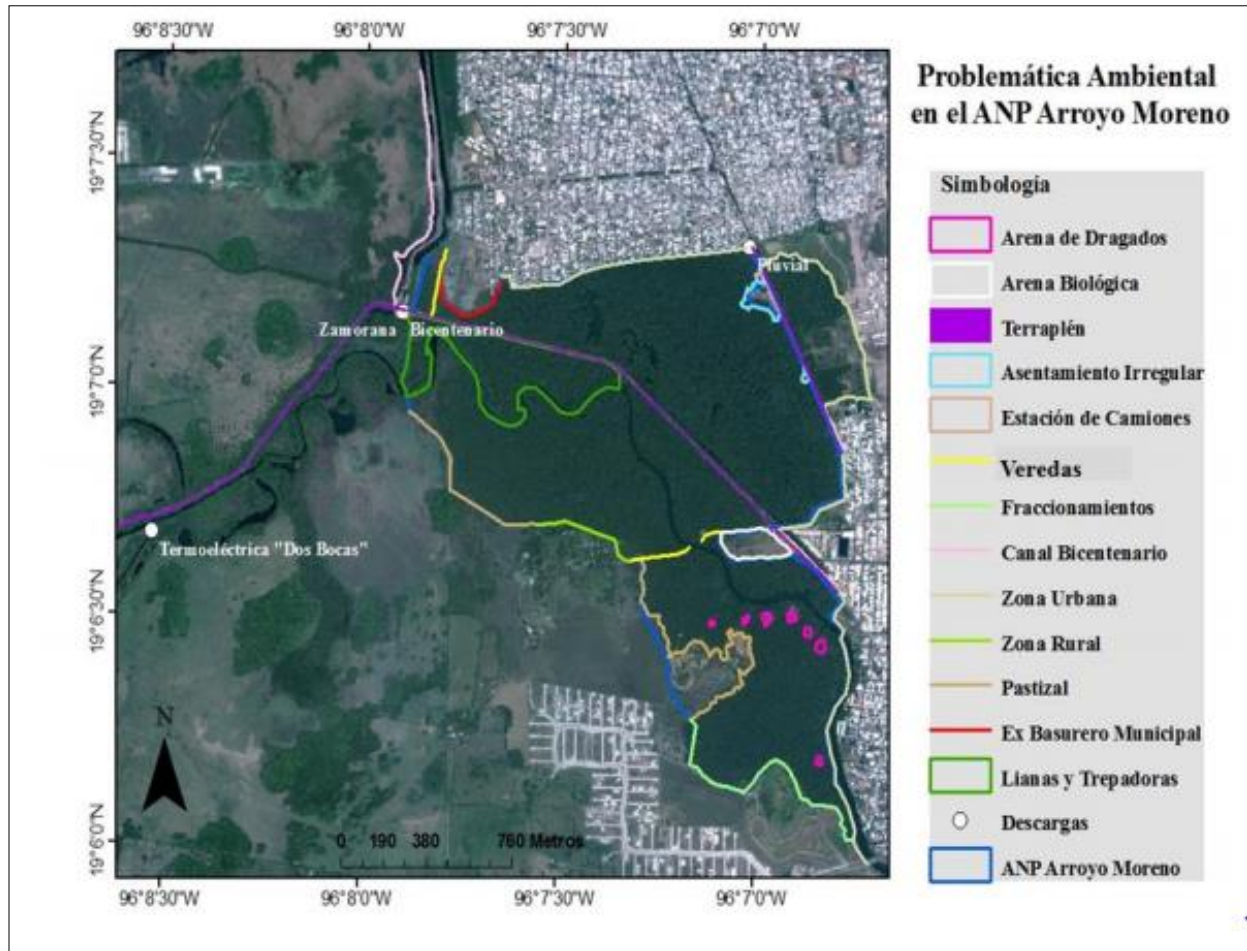


Figura 2. Manglar Arroyo Moreno. Fuente: Méndez, 2013.

### Modelo Numérico

El Sistema de Modelado Hidrológico utilizado en este trabajo fue el Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) del Centro de Ingeniería Hidrológica de la Armada de Estados Unidos, el cual es un modelo numérico que relaciona los procesos lluvia con la escorrentía (Feldman, 2000; Scharffenberg, 2016). De acuerdo con el manual del usuario elaborado por Scharffenberg (2016), se aplicó el modelo HEC-HMS para simular la escorrentía en exceso de los eventos de precipitación, es decir, tormentas aisladas. Con los datos de simulación se evaluó el modelo HEC-HMS con 12 tormentas aisladas. Este modelo numérico fue pasado a un programa computacional como sistema de modelado generalizado capaz de representar cuencas con diferentes características. Para implementar el modelo HEC-HMS se realizaron los siguientes pasos: 1) Datos de entrada 2) Modelo de la cuenca, 3) Modelo meteorológico y



4) Especificaciones de control, además se consideraron todos los parámetros físicos de la cuenca como las conexiones y parámetros de escurrimiento. El modelo meteorológico incluye la precipitación, en las especificaciones de control, se detalló el periodo de ejecución y salida de los datos estimados, en datos de entrada de la base de datos, los eventos de precipitación y/o escurrimiento del periodo 2005 al 2014 otorgada por BANDAS (Conagua, 2020) sin embargo, es relevante destacar que la base de datos de la estación El Tejar mantiene faltante de datos: junio a julio de 2010 y mayo 2012 a diciembre de 2014.

### **Descripción de la técnica de Tennat**

Para encontrar una relación entre el caudal y la funcionalidad de un ecosistema, se utilizó Tennant (1976) conocido como Método de Montana fue desarrollado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EUA (US Fish and Wild Life Service, USFWS, 1976), es uno de los métodos más usados mundialmente (Wesche y Rechard, 1980; Orth, 1981; Pyrcce, 2004; PHI-UNESCO, 2017). Para ello, García *et al.*, (2010) propusieron, expresar los caudales como: porcentajes del caudal medio anual relacionados con grados de conservación, la relación con el volumen de escurrimiento directa y el grado de funcionalidad. Para esta metodología se tomaron como base los criterios de los trabajos de ambos autores, y se aplicó para del ecosistema manglar Arroyo Moreno, estos criterios fueron los siguientes:

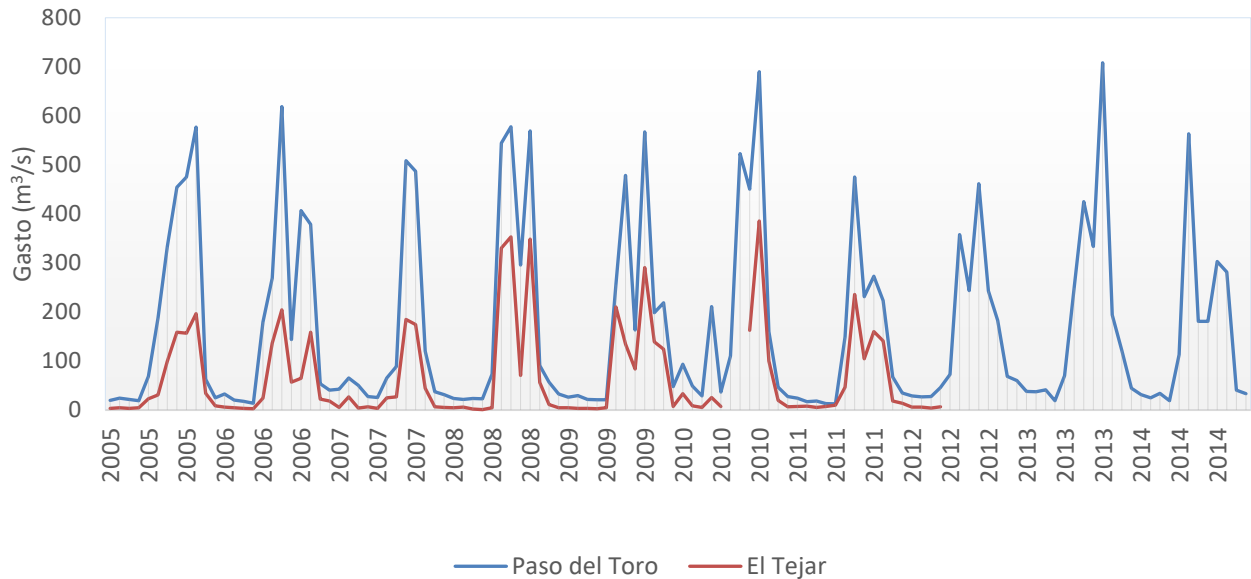
- I. Aceptable o en degradación. Cuando el 10% del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat y permite la sobrevivencia a corto plazo de la mayoría de la vida acuática.
- II. Excepcional o sobresaliente. Cuando el 60% del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes para la mayoría de las formas de vida acuática.

### **Resultados y Discusión**

Con los datos de precipitación de las estaciones hidrométricas y con el modelo HEC-HMS se calculó la escurrimiento superficial de los periodos 2005 al 2014, determinándose el gasto máximo anual de 136.40 m<sup>3</sup>/s para la estación El Tejar y 79.33 m<sup>3</sup>/s para Paso del Toro, con estos cálculos se consideró un evento de precipitación, como aquellos que generaron datos



igual o mayor a estos valores que son los máximos anuales por estación hidrométrica (Figura 3).



**Figura 3. Registros de escorrentía superficial de las estaciones hidrométricas Paso del Toro 2005- hasta que mes del año 2012 y El Tejar periodo 2005 – abril 2012.**

Con la información geográfica, climatológica e hidrológica obtenida y con el modelo numérico expuesto, se realizó la evaluación de la escorrentía de los ríos Jamapa-Cotaxtla con un registro de siete eventos de precipitación (Figura 4 - 6), debido a los gastos máximos de escorrentía en el sitio, estos fueron los números de eventos que se depuraron.

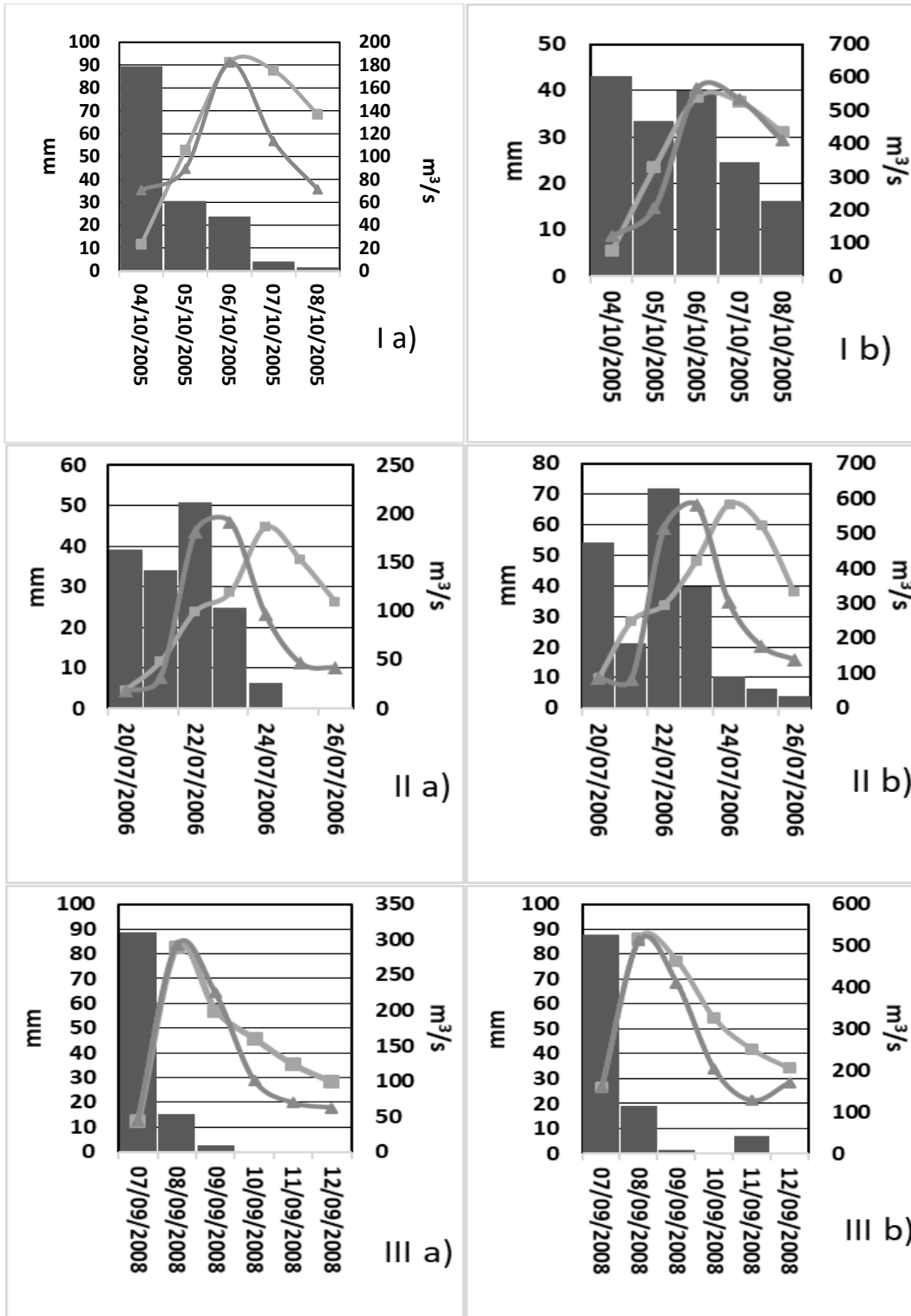


Figura 4. Precipitación promedio, dato observado de escorrentía —■— simulado de escorrentía —▲— estación hidrométrica El Tejar a) Estación hidrométrica Paso del Toro b). I.- Tormenta registrada del 4 al 8 de octubre de 2005; II.- Del 20 al 26 de julio de 2006 y III.- Del 7 al 12 de septiembre de 2008.

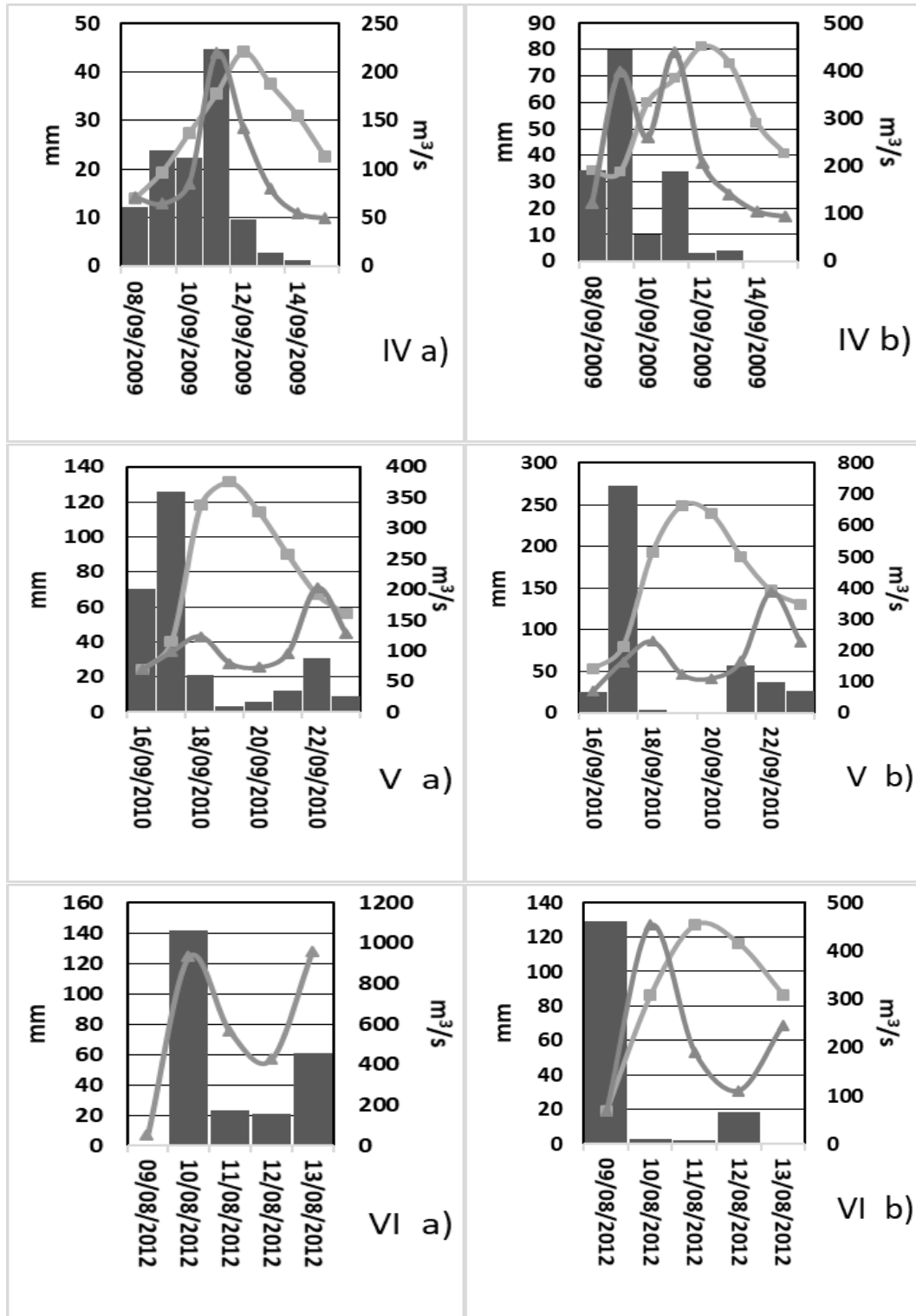
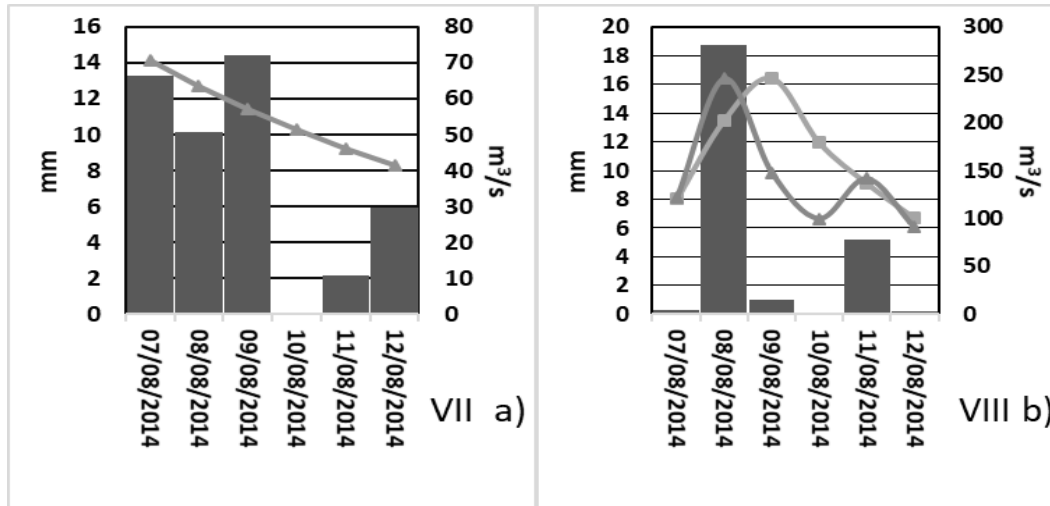


Figura 5. Precipitación promedio, dato observado de escorrentía —■— simulado de escorrentía —▲— estación hidrométrica El Tejar a) Estación hidrométrica Paso del Toro b). IV.- Tormenta registrada del 8 al 14 de septiembre de 2009; V.- Del 16 al 22 de septiembre de 2010 y VI. - Del 9 al 13 de agosto de 2012.



**Figura 6. Precipitación promedio, dato observado de escurrentía —■— simulado de escurrentía —▲— estación hidrométrica El Tejar a) Estación hidrométrica Paso del Toro b). VII.- Tormenta registrada del 7 al 12 de agosto de 2014.**

Se encontró que con el modelo aplicado brinda la posibilidad de realizar predicciones de los gastos máximos a producirse; la tabla 1 muestra los eventos de precipitación registrados y los simulados por el HEC-HMS.

**Tabla 1. Gastos máximos y observados de los siete eventos de precipitación.**

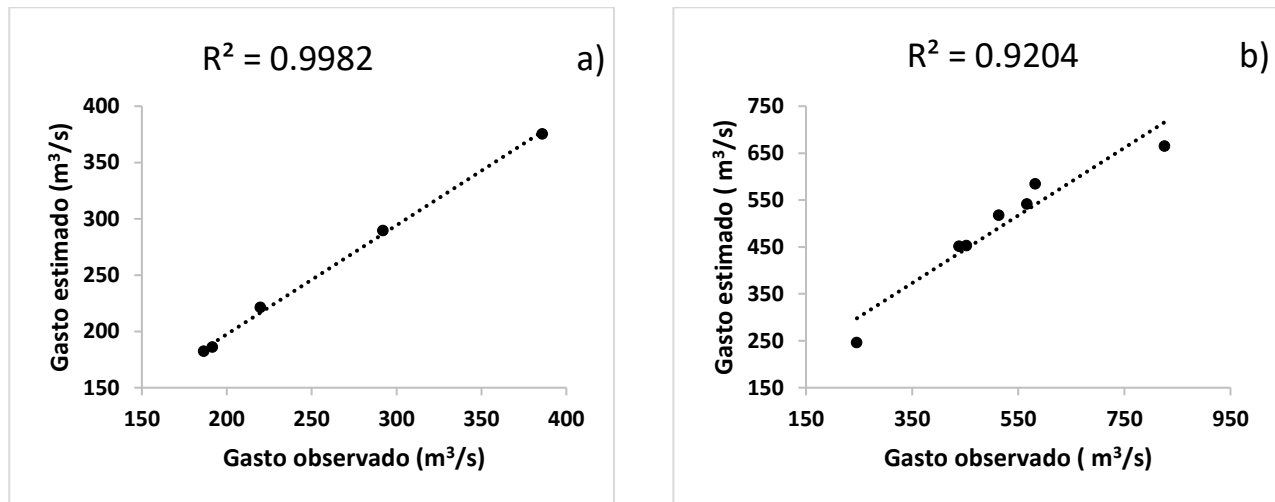
Eventos de precipitación	Estación Hidrométrica			
	El Tejar		Paso del Toro	
	Gasto HEC (m³/s)	Gasto OSB (m³/s)	Gasto HEC (m³/s)	Gasto OSB (m³/s)
4-8 oct. 2005	186.5	182.3	566.8	541.46
20-26 jul. 2006	191.5	185.99	582.1	584.08
7-12 sep. 2008	291.9	289.3	513.6	517.64
8-14 sep. 2009	219.8	221.2	439	451.37
16-22 sep. 2010	385.9	375.26	825.8	664.41
9-13 ago. 2012	*	*	452.9	452.77
7-12 ago. 2014	*	*	245.9	246.20

\*= no cumplió con el requisito del proceso lluvia escurrentía por ausencia de datos.

Como se puede observar los valores son muy parecidos, por lo que para determinar la eficiencia del modelo numérico se calculó el coeficiente de determinación a partir de los



eventos gasto pico registrados. En la figura 7 presenta la relación entre los datos observados versus estimados, a) Indica que HEC–HMS de los casos observados para la estación El Tejar, explica el 99.82% ya que el coeficiente de determinación  $R^2= 0.9982$ . b) en donde el modelo se explica con un 92.04% y  $R^2= 0.9204$ , corresponde al coeficiente de determinación de la estación Paso del Toro, Veracruz.

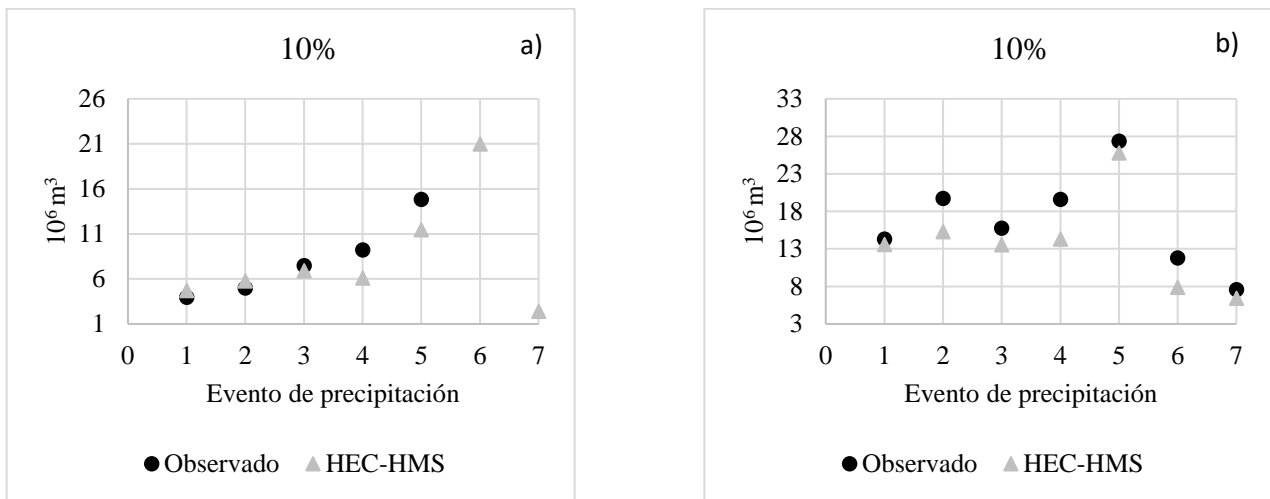


**Figura 7. Relación entre datos estimados y observados de los siete eventos de precipitación para las estaciones hidrométricas El Tejar a) y b) Paso del Toro.**

Los resultados obtenidos de este trabajo indican que el modelo HEC-HMS funciona para simular el proceso lluvia-escorrentía, permite pronosticar la escorrentía de las cuencas hidrológicas a partir del análisis en la misma. Estrada-Sifontes y Pacheco-Moya, (2011); de igual manera en otros trabajos aun cuando se ha reportado que la experiencia de aplicación de este modelo es reciente se ha encontrado que el modelo reproduce con mayor exactitud los gastos máximos (López *et al.*, 2010 y Duque-Sarango *et al.*, 2019) y que es recomendable su aplicación para la modelación de avenidas, sin embargo, se requiere una de buena instrumentación y de bases de datos casi completas para su uso óptimo (Estrada Sifontes y Pacheco-Moya 2012). Por lo que con este trabajo la Conagua ha demostrado tener una base de datos valiosa para el desarrollo de proyectos hidrológicos. En cuestiones de modelación hidrológica, en especial atención a la estimación de la escorrentía se obtuvo una correspondencia promedio de 95.93%, teniendo en cuenta como indicador suficiente como para afirmar que el modelo funciona correctamente (Moncada y Willems, 2020).



Para el caso de la estimación de los volúmenes de precipitación y su correspondiente porcentaje de acuerdo con el método de Tennant, se encontró que, el volumen considerado como “aceptable” (10%) en la estación El Tejar en la mayoría de los eventos no se presenta (Tabla 1); por lo que, no existen condiciones para la funcionalidad del ecosistema. En contraste en la estación Paso del Toro en donde ocurre lo contrario (Tabla 1); también se encontró que en los eventos modelados con HEC–HMS (esperados) son muy parecidos a los observados (Figura 8).



**Figura 8. Volumen de agua al 10% de los eventos de precipitación. a) Estación hidrométrica El Tejar, y b) Estación hidrométrica Paso del Toro.**

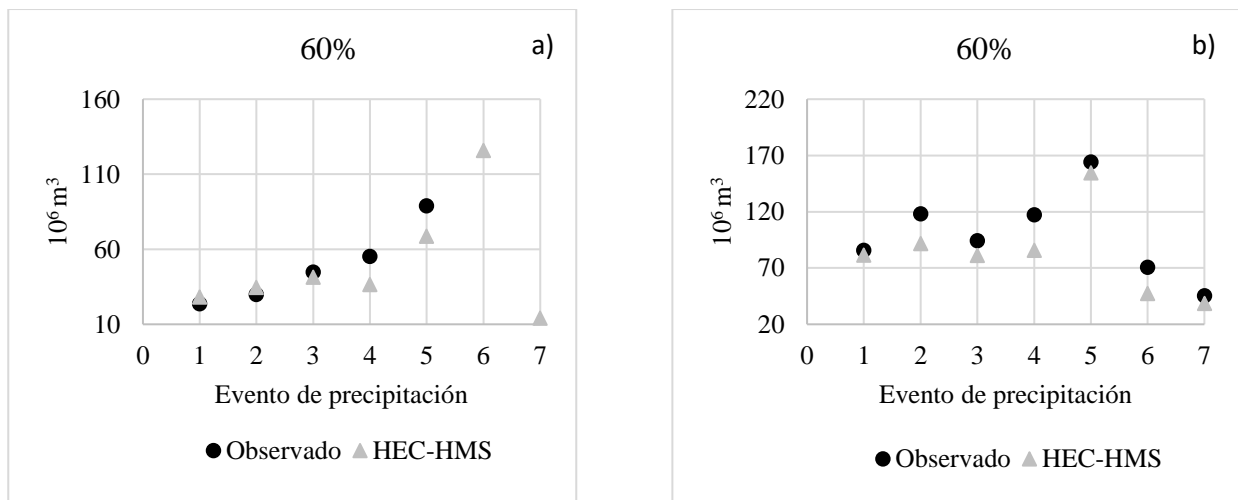
Con respecto a las consecuencias de tener una baja funcionalidad en concordancia con Tennant (1976), se reducen significativamente el ancho a nivel de la superficie del agua, la profundidad y la velocidad del flujo, y la mitad del sustrato o posible perímetro mojado del río, quedando expuesto a la intemperie, los canales laterales y las barras muestran desecación severa o total, y se degrada el hábitat acuático lo que ocasiona que la cobertura vegetal de la ribera disminuya por la falta de agua y pierde su utilidad, las islas dejan de funcionar como hábitat para nidos, guaridas, criaderos y refugios de la fauna silvestre, y la disminución de la profundidad en amplias áreas del cauce así como el aumento de la temperatura por falta de agua induce la migración de peces hacia pozas profundas generando una mayor concentración sólo en ciertas áreas lo que favorece a la pesca y genera una sobreexplotación del ecosistema





que a su vez degrada la belleza natural y la estética del río, dando como resultado mala calidad, cantidad y régimen del flujo del agua que se requiere para mantener las funciones, y la resiliencia del ecosistema. Karimi y Eslamian (2012), mencionan que es de destacar que la proporción del 10% asignada a un río, resulta una condición crítica; es inaceptable y destructiva para un ecosistema, dado que es relacionada con los meses de estiaje. Por su parte Santacruz y Aguilar (2009) mencionan que una disminución en el caudal ecológico entre 10 % y 11 % en los meses más críticos (marzo y abril), genera condiciones adversas para la vida acuática, meses en los que además se presenta el período de sequía y, con esto las mayores extracciones de agua para uso agrícola y doméstico.

Con respecto al valor del 60% del caudal medio anual considerado como excepcional o sobresaliente de acuerdo con Tennant (1976), se observa la misma tendencia que para el valor aceptable con la estación El Tejar nuevamente es la que tiene el menor número de eventos registrados con este valor, de igual forma los resultados obtenidos con HEC-HMS, son muy parecidos a los observados en ambas estaciones (Figura 9).



**Figura 9. Volumen de agua al 60% de los eventos de precipitación a) Estación hidrométrica El Tejar, y b) Estación hidrométrica Paso del Toro.**

Los beneficios para el volumen “excepcional” generan un hábitat de excelente para la mayoría de las formas de vida acuática durante el periodo de crecimiento inicial, así como para diversos usos recreativos (Tennant, 1976) en este estudio se encontró que este caudal solo se presenta para el río Cotaxtla lo anterior se debe a que en este trabajo la funcionalidad se basó en el



cálculo de la escorrentía media obtenida por estación hidrométrica; Sin embargo, estos valores están por arriba de los determinados para otro trabajo realizado en una cuenca del río Chambas en Cuba para una serie de 21 años de gastos medios mensuales en el periodo de 1976 al 1986, donde también se utilizó Tennant como un indicador del caudal y se establecieron valores de 0.26 y 1.55 m<sup>3</sup>/s como caudal bajo o aceptable y el excepcional o sobresaliente respectivamente (Brown *et al.*, 2016).

La aplicación del modelo de precipitación-escorrentía HEC-HMS utilizado, muestra que el área de estudio puede verse afectada por lo que es necesario evitar cambios en el uso del suelo, así como aumentar la cobertura vegetal, con lo anterior pueden influir de manera negativa, sobre todo en la parte baja de la cuenca, donde se encuentra localizado el manglar Arroyo Moreno. Finalmente, la subsistencia del manglar en condiciones de cantidad de agua se da en los meses de julio a octubre, dado que los resultados de este trabajo concuerdan con los de Brown *et al.*, (2016) quienes indican que el caudal de sobrevivencia es válido en los meses de junio y julio, periodo determinado para lluvias en zonas tropicales.

## Conclusiones

En este trabajo el modelo HEC-HMS se ajustó a un 99% y 92% para las estaciones hidrométricas El Tejar y Paso del Toro respectivamente. Se logró estimar el volumen de agua generado por los siete eventos de precipitación que se consideraron de acuerdo con las características del proceso lluvia-escorrentía dentro del periodo 2005-2014, se consideró una aceptación buena dado que su coeficiente de determinación promedio fue de 95.93%. El volumen agua presentó las categorías “aceptable” y “excepcional” (aun cuando la base de datos de precipitación está incompleta). A pesar de que solo se depuraron cinco eventos de precipitación para la estación El Tejar y siete eventos para la estación Paso del Toro. Se determinó que mediante un volumen de agua de 2.37 millones de metros cúbicos de escorrentía que llega al manglar, se mantienen condiciones limitadas para sus funciones. Sin embargo, no son datos suficientes por los escasos eventos de precipitación que se lograron obtener al depurar la información. Falta un resaltar los efectos de la escorrentía y la precipitación al manglar, en sus diferentes categorías.



## Literatura Citada

- Acreman, A. and Dunbar, M. 2004. Defining environmental river flow requirements—a review. *Hydrology and Earth System Sciences* 8: 861-876.
- Ahumada, M., F. Aguirre, M. Contreras y A. Figueroa. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. 48 p. Chile. Ministerio del Medio Ambiente; Servicio Agrícola y Ganadero (Chile); Chile.
- Brown, M. O., Y. G. Ballat, P. W. W. Harriot, P. W. and Y. T. Martínez. 2016. Caudal ecológico del río Chambas en la provincia Ciego de Ávila. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* 37(1):58-71.
- Calderon, H., R. Weeda, and S. Uhlenbrook. 2014. Hydrological and Geomorphological Controls on the Water Balance Components of a Mangrove Forest During the Dry Season in the Pacific Coast of Nicaragua. *Wetlands* 34 685-697.
- Castro, H. L., Y. C. Escobar, y M. Durango E. 2006. Enfoques teóricos para definir el caudal ambiental. *Ingeniería y Universidad* 10 (2):179-195.
- Climate Computing Project (CLICOM). 2017. Base de datos del CLICOM. 2017, de CICESE Recuperado de <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- Conagua. 2020. Banco Nacional de Aguas Superficiales (BANDAS). México: Comisión Nacional del Agua. Disponible en <https://app.conagua.gob.mx/bandas/>.
- Cruz, P. Y., y P. Montero, O. 2017. Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Madera y Bosques* 23(1):23-37.
- Duque-Sarango, P., Patiño, D. M., y López, X. E. 2019. Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Información Tecnológica* 30(6):351-362.
- Estrada, S. V. y P. Moya R. M. 2012. Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. *Ingeniería Hidraulica y Ambiental* 33(1):94-105.
- Estrada, S. V. y R. Gómez, A. 2011. Modelación hidrológica del río Levisa con el modelo HEC-HMS. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* 32(2):3-9.
- Eslami-Andargoli, L., P. E. Dale, N. Sipe and J. Chaseling. 2009. Mangrove expansion and rainfall 700 patterns in Moreton Bay, southeast Queensland, Australia. *Estuar Coast Shelf Sci* 701 85:292-298.



- Feldman, A. D. 2000. Hydrologic modeling system HEC-HMS: technical reference manual. p. 157. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- García, R. E., R. G. Villela, P. Martínez, J. Átala. y G. A. P. Soldán. 1999. Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. p. 190. Colección "Manuales". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor. México.
- García, R. S., O. C. Fuertes, L. Vázquez H. 2010. Determinación del caudal ecológico preliminar en un tramo del río Los Pescados, utilizando diferentes métodos hidrológicos. Comisión Federal de Electricidad. XXI Congreso Nacional de Hidráulica. Guadalajara, Jalisco, México.
- Gilman, E., L. Van, J. Ellison, V. Jungblut, L. Wilson, Areki F. *et al.* 2006. Pacific Island mangroves in a changing climate and rising sea. 58 p. UNEP. Regional seas reports and studies No 179. Nairobi.
- Junk, W. J. 2002. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental Conservation* 29(4):414-435.
- Karimi, S. S. and M. Y. S. Eslamian. 2012. Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach. *Int. J. Environ. Sci. Technol* 9:549-558.
- López, P. J., y Ezcurra, E. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques* 8:27-51.
- López, Y. R., De León, N. M., y Urrutia, L. G. 2010. Modelo lluvia-escorrentamiento para la cuenca del río Reno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 19(2):31-37.
- Manoj, K. G., L. Kumar and C. Roy. 2017. Climate Variability and Mangrove Cover Dynamics at Species Level in the Sundarbans, Bangladesh. *Sustainability, MDPI, Open Access Journal* 9(5):1-16.
- Méndez, A. J. C. 2013. Análisis del estado actual de conservación del área natural protegida Arroyo Moreno, (Boca del Río, Veracruz) bajo un enfoque de intervención ecológica. Tesis de Maestría en Ecología Tropical. Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 88 p.
- Moore, M. 2004. Perceptions and interpretations of Environmental Flows and implications for future water resource management. Master's degree thesis. Department of Water and Environmental Studies. Linköping University. Suecia. 56 p.
- Orth, D. J. 1981. Evaluation of the "Montana method" for recommending instream flows in Oklahoma streams. In *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* 61(1):62-66.



- Pereyra Díaz, D., Pérez Sesma, J. A. A., y Salas Ortega, M. D. R. 2010. Hidrología, en E. Florescano y J. Ortiz Escamilla. Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz, patrimonio natural, Universidad Veracruzana, Xalapa. 104-105.
- PHI-UNESCO (Programa Hidrológico Intergubernamental - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.) Caja de herramientas para la determinación del caudal ambiental. 124 p. Costa Rica, San José.
- Pyrce, R. 2004. Hydrological low flow indices and their uses. Watershed Science Centre, (WSC), Ontario, Canadá, 33 p.
- Santacruz, L. G. y M. Aguilar-Robledo. 2009. Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant. *Hidrobiológica* 19 (1):25-32.
- Scharffenbeneg, W. 2016. Hydrologic modeling system HEC-HMS: user's reference manual. 157 p. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Tennant, D. L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 1(4):6-10.
- Wesche, T. A. and Rechard, P. A. 1980. A summary of instream flow methods for fisheries and related research needs. Eisenhower Consortium Bulletin No. 9. Produced by the Water Resources Research Institute, University of Wyoming, for the USDA Forest Service. 132 p.



# CO-TRANSESTERIFICACIÓN DE GRASAS RESIDUALES DE ORIGEN ANIMAL PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL

*Itzel Vera González<sup>1</sup>, Luis Antonio López Escobar<sup>2</sup>, Nayeli Gutiérrez Casiano<sup>1</sup>, Luis Miguel Reyes Grajales<sup>1</sup> y Eduardo Hernández Aguilar<sup>1\*</sup>*

---

## Resumen

El tratamiento, aprovechamiento y disposición final de grasas residuales es un desafío fundamental debido a los inconvenientes involucrados con su eliminación y la contribución de estas a la contaminación de agua y suelo. El manejo de grasas residuales provenientes de hogares, restaurantes e industrias es de suma importancia, sin embargo, su aprovechamiento como materia prima conlleva diversos inconvenientes por su origen y composición, las grasas residuales generalmente presentan degradación de su contenido por las reacciones hidrolíticas y oxidativas al estar expuestas a temperaturas elevadas durante el proceso de fritura, disminuyendo su calidad y desviando también la calidad de los productos fritos en ella. El objetivo del presente estudio fue la obtención de biodiésel evaluando mezclas de grasas residuales de origen animal; pollo y cerdo, mediante la reacción de transesterificación y la evaluación de los parámetros de calidad del producto. La producción de biodiésel se realizó aplicando un pretratamiento a las grasas mediante un desgomado alcalino con hidróxido de sodio y agua destilada con el fin de remover las impurezas y sólidos suspendidos, posteriormente se realizó una caracterización fisicoquímica para evaluar la eficiencia del proceso de desgomado en términos de los estándares de calidad de la normatividad vigente aplicada a grasas. Se efectuó una reacción de co-transesterificación alcalina utilizando un diseño unifactorial aplicando 3 niveles de mezcla de grasas residuales pollo y cerdo (75, 50 y 25% respectivamente), empleando hidróxido de potasio y metanol, aplicando una temperatura de 60°C. Posteriormente se realizó un lavado y secado de biodiésel para mejorar la apariencia

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Universidad Veracruzana, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México. \* [eduhernandez@uv.mx](mailto:eduhernandez@uv.mx)

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Huatusco, Calle 22 Sur, Reserva Territorial, C.P. 94116, Huatusco de Chicuellar, Veracruz, México.



y calidad del biocombustible, la cual se evaluó en términos de las normas ASTM e ISO, las cuales consideran las pruebas de punto de inflamación, corrosividad de cobre, punto nube e índice de refracción, el producto cumplió con los estándares señalados, excepto en el parámetro viscosidad, donde se obtuvieron valores 8% por encima de lo estipulado por la norma.

**Palabras clave:** Caracterización fisicoquímica, mezclas de grasas, pruebas de calidad

## Introducción

Actualmente la mayor parte de la obtención de biodiésel se produce a partir de aceites de origen vegetal, no obstante, en los últimos años su precio ha aumentado considerablemente haciéndolos no rentables, además se desconoce su efecto económico en el sector agropecuario y de alimentos (Cordoví *et al.*, 2017).

Por esta razón se buscan alternativas de materias primas para su producción, una opción son las grasas residuales, la grasa de pollo es un residuo que se produce en los mataderos (Peña *et al.*, 2020), mientras que la grasa de cerdo es un desecho de los restaurantes, estos residuos son usados principalmente en la industria de jabón, sin embargo, cuando la industria esta sobrecargada, estas grasas son incineradas o eliminadas como relleno sanitario (Phukan *et al.*, 2013).

En la actualidad no existen muchas actividades donde se les pueda dar una aplicación alterna, por lo cual son desechadas sin previo tratamiento (Alfonso, 2013). Un litro de grasa o de aceite que es proveniente de empresas u hogares, tiene la capacidad de contaminar de 1000 a 40 000 litros de agua, dejando de ser adecuados para consumo humano. El uso de grasas residuales posee distintas ventajas, no compite con el mercado de alimentos y reduce los precios evadiendo los costos en su tratamiento como residuo (Tejeda *et al.*, 2013).

Existen diversos procesos para la obtención de biodiésel en los que destacan; pirólisis, micro-emulsificación y transesterificación (Llanes *et al.*, 2017). La transesterificación ha demostrado ser un proceso sencillo, donde se obtienen mejores rendimientos y una vía establecida para reducir la viscosidad. Se trata de un proceso catalizado, en el que una grasa o aceite y un



alcohol reaccionan para producir un éster alquílico de ácidos grasos (biodiésel) y glicerina (Wang *et al.*, 2006).

El biodiésel manifiesta diversas ventajas en su aplicación, partiendo desde el ámbito sostenible y ambiental, debido a su disminución de gases atmosféricos contaminantes, emisiones de sulfatos, decrecimiento de compuestos aromáticos, así como sustancias perjudiciales para el entorno. El biodiésel no es tóxico en sí mismo, sufre de una biodegradación entre un 80 y 91.2% en un tiempo de 30 días (Sánchez, 2015). En virtud de lo anterior, los objetivos planteados fueron evaluar la co-transesterificación alcalina homogénea de mezclas grasas residuales de pollo y cerdo para la producción de biodiésel, con tres niveles de concentración (75, 50 y 25%) y evaluar su efecto en la calidad del producto obtenido.

## **Materiales y Métodos**

La grasa de pollo fue obtenida en la unidad de recuperación de grasas de la planta procesadora de aves “San Antonio” ubicada en el municipio de Fortín, Ver., mientras que la grasa de cerdo fue donada por el restaurante “El cebollín”, utilizada en el proceso de fritura de carne de cerdo en Orizaba, Ver.

### **Desgomado alcalino de las grasas de pollo y cerdo**

Por cada 150 g de grasa residual, se agregaron 30 mL de agua destilada y 1.5 g de hidróxido de sodio, con el fin de eliminar los ácidos grasos libres sin deteriorar la grasa, a una temperatura de 110°C, con reflujo y agitación magnética durante 45 minutos (Ek, 2019). Al terminar este proceso, la grasa se colocó en embudos de separación y se dejó reposar durante 24 horas para separar las gomas, posteriormente se filtró y centrifugó a 1 500 rpm en un tiempo de 15 minutos para evitar impurezas sedimentadas o disueltas.

### **Caracterización fisicoquímica de grasas residuales**

Las grasas de pollo y cerdo fueron sometidas a un análisis de propiedades fisicoquímicas referente a los estándares de calidad de las normas oficiales mexicanas especializadas para aceites y grasas vegetales o animales, como se muestra en la Cuadro 1, para determinar si eran adecuadas para la producción de biodiésel.





**Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica de las grasas residuales.**

Prueba	Norma
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	NMX-F-075-SCFI-2012, 2012
Índice de refracción	NMX-F-074-SCFI-2011, 2011
Humedad y materia volátil (%)	NMX-F-211-SCFI-2006, 2006
Índice de acidez (%)	NMX-F-101-SCFI-2012, 2012
Índice de saponificación (mg KOH/g de grasa)	NMX-F-174-SCFI-2006, 2006
Punto de fusión (°C)	NMX-F-114-SCFI-2011, 2011

### **Proceso de co-transesterificación para la producción de biodiésel**

La reacción de transesterificación se llevó a cabo por medio de una catálisis básica mediante hidróxido de potasio y metanol, se aplicó un diseño experimental unifactorial con tres niveles de porcentaje de mezclas de grasas de pollo y cerdo (75, 50 y 25%). La instalación experimental se muestra en la Figura 1.



**Figura 1. Conformación del equipo para la reacción de transesterificación.**

Las mezclas de grasas se colocaron en un matraz de tres bocas, con ayuda de una parrilla eléctrica se calentó hasta alcanzar una temperatura de 60°C aplicándose agitación magnética constante y un sistema de reflujo de alcohol con agua fría. Posteriormente se agregó 1% de hidróxido de potasio como catalizador, el metanol se agregó en una relación molar 1:6, manteniendo las condiciones durante 90 min.



## Separación y purificación del biodiésel

Cuando la reacción terminó, se obtuvo una mezcla de ésteres metílicos y glicerol, mediante un embudo de separación la mezcla se dejó reposar durante 24 horas, para que se efectuara la separación de dos fases como se muestra en la Figura 2, la capa superior es la fase rica en biodiésel mientras que la inferior es glicerina.



**Figura 2. Separación de fases del biodiésel.**

El biodiésel se calentó a una temperatura de 85°C con el objetivo de eliminar el metanol no reaccionado, seguidamente se volvieron a colocar las muestras en un embudo de decantación y se llevó a cabo una extracción con agua destilada para neutralizar las impurezas del catalizador y remover residuos de metanol o glicerina.

Se dejó reposar durante dos horas, a continuación, en un horno de secado se calentaron las mezclas de biodiésel a una temperatura de 110°C para eliminar los restos de humedad, por último, el producto restante se filtró para su purificación (López *et al.*, 2015).

## Caracterización del biodiésel

Para comprobar la calidad de los ésteres metílicos se realizaron pruebas que cumplieran con las normas internacionales ISO y ASTM D, mencionadas en la Cuadro 2, las grasas residuales empleadas pueden afectar la calidad del biodiésel por su alto contenido de ácidos grasos, la calidad final determinará su funcionamiento en los motores y los requerimientos a cumplir.



**Cuadro 2. Pruebas y métodos de ensayo de calidad del biodiesel.**

Pruebas	Método de ensayo
Punto de inflamación (°C)	ASTM D 93 y EN 2719
Corrosividad de cobre por tira de cobre	ASTM D 130 y EN 2160
Punto de nube (°C)	ASTM D 2005
Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D 445, EN ISO 3104
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	ISO 3675
Índice de refracción	ASTM D1218/12 <sup>8</sup>

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la grasa de cerdo desgomada y refinada se resumen en la Cuadro 3. Los datos recabados fueron comparados mediante las normas mexicanas del índice de calidad de grasas.

**Cuadro 3. Resultados obtenidos de la caracterización de grasa de cerdo.**

Prueba	Grasa desgomada de cerdo	Límites		Norma
		Mínimo	Máximo	
Índice de saponificación (mg KOH/g de grasa)	196.350	192.0	203.0	NMX-F-174-SCFI-2014
Humedad (%)	0.502	-	< 1	NMX-F-211-SCFI-2006
Punto de fusión (°C)	22.5	-	40°C	NMX-F-114-SCFI-2011
Índice de refracción	1.467	1.448	1.460	NMX-F-074-SCFI-2011
Índice de acidez (%)	1.724	-	< 1	NMX-F-101-SCFI-2012
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.897	0.896	0.904	NMX-F-075-SCFI-2012

La grasa de pollo no presenta límites definidos por una norma, por lo cual fue contrastada con valores reportados por autores que analizaron la misma materia como se muestra en el Cuadro 4.



**Cuadro 1. Resultados obtenidos de la caracterización de grasa de pollo.**

Prueba	Grasa desgomada de pollo	Valores reportados	Autor
Índice de saponificación (mg KOH/g de grasa)	182.325	201.769	Avalos, 2019
Humedad (%)	0.860	1.5	Montenegro <i>et al.</i> , 2012
Punto de fusión (°C)	19	18	Lainez, 2018
Índice de refracción	1.489	1.467	Galeano y Guapacha, 2011
Índice de acidez (%)	1.108	3.760	Ramírez y Rodríguez, 2018
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.902	0.867	Tejeda <i>et al.</i> , 2013

De acuerdo con los resultados mostrados en los Cuadros 3 y 4, se determinó que las grasas cumplen con lo estipulado por las Normas Oficiales Mexicanas por lo cual es evidente la viabilidad de producir biodiésel a partir de fuentes animales. A excepción de los parámetros del índice de refracción e índice de acidez. La grasa de cerdo presentó un índice de refracción de 1.467, mientras que la de pollo 1.489, estos valores sobrepasan los límites establecidos por la norma, esta variación puede indicar una previa adulteración o degradación de la grasa.

Los resultados del índice de acidez para la grasa de cerdo fueron de 1.724% y 1.108% para la grasa de pollo, estos datos demuestran que exceden el porcentaje definido. Un estudio de (Ramírez y Rodríguez, 2018) presenta un índice de acidez de 3.7606% para la grasa de pollo y 2.0774% para la grasa de cerdo, resultados superiores a los obtenidos, lo que señala que el índice de acidez de las grasas puede ser afectado por el tipo de tratamiento al que fueron sometidas, por ejemplo, duración de la cocción, temperatura, exposición al aire y su periodo de almacenamiento.

### **Caracterización del biodiésel**

Las propiedades evaluadas del biodiésel obtenido se compararon con los métodos de ensayo ISO Y ASTM los cuales especifican las características del biodiésel para uso en motores diésel. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 5.

La norma ASTM D 93 establece que el punto de inflamación del biodiésel debe ser igual o mayor a 120°C. Los resultados obtenidos cumplieron con lo establecido en la norma, las diversas mezclas produjeron la flama entre temperaturas de 178°C a 195°C. Este valor resulta benéfico pues indica que no hay residuos de metanol o el porcentaje es mínimo, por lo tanto,



conlleva diversas ventajas, no tendrá tendencia a evaporarse, favorece a su fácil manejo y almacenamiento.

**Cuadro 2. Resultados obtenidos de las pruebas de calidad del biodiésel obtenido.**

Prueba	Resultados obtenidos	Límites	Método de ensayo	Valor reportado	Autor
Punto de inflamación (°C)	178 - 195	$\geq 120$	ASTM D 93	178	Galeano y Guapacha, 2011
Corrosividad de cobre por tira de cobre	Negativo	3	ASTM D 130	Negativo	Lainez, 2018
Punto nube (°C)	1 - 5	-3 - 12	ASTM D 2005	5	Zelaya, 2016
Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	5.0 - 6.3	1.9 – 6.0	ASTM D751	5.11	Ayala, 2017
Densidad (g/m <sup>3</sup> )	0.856 – 0.873	0.86 - 0.90	ISO 3675	0.88	Canakci, 2007
Índice de refracción	1.449 - 1.453	-	ASTM D1218/128	1.448	Hernández <i>et al.</i> , 2017

El método de ensayo de la norma ASTM D 130 señala que el límite máximo permitido para la prueba de corrosión de cobre es de 3. Los resultados derivados para esta determinación fueron negativos, lo que lo convierte en un biodiésel de buena calidad ya que no tiene poder corrosivo sobre el metal lo cual beneficia al almacenamiento del biocombustible.

La determinación del punto nube mediante la norma ASTM D 2005 contempla límites entre -3 y 12°C, los resultados obtenidos en esta prueba arrojan un punto nube entre temperaturas de 1 y 5°C, por lo tanto, todos los valores alcanzados indican que esta determinación se encuentra dentro del parámetro establecido. Estudios realizados por (Zelaya, 2016) con biodiésel a partir de coco, demuestran un punto nube de 5°C, al hacer una comparación con el biodiésel producido presenta un punto nube muy cercano a sus valores, lo que resulta favorable debido a que el biodiésel no tendrá tendencia a la formación de cristales.

Los límites admitidos para el método estándar ASTM D751 señalan que la viscosidad cinemática con temperatura constante de 40°C debe permanecer entre 1.9 – 6.0 mm<sup>2</sup>/s, la viscosidad máxima supera el límite determinado, lo que convierte a la inyección del biocombustible más efectiva (Martínez, 2019).



La prueba de densidad se basó en la norma ISO 3675, la cual establece que la densidad para el biodiésel se ubica entre 0.86-0.90 g/m<sup>3</sup>, se obtuvieron valores inferiores a los del método de ensayo, teniendo una densidad menor, igual a 0.85 g/cm<sup>3</sup>, más sin embargo se ha demostrado que altas densidades en el biodiésel pueden ocasionar problemas en los sistemas de inyección de los motores y, a bajas temperaturas produce inconvenientes de solidificación. Los valores obtenidos se pueden comparar con los derivados por el estudio de (Canakci, 2007), para el biodiésel producido de grasa de pollo de 0.88 g/m<sup>3</sup> el cual es similar a los resultados recabados.

En cuanto a la determinación del índice de refracción no existen parámetros establecidos por la norma. Se obtuvieron resultados entre 1.449 – 1.453, estos datos fueron comparados por los resultados obtenidos en el estudio de (Hernández *et al.*, 2018) donde obtuvo un índice de refracción de 1.448 a 20 °C, observando una mínima diferencia entre los resultados.

## Conclusiones

Las pruebas del índice de saponificación, humedad, punto de fusión y densidad, efectuadas en la caracterización de la grasa de cerdo cumplieron con las normas oficiales mexicanas del índice de calidad. A pesar de que, la grasa de pollo no tiene límites de calidad establecidos, se obtuvieron valores similares a los reportados por otros autores, exceptuando el índice de acidez e índice de refracción. El índice de acidez al mantener valores altos se le deberá efectuar una esterificación para impedir que se lleve a cabo la reacción de saponificación. Teniendo en cuenta que, la grasa de pollo y cerdo al ser residuos previamente sometidos a tratamientos donde sufren degradación y alteración en su estructura química que afectan directamente en el índice de calidad, se lograron mezclar y emplear como materia prima en la producción de biodiésel.

En el caso de los parámetros de calidad del biodiésel, la viscosidad fue el parámetro que no cumplió con lo estipulado en la norma, debido a que múltiples mezclas superaron los 6 mm<sup>2</sup>/s esto se debe a la alta viscosidad de las materias primas. Los demás parámetros se encuentran entre los límites señalados o con una diferencia mínima como lo es la densidad que tuvo valores de 0.856 g/m<sup>3</sup> menores al límite mínimo requerido de 0.86 g/m<sup>3</sup>.



## Literatura Citada

- Alfonso, A. J. A. 2013. Obtención de biodiésel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio. Tesis de Maestría. Centro de investigación en materiales avanzados, S. C. Chihuahua, Chihuahua, México. 34 p.
- Ávalos, P. G. F. 2019. Producción de biodiésel mediante cotransferificación de grasa de cerdo y pollo aplicando catálisis homogénea y heterogénea. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Orizaba, Ver., Mexico. 42 p.
- Ayala, P. Y. M. 2017. Obtención de biodiésel a partir de aceite extraído de la grasa de pollo del Mercado de Ceres. Tesis de Licenciatura. Facultad de ingeniería ambiental. Ate Vitarte, Lima, Perú. 6 p.
- Canakci, M. 2007. El potencial de los lípidos de residuos de restaurantes como materia prima para biodiésel. *Journal Bioresour Technol* 98(1):183-90.
- Cordoví, F. C. M., Ferrer, H. A. E. y Teixeira, M. J. S. 2017. Pretratamientos de grasa residual de cocción de alimentos para la producción de biodiésel. *Revista Ingeniería Mecánica* 20(2):58-64.
- Ek, L. L. E., 2019. Estudio de factibilidad de producción de biodiésel a partir de residuos grasos de la industria avícola. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Orizaba, Veracruz, México. 40 p.
- Galeano, L. C. A. y Guapacha, M. E. 2011. Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 62 – 76 p.
- Hernández, N. L., Benitez, F. M. y Biguin, A. N. 2017. Obtención y caracterización del biodiésel a partir de aceite de *Jatropha Curcas L.* *Revista Ciencia en su PC* 1(1):1-11.
- Lainez, P. L. 2018. Comparación de etanol y metanol en el proceso de producción de biodiésel a partir de grasa de pollo residual. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Orizaba, Ver., México. 42 p.
- Llanes, C. E. A., Rocha, H. J., Salazar, A. P. y Medrano, B. J. 2017. Producción e Impacto del Biodiésel: Una Revisión. *Journal INNOVA* 2(7):59-76.
- López, L., Bocanegra, J. y Malagón, R. D. 2015. Obtención de biodiésel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Revista Ing. Univ* 19(1):155-172.
- Montenegro, M. M. A., Sierra, V. F. E. y Guerrero, F. C. A. 2012. Producción y caracterización de biodiésel a partir de aceite de pollo. *Revista Informador Técnico* 7:62-71.



- NMX-F-074-SCFI-2011. 2011. Alimentos para humanos. Aceites esenciales, aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de refracción con el refractómetro de Abbé, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-074-SCFI-2011.pdf> [consultado el 7 de junio de 2021]
- NMX-F-075-SCFI-2012. 2012. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de la densidad relativa, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-075-SCFI-2012.pdf> [consultado el 21 de julio de 2021]
- NMX-F-101-SCFI-2012. 2012. Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de ácidos grasos libres, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-101-SCFI2012.pdf> [consultado el 3 de junio de 2021]
- NMX-F-114-SCFI-2011. 2011. Alimentos. Grasas y mantecas vegetales o animales. Determinación de punto de fusión, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-114-SCFI2021.pdf> [consultado el 21 de mayo de 2021]
- NMX-F-174-SCFI-2014. 2014. Alimentos para humanos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del Índice de Saponificación, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-174-SCFI-2014.pdf> [consultado el 3 de mayo de 2021]
- NMX-F-211-SCFI-2006. 2006. Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de humedad y materia volátil, México: Diario Oficial de la Federación. <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-211-SCFI-2012.pdf> [consultado el 7 de junio de 2021]
- Peña, S. L. M., Fernández, L. J. and Pérez, A. J. A. 2020. Quality of chicken fat by-products: lipid profile and colour properties. *Journal Foods* 9(8):1046.
- Phukan, M. M., Singh, S. P., Phukon, P., Borah, T., Konwar, B. N. and Dutta, N. 2013. Production and statistical optimization of biodiesel from kitchen chimney dump lard. *Journal Sustainable Chemical Processes* 1:12.
- Ramírez, N. T. y Rodríguez, V. F. J. 2018. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de grasas y aceites residuales para la producción de biodiésel. p. 20. Congreso Nacional. Centro de Investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica, S.C. Querétaro, México.
- Sánchez, S. N. 2015. Obtención de biodiésel mediante transesterificación de aceite de ricino y grasas animales. Tesis de Licenciatura. Universidad Extremadura. España. 3 p.





- Tejeda, T. C., Tejeda, B. L., Villabona, O. Á. y Monroy, R. L. 2013. Obtención de biodiésel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Revista Luna Azul* 36:10-25.
- Wang, Y., Ou, S., Liu, P., Xue, F. and Tang, S. 2006. Comparison of two different processes to synthesize biodiesel by waste cooking oil. *Jornal of Molecular Catalysis A: Chemistry* 252(1):107-112.
- Zelaya, M. E. O. 2016. Producción de biodiésel a partir de aceite de coco. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San Pedro, Provincia de Badajoz, Costa Rica. 3 p.



# REGLAS DE MEZCLADO PARA PREDECIR LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA EN MEZCLAS DE BIODIESEL DE GRASA RESIDUAL DE POLLO/ DIÉSEL DE PETRÓLEO

*Kevin Jesús Vargas Reyes<sup>1</sup>, Nayeli Gutiérrez Casiano<sup>1</sup>, Karla Díaz Castellanos<sup>1</sup>, Elizabeth Eugenia Díaz Castellanos<sup>1</sup>, Luis Alberto Sánchez Bazán<sup>1</sup> y Eduardo Hernández Aguilar<sup>1\*</sup>*

---

## Resumen

El proceso de matanza de aves de corral utiliza grandes cantidades de agua caliente, que, al entrar en contacto con la piel de las aves, disuelve una gran cantidad de grasas y aceites, los cuales son recuperados en la planta de tratamiento de aguas. El biodiésel de segunda generación aprovecha grasas residuales, las cuales tienen la capacidad de contaminar 20 mil litros de agua por cada litro de grasa vertida en los cuerpos hídricos; por esta razón es muy importante su aprovechamiento y valorización. El biodiésel se ha convertido en una alternativa de combustible para motores de combustión interna, su producción también tiene beneficios ambientales como la preservación de recursos hídricos y la disminución de la producción de gases de efecto invernadero. El objetivo de presente trabajo fue evaluar la producción de biodiésel mediante una etapa de esterificación ácida como pretratamiento para eliminar los ácidos grasos libres que contiene la grasa de pollo residual. Estos ácidos grasos libres están relacionados directamente con la viscosidad del biodiésel y su rendimiento. La producción de biodiésel se realizó mediante transesterificación alcalina utilizando hidróxido de potasio como catalizador, posteriormente se evaluó la calidad del biodiésel obtenido mediante las propiedades fisicoquímicas que establecen las normas ASTM y EN. También se evaluó el comportamiento reológico del biodiésel producido mezclado con Diésel de petróleo en concentraciones de 25, 50 y 75% v/v a una temperatura de 40°C de acuerdo con las normas antes mencionada para ello se utilizó un viscosímetro Brookfield DV2T LV con adaptador de aguja tipo ULA y chaqueta de control de temperatura. Los resultados obtenidos indicaron que el fluido en estado puro presenta un comportamiento Newtoniano con viscosidades entre 4.01 y 2.86 mm<sup>2</sup>/s. Se encontró que la producción de biodiésel mediante el uso de esterificación



ácida como pretratamiento para eliminar los ácidos grasos libres que contiene la grasa de pollo residual resultó eficiente debido a la reducción de la viscosidad esto se comprueba debido a que la grasa de pollo al ser utilizada mediante su uso directo sin un pretratamiento el biodiésel resulta en una viscosidad alta. De igual forma se obtuvo que la mejor predicción de viscosidad se obtuvo con los modelos de Newton, Kendall y Monroe y Cragoe que mostraron un buen ajuste de los datos experimentales los cuales obtuvieron coeficientes de correlación ( $R^2$ ) superiores a 0.98.

**Palabras clave:** Reología, esterificación, biodiésel

## Introducción

La creciente industrialización y motorización del mundo ha provocado un fuerte aumento de la demanda de combustibles derivados del petróleo los cuales representan más del 80.3% de la energía primaria consumida en el mundo y el 57.7% de esa cantidad se utiliza en el sector del transporte. De esta forma, los combustibles fósiles son responsables de la emisión de una cantidad significativa de contaminantes a la atmósfera, incluidos los gases de efecto invernadero (GEI) (Paredes *et al.*, 2020).

El biodiésel es un combustible alternativo a los combustibles fósiles. Se puede definir como “la mezcla de ésteres de alquilo (metilo, etilo, n-propanol, n-butanol) que contiene largas cadenas de ácidos grasos obtenidos típicamente a partir de recursos biológicos no tóxicos, se puede producir con el aprovechamiento de cierto tipo de desechos como las grasas de origen animal, aceites vegetales y aceite de cocina usado, que posteriormente son procesadas con esterificación y transesterificación” (Reséndiz, 2019).

Para certificar la calidad del biodiésel, se requiere que el producto de biodiésel pase las especificaciones estándar que proporcionan los centros de datos de combustibles alternativos en todo el mundo, principalmente con las regulaciones EN-14214 del Comité Europeo de Normalización (CEN) y la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) con las especificaciones ASTM-D6751, las cuales deben de cumplirse antes de ser adicionado en mezclas con petrodiesel (Kim y Hanifzadeh, 2018). Los parámetros de inyección, la



sincronización y atomización, son extremadamente influyentes en la combustión, el rendimiento y las emisiones de los motores diésel, se limitan por algunas propiedades del biodiésel principalmente físicas como la densidad, viscosidad y compresibilidad, especialmente la viscosidad siendo un parámetro crítico para determinar la calidad del biodiésel (Şen y Keskin, 2018). La alta viscosidad afectará el flujo del biodiésel a través de las líneas de combustible, los inyectores, el cilindro, y en mayor proporción al proceso de atomización del cual resulta una combustión menos eficiente debido a la formación de gotas grandes durante el proceso de inyección y una mala mezcla con el aire (Kim y Hanifzadeh, 2018).

Las grasas animales puras tienen viscosidades más altas que aumentan el número de grupos en los ésteres metílicos de ácidos grasos que afectan la calidad del biodiésel producido a partir de grasas animales teniendo en consecuencia una alta viscosidad que deteriorará y afectará la atomización, vaporización y directamente afecta la combustión del motor (Kirubakaran y Selvan, 2018). Hay varios métodos disponibles para la estimación de viscosidades de hidrocarburos puros y crudos que pueden clasificarse como teóricos o empíricos, la estimación de la viscosidad de las mezclas es hoy uno de los problemas más difíciles en todo el dominio de la estimación de propiedades, sin embargo, no existe un modelo común y universal para la predicción de la viscosidad de estos sistemas en diferentes condiciones y los que son usados con frecuencia cuentan con altos índices de error. Existen métodos empíricos que requieren el conocimiento de la viscosidad (cinemática o dinámica), volumen, peso o fracción molar para cada uno de los componentes de la mezcla (Suárez *et al.*, 2018).

Por lo antes mencionado, en este trabajo se sintetizó biodiésel a partir de grasa de pollo residual, con una etapa de pretratamiento de esterificación ácida, el cual, una vez purificado se determinó su viscosidad cinemática en estado puro posteriormente se mezcló con diésel de petróleo en diferentes proporciones. A las mezclas obtenidas, se les determinó la viscosidad cinemática experimentalmente para después mediante el uso de los modelos matemáticos de reglas de mezclado, la viscosidad cinemática del biodiésel en estado puro y un ajuste de coeficiente de correlación obtener la viscosidad cinemática teórica para predecir los valores experimentales determinados en el laboratorio y corroborar que regla de mezclado se ajustaba mejor a la viscosidad experimental, además de corroborar la reducción de la viscosidad entre las distintas mezclas realizadas aplicando el pretratamiento de esterificación ácida y de



acuerdo con las normas ASTM y EN comprobar que mezcla puede ser utilizada comercialmente cumpliendo con todos los parámetros necesarios.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó grasa residual recuperada de la planta de tratamiento de aguas de una planta de procesadora de aves ubicada en la localidad de Fortín de las Flores, Veracruz. El presente estudio se desarrolló en el laboratorio 112 de la Facultad de Ciencias Químicas Orizaba de la Universidad Veracruzana. El laboratorio proporciono todos los materiales necesarios para realizar el estudio como lo son material de vidrio, equipos reactivos y asesoría. A la grasa recuperada se le aplicó el pretratamiento de desgomado para retirar principalmente fosfolípidos y las denominadas “gomos” y compuestos derivados de la queratina y gnetina provenientes de la piel de pollo, los cuales afectan el rendimiento de la transesterificación al no ser ácidos grasos. Para este pretratamiento se agregó una solución acuosa de bicarbonato de sodio al 10% a una temperatura de 120°C, con una agitación de 500 rpm y un reflujo durante 45 min, posteriormente se realizó una separación por decantación y por último se analizó fisicoquímicamente la grasa limpia.

### **Caracterización de la grasa**

La caracterización fisicoquímica se realizó de acuerdo con los métodos de las Normas Oficiales Mexicanas de alimentos aplicadas a grasa y aceites, ver Cuadro 1.

**Cuadro 1. Determinaciones fisicoquímicas para la calidad de grasa.**

<b>Determinación</b>	<b>Norma Mexicana</b>
Gravedad específica	NMX-F-075-SCFI-2012
Humedad	NMX-F-158-1986
Índice de refracción	NMX-F-074-SCFI-2011
Punto de fusión	NMX-F-114-SCFI-2011
Punto de solidificación	NMX-F-115-1987
Índice de saponificación	NMX-F174-S-181
Índice de acidez	NMX-F-101-SCFI-2012
Rancidez	NMX-F-222-1975

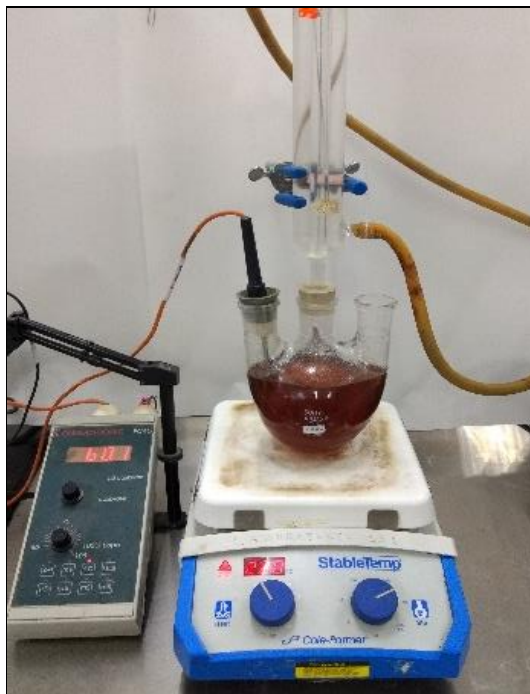


## **Esterificación ácida**

Se sometió la grasa limpia al pretratamiento de esterificación ácida para convertir la cantidad de ácidos grasos excedentes en ésteres metílicos, con una solución de metanol con ácido sulfúrico en una relación molar metanol-grasa 1:6. Se estimó el peso molecular de la grasa con el índice de saponificación, agregando una cantidad de ácido sulfúrico equivalente al 1% del peso de la grasa ( $W_{H_2SO_4}/W_{grasa}$ ). Se utilizó un exceso del 7% de metanol para considerar las pérdidas por evaporación durante la reacción, la cual se llevó a cabo en un sistema de reflujo con una corriente de agua fría a 17°C y se mantuvo control sobre temperatura a 60°C y agitación a 700 rpm durante 90 minutos. Finalizada la reacción, se llevó a decantación donde se dejó en reposo durante 12 horas y se separaron las fases formadas. La fase inferior formada (ésteres metílicos y grasa sin reaccionar) se purificó mediante un rota vapor para retirar el exceso de metanol y pasó al proceso de transesterificación, mientras que la fase superior (agua obtenida en el proceso de esterificación, catalizador regenerado y exceso de metanol) se recolectó y almaceno como desecho. Dichas condiciones se obtuvieron y propusieron del trabajo realizado por Chavan, et al., (2017) su estudio obtiene las mejores condiciones para la mayor conversión de ácidos grasos.

## **Transesterificación alcalina**

La grasa previamente esterificada y purificada se sometió al proceso de transesterificación alcalina, con una solución de metanol con hidróxido de potasio en una relación molar metanol-grasa 1:6. Se estimó el peso molecular, agregando una cantidad de hidróxido de potasio equivalente al 1% del peso de la grasa ( $W_{KOH}/W_{grasa}$ ). Se utilizó un exceso del 7% para considerar las pérdidas por evaporación durante la reacción, la cual se llevó a cabo en un sistema de reflujo con una corriente de agua fría a 17°C (Figura 1) y se mantuvo control sobre temperatura a 60°C y agitación a 500 rpm durante 60 minutos. Finalizada la reacción, se llevó a decantación donde se dejó en reposo durante 12 horas y se separaron las fases formadas. La fase superior formada (ésteres metílicos) se purificaron mediante un rota vapor para quitar el exceso de metanol y la fase inferior formada (glicerina) se recolectó y almaceno como desecho. Las condiciones fueron utilizadas del trabajo realizado por Poxtan, (2019) quien previo a este estudio obtuvo las mejores condiciones a distintas relaciones de metanol-grasa y catalizador.



**Figura 1. Proceso de transesterificación.**

### **Caracterización fisicoquímica y calidad del biodiésel**

Se realizó la caracterización fisicoquímica del biodiésel obtenido para determinar su calidad en base a los estándares de calidad con las regulaciones EN-14214 del Comité Europeo de Normalización (CEN) y la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) con las especificaciones ASTM-D675. EL Cuadro 2, muestra las determinaciones y las normas bajo las cuales se realizaron.

**Cuadro 2. Determinaciones y normas para la calidad de biodiesel.**

<b>Determinación</b>	<b>Norma</b>
Densidad	EN ISO 3675: 1998 & ASTM D4052-18a
Índice de refracción	NMX-F-074-SCFI-2011
Punto de inflamación	EN ISO 2719:2002 & ASTM D92-2012b
Corrosividad por tira de cobre	EN ISO 2160:1998 & ASTM D130
Número ácido	EN 14104 & ASTM D664
Punto de nube o enturbiamiento	EN 23015:1994 & ASTM D2500
Glicerina total y libre	EN 14105:2011 & ASTM D6584
Viscosidad	EN ISO 3104 & ASTM D445



### **Comportamiento reológico del biodiésel en estado puro y mezclas**

Se utilizó un viscosímetro rotacional Brookfield DV2-LV con aguja tipo ULA modelo BROOK00130 y chaqueta de control de temperatura (Figura 2). Se aplicaron velocidades de corte de 10 a 200 rpm en intervalos de 10 rpm. La medición se realizó por duplicado al biodiésel y Diesel en estado puro a una temperatura de 40°C de acuerdo con la norma ASTM D445 y EN ISO 3104. Posteriormente, se realizó la medición a las mezclas de biodiésel/Diesel por duplicado en 3 niveles de concentración: 25, 50 y 75% en volumen de concentración de biodiésel, por último, se obtuvieron datos sobre velocidad y esfuerzo de corte, los cuales se graficaron con Microsoft Excel para obtener la ecuación de la recta generada y conocer el dato la viscosidad, a través de la ordenada al origen.



**Figura 2. Viscosímetro Brookfield y recirculador termostático.**

### **Predicción de la viscosidad mediante reglas de mezclado**

Una vez que se recopilan los datos de esfuerzo cortante y velocidad de corte, los modelos reológicos se pueden utilizar para obtener una mayor comprensión de la respuesta del flujo, se utilizaron los modelos reológicos para obtener los índices de flujo ( $n$ ) e índice de consistencia ( $K$ ) para evaluar el tipo de fluido al que corresponde el biodiésel en estado puro y las mezclas de biodiésel-diésel.





Posteriormente, a partir de las mediciones experimentales de la viscosidad cinemática para las mezclas, se utilizaron 5 reglas de mezclado con la finalidad de ajustar tales modelos matemáticos y determinar la ecuación matemática que mejor predice los valores de viscosidad matemática determinados en la parte experimental, las reglas de mezclado consideradas fueron: Newton, Arrhenius, Bingham, Kendall & Monroe, Walter & Cragoe, ver Cuadro 3.

**Cuadro 3. Reglas para la predicción de viscosidad en mezclas de diésel / biodiésel.**

Modelo	Ecuación
Newton	$\nu_m = (\nu_A \cdot \chi_{\nu A}) + (\nu_B \cdot \chi_{\nu B})$
Arrhenius	$\nu_m = \nu_A^{\chi_{\nu A}} \cdot \nu_B^{\chi_{\nu B}}$
Bingham	$\frac{1}{\nu_m} = \frac{\chi_{\nu A}}{\nu_A} + \frac{\chi_{\nu B}}{\nu_B}$
Kendall-Monroe	$\nu_m^{1/3} = \chi_{\nu A} \nu_A^{1/3} + \chi_{\nu B} \nu_B^{1/3}$
Cragoe	$\frac{1}{\ln(2000\nu_m)} = \sum \frac{\chi_{\nu i}}{\ln(2000\nu_i)}$

Las reglas de mezclado y su nomenclatura de cada una de ellas fueron propuestas del trabajo realizado por Hernández, *et al.*, (2021) en su estudio realiza una clasificación de reglas de mezclado.

## Resultados y Discusión

### Caracterización fisicoquímica de la grasa desgomada

En el Cuadro 4, se observan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica donde a excepción del índice de saponificación y el índice de acidez obtuvieron valores altos. El índice de saponificación dió un valor de 242.21 mg KOH/g de grasa, sin embargo, comparando con el estudio realizado por Guayara *et al.*, (2017) demuestra obtener un valor de 309.74 mg KOH/g de grasa, por lo que el valor obtenido es aceptable. El segundo parámetro analítico más ocupado para definir una etapa previa a la transesterificación es el índice de acidez, que se expresa como la cantidad de KOH en mg requeridos para neutralizar 1 g de ácidos grasos de



metiléteres, el valor obtenido fue 8.8588%, lo que indica que es necesario realizar una etapa previa de esterificación para la reducción de los ácidos grasos.

**Cuadro 4. Caracterización de grasa.**

Determinación	Grasa de Pollo	Valores permitidos	Referencias
Densidad (g/mL)	0.9083	0.894-0.932	(Alptekin y Canakci, 2011)
Humedad (%)	0.1930	Máx. 1	NMX-F-211-1987
Índice de refracción	1.460	1,462	(Farmani y Rostammir, 2015)
Índice de saponificación (mg KOH/g de grasa)	242.21	192-203	(Guayara <i>et al.</i> , 2017)
Índice de acidez (% AGL)	8.8588	<1.0%	(Kirubakaran y Selvan, 2018)

El índice de acidez inicial de la grasa de pollo fue de 8.7309%. Después de realizar el proceso de esterificación ácida disminuyó drásticamente, obteniendo el valor de 0.3922%. Este valor representa una conversión de ácidos grasos libres a ésteres metílicos del 95.5716%. El valor del índice de acidez obtenido es menor al reportado por Kirubakaran y Selvan (2018) del 0.43% en la esterificación de grasa de pollo.

#### **Pruebas de calidad de biodiésel**

En el Cuadro 5, se observan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica, donde se comparan los valores del biodiésel contra los valores especificados en las normas ASTM-D6751 y EN-14214. Dentro de los parámetros más importantes la densidad del biodiésel se encuentra dentro del rango establecido con un valor de 0.8727 g/cm<sup>3</sup>, la viscosidad cinemática tiene un límite de 3.5-5.0 y 1.9-6.0 mm<sup>2</sup>/s de acuerdo con las normas EN-14214 y ASTM-D6751. El valor obtenido en el presente trabajo fue de 4.69 mm<sup>2</sup>/s. Rajak y Verma (2018) dan a conocer una serie de viscosidades a partir de distintas materias primas dentro de las cuales se encuentra la grasa de pollo con un valor de 5,3 mm<sup>2</sup>/s, y ésta diferencia puede deberse a la naturaleza de la materia prima utilizada y su purificación en los experimentos. El número de ácido obtiene un valor de 0.1687 mg de KOH/g, esta propiedad influye en el envejecimiento del combustible y es un indicador de la calidad del producto. Está limitado a un máximo de 0.50 mg de KOH/g para EN-14214 y ASTMD6751, respectivamente.



**Cuadro 5. Pruebas de calidad realizadas para el biodiésel puro.**

Prueba	Biodiésel de Pollo	Límites permitidos	Referencia
Densidad a 15°C (g/cm <sup>3</sup> )	0.8727	0.86 – 0.9	EN-14214
Índice de refracción	1.459	≤1.479	NMX-F-074-SCFI-2011 ASTM D1218
Punto de inflamación (°C)	198	>120 >130	EN-12214 ASTM-D6751
Corrosión de lámina de cobre (Grado de corrosión)	No. 1	No 1 máx. No 3 máx.	EN-14214 ASTM-D6751
Número de ácido (mg KOH/g)	0.1687	0.50 máx.	EN-14214 ASTM-D6751
Punto de nube	-5	máx. 38 – 50°C min. -80 – 20 °C	ASTM-D6751
Glicerina total	0.049	0.25 máx. 0.24 máx.	EN-14214 ASTM-D6751
Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	4.69	3.5-5.0 1.9-6.0	EN-14214 ASTM-D6751

### Comportamiento reológico del biodiésel en estado puro y mezclas

Se analizaron las variaciones de los esfuerzos cortantes respecto a los gradientes de velocidad (curvas de flujo), de acuerdo con la Figura 3, se observa que el biodiésel obtenido a partir de un pretratamiento de esterificación ácida y transesterificación alcalina presenta en el reograma una línea recta respecto al origen lo cual demuestra que tiende a un comportamiento reológico Newtoniano a una temperatura de 40°C, y como se puede observar en la Cuadro 6, donde se muestra el modelo de potencia (consultar modelos) con los índices correspondientes, así como su coeficiente de correlación.

**Cuadro 6. Ecuación y coeficiente de correlación para la curva de flujo correspondiente al biodiésel obtenido a partir de la grasa de pollo.**

Modelo	Biodiésel	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>
Newtoniano	Pollo	$\tau = 0.0041\gamma$	0.9998

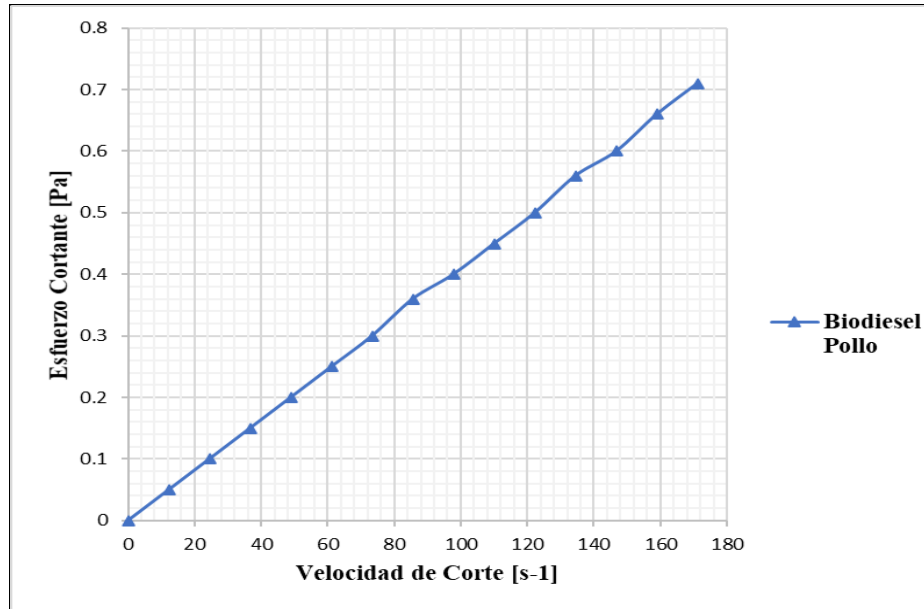


Figura 3. Reograma ajustado al modelo newtoniano.

La Figura 4, muestra los datos reológicos experimentales de la viscosidad cinemática para diferentes mezclas (% volumen) de biodiésel-diésel.

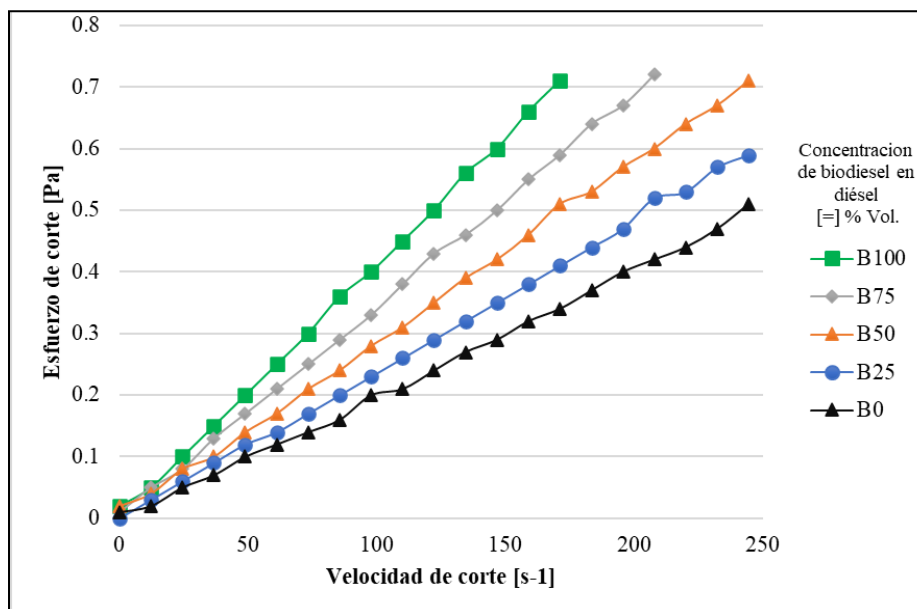


Figura 4. Reograma mezclas de biodiésel pollo/diésel.



Las mezclas realizadas con el biodiésel de pollo tienen distintas viscosidades cinemáticas, pero todas presentan comportamiento Newtoniano. Se puede observar que a medida que aumenta de biodiésel en las mezclas, la pendiente (viscosidad dinámica) tiende a ser mayor. Este comportamiento es debido a que en cada una de las mezclas se encuentran diferentes proporciones de biodiésel/diésel, obtenidos en diferentes niveles de concentración de biodiésel en el diésel. Las mezclas realizadas con el biodiésel de pollo tienen distintas viscosidades, pero todas presentan comportamiento Newtoniano. Se puede observar que a medida que aumenta la concentración de biodiésel en las mezclas, la inclinación tiende a ser mayor. Este comportamiento es debido a que en cada una de las mezclas se encuentran diferentes proporciones de biodiésel/diésel.

### Viscosidad teórica de las mezclas de biodiésel y diesel

Analizadas las reglas de mezclado para la predicción de la viscosidad cinemática se obtuvo un resultado en relación con el ajuste de correlación del 99% en el valor de la  $R^2$  el cual indica que todos los datos de viscosidad obtenidos son significativamente viables para la predicción de todas las mezclas de biodiésel de pollo.

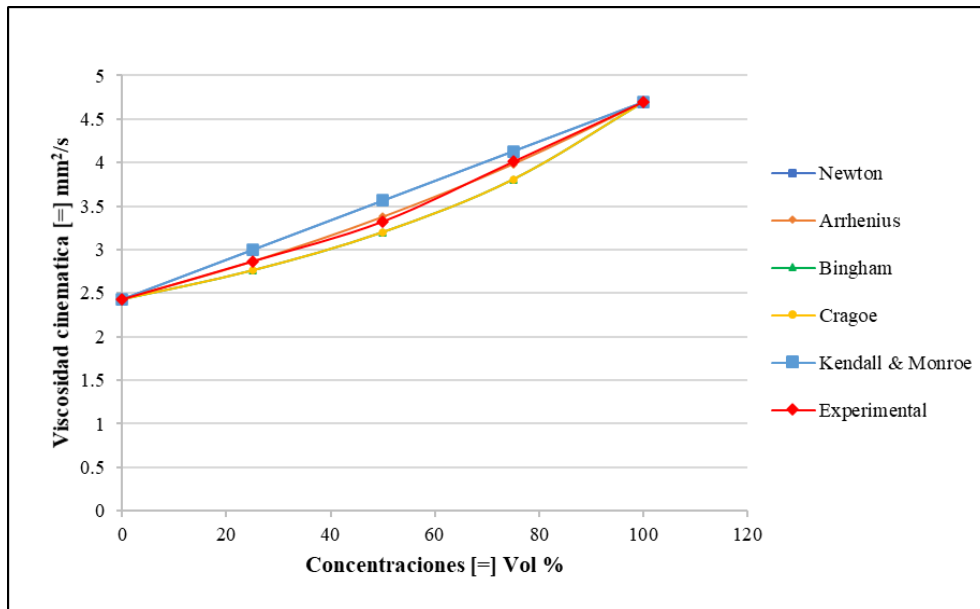


Figura 5. Viscosidad cinemática en función de la composición volumétrica de biodiésel pollo-diésel.



El modelo de Newton y Kendall & Monroe demostraron obtener valores de viscosidad ligeramente bajos en las mezclas realizadas de los tres tipos de biodiésel, caso contrario fueron el modelo de Bingham, Cragoe y Arrhenius los cuales demostraron obtener los mejores datos en la predicción de la viscosidad, comparando el resultado de la predicción y el porcentaje de variación de  $R^2$  obtenidos con el trabajo realizado Hernández *et al.*, (2019) la mejor regla de mezclado fue Arrhenius quien obtuvo un coeficiente de correlación de 0.999.

Todas las mezclas realizadas a partir de B75 cumplen con los lineamientos establecidos por las normas EN 14214 y ASTM D6751, pero la mezcla B25 donde el parámetro ya no cumple con los valores establecidos por la norma EN-14214 mientras que la norma ASTM-D6751 acepta dicho valor en la mezcla.

### Ajuste de las viscosidades experimentales y teóricas de las mezclas

La evaluación de las distintas reglas de mezclado (Figura 5) da una aproximación a los resultados experimentales de las mezclas de biodiésel, sin embargo, para comprobar la exactitud del modelo empleado se hace el ajuste del porcentaje de variación  $R^2$  para cada modelo.

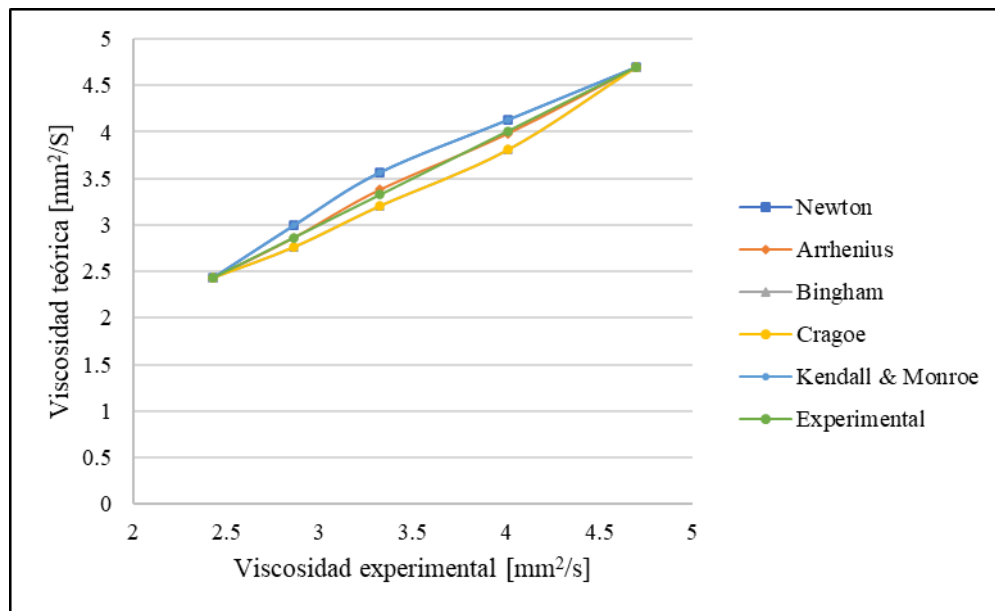


Figura 5. Ajuste de las reglas de mezclado para mezclas de biodiésel de pollo.



El Cuadro 7, muestra el valor de variación que obtuvo cada uno de los modelos empleados los modelos que obtienen mejor predicción de la viscosidad son Arrhenius, Bingham y Cragoe.

**Cuadro 7. Coeficientes de correlación de las reglas de mezclado empleadas para la predicción de las mezclas.**

Regla de mezclado	R <sup>2</sup>
Newton	0.9875
Arrhenius	0.999
Bingham	0.9909
Cragoe	0.9909
Kendall & Monroe	0.9875

El trabajo realizado por *Kanaveli, et al.*, (2017) demuestra que, al evaluar una serie de reglas de mezclado, la que mejor predice los resultados son los modelos de Arrhenius y Bingham, por lo tanto, al usar ambos modelos se pueden obtener datos de viscosidad teórica muy cercanos a los datos de la viscosidad experimental.

## Conclusiones

La esterificación como pretratamiento tiene mayor conversión de los ácidos grasos que te permiten obtener mayor cantidad de biodiésel y que además afectan la reacción de transesterificación y principalmente la viscosidad.

La evaluación de la viscosidad experimental cumplió con los estándares de calidad ASTM y EN con un valor de 4.69 mm<sup>2</sup>/s, logrando una baja viscosidad del biodiésel obtenido incluso antes de utilizarlo en mezclas.

Los modelos de predicción de la viscosidad cinemática se ajustaron adecuadamente a los valores experimentales, destacando principalmente el modelo de Arrhenius, Bingham y Cragoe por su alta capacidad de predicción, por lo cual estos modelos pueden ser utilizados para obtener la predicción de viscosidad teórica en futuras investigaciones.

La reducción mediante las mezclas de biodiésel/diésel fueron óptimas desde la mezcla en concentración B75 cumpliendo con el valor establecido para la norma ASTM y EN.



## Literatura Citada

- Alptekin, E. & Canakci, M., 2011. Optimization of transesterification for methyl ester production from chicken fat. *Fuel*, 8(90), pp. 2630-2638.
- Chavan, S. B., Yadav, M., Singh, R. & Singh., V., 2017 . Producción de biodiésel a partir de tres materias primas autóctonas: optimización de los parámetros del proceso y evaluación de diversas propiedades del combustible. *Progreso ambiental y energía sostenible*, 36(3).
- Farmani, J. & Rostammir, L., 2015. Characterization of chicken waste fat for application in food technology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(2), pp. 143-150.
- Giwa, S. O., L. A. C. & Adam, N. M., 2014. Fuel properties and rheological behavior of biodiésel from egusi (*Colocynthis citrullus* L.) seed kernel oil. *Fuel Processing Technology*, Volumen 122, pp. 42-48.
- Guayara, A., Rodríguez, A., Rubio, J. & Gallegos, W., 2017. Evaluación del proceso de obtención de biodiésel por catálisis heterogénea a partir de la grasa de pollo recuperada de los residuos generados en el proceso de cocción. *INNOVA Research Journal*, 2(12), pp. 99-111.
- Hernández, E. A., Sánchez-Reyna, G. & Ancheyta, J., 2021. Evaluation of mixing rules to predict viscosity of petrodiesel and biodiesel blends. *Fuel*, Volumen 283.
- Kanaveli, I.-P., Atzemi, M. & Lois, E., 2017. Predicting the viscosity of diesel/biodiesel blends. *Fuel*, 199(1), pp. 248-263.
- Kim, D. S. & Hanifzadeh, M., 2018. Trend of Biodiesel Feedstock and Its Impact on Biodiesel Emission Characteristics. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(1), pp. 7-19.
- Kirubakaran, M. & Selvan, V. A. M., 2018. A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste chicken fat. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), pp. 390-401.
- Paredes Cervantes, S. A., Barahona-Pérez, L. F., Barroso-Tanoira, F. G. & Ponce-Marbán, D. V., 2020. *Revista De Economía, Facultad De Economía, Universidad Autónoma De Yucatán*. Biocombustibles y su potencial en el mercado energético mexicano, 37(94), pp. 35-56.
- Poxtan, L. D. L., 2019. "Evaluación de la producción de biodiésel con etanol carburante y grasas residuales de pollo, cerdo y vegetal en catálisis homogénea". s.l.:Universidad Veracruzana.





- Rajak, U. & Verma, T. N., 2018. Effect of emission from ethylic biodiesel of edible and non-edible vegetable oil, animal fats, waste oil and alcohol in CI engine. *Energy Conversion and Management*, Volumen 166, pp. 704-718.
- Reséndiz Vega, M. M.-S. R. & B.-L. P., 2019. Biodiesel & combustóleo, alternativa sostenible. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 6(11), pp. 16-19.
- Şen, M. & Keskin, A., 2018. Production of Biodiesel from Broiler Chicken Rendering Fat and Investigation of Its Effects on Combustion, Performance, and Emissions of a Diesel Engine. *Energy Fuels*, 32(4), p. 5209–5217.
- Suárez Dominguez, E., Perez-Sanchez, J., Palacio-Perez, A. & Izquierdo-Kulich, E., 2018. Nueva regla de mezclado para el analisis de la influencia de una formulacion sobre la viscosidad del crudo extrapesado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17(1), pp. 99-106.



# MORFOMETRÍA DE SEMILLAS DE *Bauhinia monandra* Kurz COLECTADAS EN TRES ZONAS RUDERALES

Manuel Villarruel Fuentes<sup>1\*</sup>, César Viveros Colorado<sup>1</sup>, Eber David Azamar Morales<sup>1</sup> y Valentín López Hernández<sup>2</sup>

## Resumen

En las regiones tropicales, la abundancia de recursos naturales y su variabilidad genética representa una alternativa para el desarrollo de sistemas productivos con enfoque agroecológico. Sin embargo, la incorporación de nuevas especies a los sistemas agrosilvopastoriles exige la caracterización previa de las especies, a fin de identificar su comportamiento biológico en condiciones naturales en diferentes sitios de colecta. Sobre esta base se realizó un estudio morfométrico de semillas de *Bauhinia monandra* Kurz, colectadas en tres localidades del estado de Veracruz, México. Para el análisis estadístico se empleó el programa IBM SPSS®, versión 20.0, seleccionándose aleatoriamente 324 semillas por localidad (n=972). Las variables medidas incluyeron: Longitud de Semilla (mm), Diámetro Ecuatorial de Semilla (mm), Espesor de Semilla (mm) y Peso Individual de Semilla (g). El análisis de varianza mostró una diferencia estadística entre los sitios ( $\alpha$  0.01) para las variables estudiadas, con grupos que integran en un mismo subconjunto por sus significancias a los sitios 1 y 2 diferentes a 2 y 3 (Tukey  $\alpha$  0.01) para Diámetro Ecuatorial, 1 y 2, diferentes a 3 (Tukey  $\alpha$  0.01) para Espesor; 1, distinto a 2 y 3 para Peso Individual por semilla y Longitud de Semilla (Tukey  $\alpha$  0.01).

**Palabras clave:** Variabilidad, arbóreas, arbustivas, leguminosas, agroecología

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Km. 4.5 Carretera Cardel-Chachalacas, Col. Campestre, Villa Úrsulo Galván, Ver., México. Cp. 91667. \* [dr.villarruel.fuentes@gmail.com](mailto:dr.villarruel.fuentes@gmail.com)

<sup>2</sup> Consultor Independiente.



## Introducción

En conceptos de Bonilla, Carbajal y Siles (2016) “La caracterización morfológica es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación” (p.158), ya que permiten estudiar la estructura de las plantas, con el objetivo de describir los órganos que las integran. Dichas características morfológicas se han utilizado para estudiar la diversidad genética, lo que permite identificar plantas cultivadas y conservar los recursos genéticos (Onamu *et al.* 2012).

De acuerdo con Viveros *et al.* (2005) “el manejo de los recursos forestales, hoy se concibe necesariamente desde un punto de vista (*sic*) de la conservación y manejo de los recursos genéticos, con todo lo que implica conocer su variabilidad ante un potencial de nuevos productos” (p.170). Sobre esta base es necesario considerar las limitaciones propias del ambiente, particularmente de las características edafoclimáticas que definen la adaptación y crecimiento de las plantas, destacándose su potencial reproductivo, el cual se ve comprometido cuando estos recursos fitogenéticos se encuentran en condiciones no apropiadas para su supervivencia.

En las zonas tropicales, pese a la abundancia de recursos naturales factibles de ser aprovechados en sistemas integrales de producción “actualmente no se disponen de caracteres morfoagronómicos identificados [...] que permitan seleccionar individuos para un programa de mejora genética” (Bonilla *et al.* 2016,), con fines productivos y ecológicos, lo que deja abierta la posibilidad de encauzar las investigaciones hacia el estudio del comportamiento adaptativo de las plantas, expresado particularmente a través de su capacidad para producir frutos y semillas, ya que “conocer los aspectos del ciclo de vida de una especie es importante para manejar y conservar sus poblaciones” (Tálamo *et al.* 2012).

Un primer momento en el estudio de la factibilidad de estas especies como recursos promisorios para el establecimiento de sistemas integrales de producción, se centra en reconocer sus propiedades nutritivas o medicinales, sus habilidades naturales de adaptación y su capacidad biológica para reproducirse y cerrar su ciclo de vida, particularmente si se trata de especies arbóreas o arbustivas.

Al respecto Medina *et al.* (2010) refieren que a pesar de las diversas ventajas que ofrecen los sistemas agroforestales (SAFs) como estrategias para conservar el agua y los suelos, mejorar



el reciclaje de nutrientes, favorecer la producción de biomasa comestible, leña, frutos y productos medicinales “la propagación de especies arbóreas y arbustivas ha sido una de las limitaciones para su establecimiento y adopción dentro de los esquemas de producción agrícola en Latinoamérica” (p.233).

El mismo Medina *et al.* (2010) hacen hincapié en que “actualmente, existen muchas especies arbóreas y arbustivas que son utilizadas en las condiciones tropicales como componentes importantes de SAFs” (p.234); destacan al respecto especies como el Guaje (*Leucaena leucocephala*), la Guácima o Guázamo (*Guazuma ulmifolia*), el Guamuchil (*Pithecellobium dulce*) entre otros. Sin embargo, existe una gran diversidad de especies que no han sido evaluadas en condiciones de vivero y de sitio, desconociéndose su potencial agroecológico.

Toral *et al.* (2006) y Clavero y Suárez (2006), citados por Cordoví *et al.* (2013), reportan que las ventajas del empleo de las especies arbóreas y arbustivas se centran principalmente en su “alta capacidad para adaptarse a diferentes condiciones de suelo y regímenes de explotación, aun cuando no se utilice riego ni fertilización” (p. 435). Sin embargo, también advierten que “se presentan limitaciones en cuanto al uso de la agroforestería en la producción animal, fundamentalmente por la baja disponibilidad del germoplasma que se utiliza, tanto en la investigación como en el área comercial (p.435). De aquí que sea necesario caracterizar las especies que poseen dichos atributos biológicos, dotándoles de un valor comercial de uso.

Si bien “actualmente se promueve que las mejoras en los sistemas de producción animal tropical sean con enfoque sostenible, y es en estas regiones tropicales donde existen muchas oportunidades para realizarlas, debido a su riqueza biológica” (Pinto-Ruiz *et al.* 2005, p. 88), existen especies que han pasado prácticamente desapercibidas, a pesar de formar parte del paisaje natural de los entornos biológicos, todo ello en ambientes antropizados.

Este es el caso de la Pata de Vaca o Cabra (*Bauhinia spp.*), la cual crece principalmente en áreas tropicales del planeta (aproximadamente 400 especies) (Barragán *et al.* 2010). Esta gran cantidad de especies ha derivado en que la taxa relacionada con el género ha estado sujeta a confusiones, es así que “algunos autores lo incluyen dentro de la familia *Leguminosae*, [...] en tanto que para la nomenclatura moderna pertenece a la familia *Fabacea*” (Barragán *et al.* 2010, p.120). Mientras que Duno de Stefano y Cetzal-Ix (2016), la sitúan como una *Caesalpinioideae*, subfamilia de la familia *Fabaceae*.



De acuerdo con Sánchez-González y Cascante-Marín (2008) se trata de una especie originaria de la India y Asia Tropical, cultivada ampliamente como ornamental en los trópicos. En México, se reporta que “a pesar de que *B. monandra* es una especie introducida, hay evidencia de que es conocida y usada por los pobladores de las zonas urbanas, periurbanas y rurales” (Chan-Quijano *et al.* 2018, p. 52). Se trata de un árbol que puede alcanzar de 5 a 6 m de altura y de 10 a 40 cm de diámetro. Florece a través de todo el año, pero lo hace más profusamente en los meses de diciembre a abril y los frutos se producen en la misma época. Esta especie se distingue por sus hojas en forma de casco de vaca y las flores púrpuras o blancas muy llamativas. Es un árbol muy común en las calles y jardines.

Es una planta perenne, que se encuentra principalmente en ambientes ruderales, como orillas de carreteras. También se puede encontrar en potreros y plantaciones tropicales. Se distribuye ampliamente en México, encontrándose en: Baja California Sur, Sinaloa, Tamaulipas, Durango, San Luís Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Querétaro, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, y se propaga por semillas y estacas (CONABIO, 2010).

Si bien no existe abundante información sobre el empleo del género *Bauhinia* dentro de los sistemas de producción agroforestal, destacan los trabajos de Hernández *et al.* (2003) quienes evaluaron cuatro sistemas de pastoreo con ganado Cebú: pasto solo y combinado con *Albizia lebbek*, *Bauhinia purpurea* y *Leucaena leucocephala*, encontrando que *Bauhinia* mantuvo altos niveles de biomasa comestible. Así como los reportados por Toral *et al.* (2006), los que evaluaron 60 accesiones de arbóreas y arbustivas, con el objetivo de seleccionar leñosas promisorias para la alimentación del ganado bovino, a partir de un proceso selectivo secuencial de un germoplasma colectado e introducido en Cuba, donde en experimentos desarrollados en vivero encontraron una alta variabilidad entre las accesiones estudiadas, sobresaliendo cuatro accesiones de *Bauhinia*; además en la etapa de aceptabilidad dos accesiones de *Bauhinia* fueron de las más ramoneadas.

Por otra parte González (2003) reporta que particularmente en Cuba se ha introducido *Bauhinia purpurea* en los sistemas de explotación pecuaria, destacando los trabajos de Hernández *et al.* (2000), quien al asociarla con pasto Guinea likoni, lograron una biomasa comestible entre 520 y 410 kg de MS/ha; así como a Hernández (2000) quien con base en sus estudios recomienda la adición de follaje de *Bauhinia* como una alternativa para incrementar



la biomasa de guinea (*Panicum máximum*) asociada a los árboles, la que presenta una calidad aceptable, ya que las exportaciones de nutrientes de esta gramínea son restituidas por el aporte que realiza el árbol.

Se destaca que a pesar de los estudios realizados en torno a *Bauhinia*, estos se han decantado hacia su empleo directo dentro de sistemas de producción pecuaria, lo que deja de lado los estudios básicos, sobre todo los morfométricos, importantes al momento de seleccionar especímenes promisorios, o bien, de identificar las potencialidades reproductivas de las distintas accesiones, objetivo que orientó el presente estudio. Al respecto Connor (2002), investigador de Estación de Investigación del Sur del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, indica que “no hay disponibilidad de informes publicados sobre el manejo de vainas y semillas de esta especie” (p.327), por lo que según este autor “en la mayoría de las *Fabaceae*s templadas de semillas duras, la madurez de la vaina se determina por un cambio de color de verde a pardo claro u oscuro” (p.327), lo que deja abierta la posibilidad de desarrollar estudios encaminados a contribuir al conocimiento sobre las variables morfológicas que identifican a *Bauhinia*, sobre todo de su fruto y semillas, entendiéndose como los órganos que mejor reflejan su condición y capacidad de adaptación a los ambientes antropizados, propios de la zona centro del estado de Veracruz, México.

## **Materiales y Métodos**

El estudio consideró la colecta de frutos provenientes de tres sitios (Figura 1), identificadas como Paso del Bobo, Cardel y Paso de Varas (Figura 2), ubicadas en la región fisiográfica denominada Llanura Costera del Golfo Sur (Figura 3). Si bien se trató de un estudio sobre lugares o sitios de colecta, se considera como un antecedente a estudios más amplios sobre procedencias, ya que a decir de Burley (1969) “El término «procedencia» denota la fuente geográfica de la semilla o material vegetal o las plantas procedentes de tal fuente” (p.1). específicamente “se define procedencia de la semilla como el área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores y dentro de la cual se ha desarrollado su constitución genética” (Fontana *et al.* 2015). En conceptos de Quino (2013), este término, sinónimo de fuente de semilla, hace referencia al lugar físico del cual se obtuvo el germoplasma.

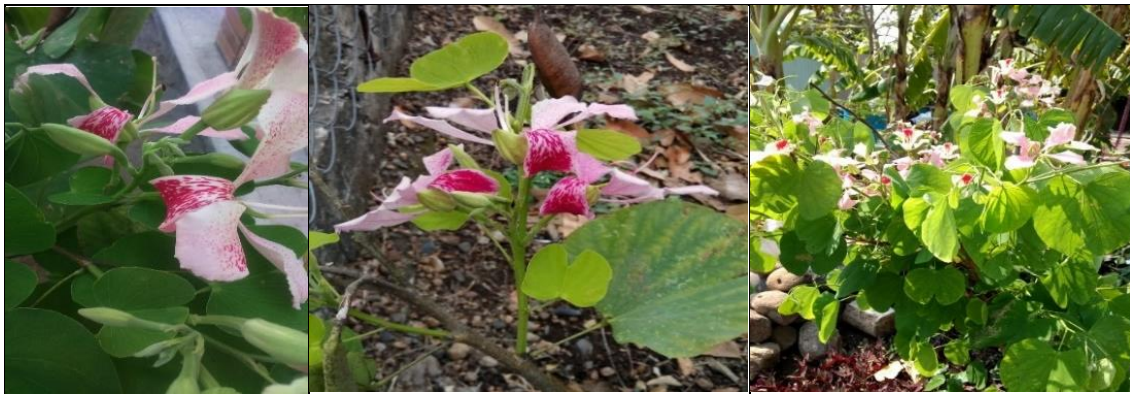


A continuación, se muestran los especímenes de las tres localidades, así como su ubicación geográfica (Cuadro 1, Figuras 1, 2 y 3):

**Cuadro 1. Sitios de colecta y sus características climáticas.**

Localidad	Coordenadas	Clima	Altura sobre el nivel del mar	Región fisiográfica (Subprovincia veracruzana)
Cardel (Mpio. La Antigua)	Latitud: 19° 22' 5.2" (19.3681°) norte y Longitud: 96° 22' 10.2" (96.3695°) oeste	Cálido-regular con una temperatura promedio de 25.3°C; su precipitación pluvial media anual es de 1500 mm.	18 m	Llanura Costera del Golfo Sur, en los municipios de La Antigua, Puente Nacional y Úrsulo Galván (Llanura Costera Veracruzana; INEGI, 2010)
Paso del Bobo (Mpio. Úrsulo Galván)	Latitud: 19° 25' 42.9" (19.4286°) norte Longitud y 96° 23' 51.4" (-96.3976°) oeste	Tropical húmedo con lluvias en verano, presenta una temperatura media anual de 25.8°C.	21 m	
Paso de Varas (Mpio. de Puente Nacional)	Latitud: 19° 21' 31.1" (19.3587°) norte y Longitud: 96° 25' 7.1" (-96.4186°) oeste	Clima cálido en la mayor parte del año, con un rango promedio de temperatura de 20°C-26°C y un rango de precipitación anual de 900 a 1600 mm.	53 m	

Tomado de: INEGI (2010); INEGI (2015); Mapcarta (2017).



**Figura 1. Especímenes de *Bauhinia monandra* localizadas en zonas ruderales del estado de Veracruz, México (de izquierda a derecha: Paso del Bobo, Paso de Varas y Cardel).**

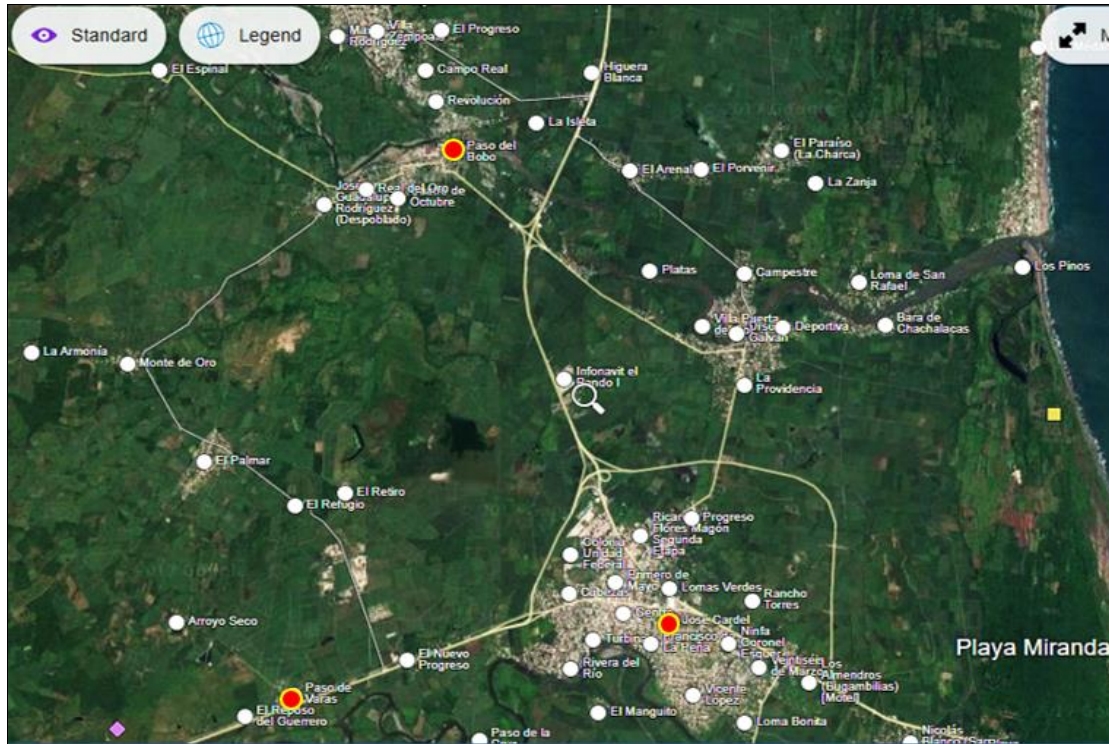


Figura 2. Localización de los sitios de colecta de frutos de *Bauhinia monandra* (círculos rojos) en zonas ruderales del estado de Veracruz, México. (Mapcarta, 2017).

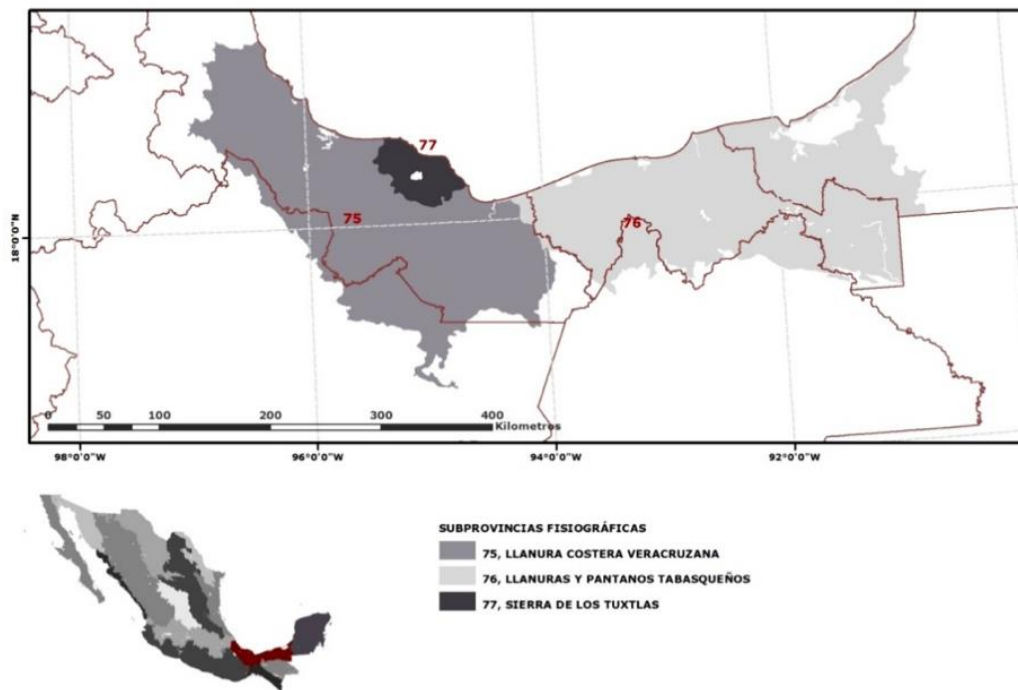


Figura 3. Llanura Costera del Golfo Sur (INEGI, 2010).





Una vez ubicado el hábitat ruderal, entendido como “una alteración frecuente de la superficie, ya sea causado por las actividades humanas (por ejemplo, sitios de construcción o bordes de carretera) o por perturbaciones naturales (por ejemplo, incendio)” (FAO, 2007, p.1), se procedió a la colecta de frutos, cortándolos directamente de las plantas. Las vainas (Figura 4) se mostraron con un estípote (eje basal) de 2 a 2.5 cm de largo, linear-oblonga, de 8 a 12 cm de largo, de 1.2 a 1.8 cm de ancho, de color café, que se abren en forma elástica, con semillas oblongas a suborbiculares, de 6 a 10 mm de largo, café oscuro, opacas (CONABIO, 2010). La colecta se realizó entre los meses de enero a marzo de 2018.



**Figura 4. Vainas y semillas de *Bauhinia monandra* colectadas en zonas ruderales del estado de Veracruz, México.**

De acuerdo a lo recomendado por Ramírez (2000), la semilla utilizada fue colectada de árboles selectos, con características fenotípicas deseables y libres de plagas y enfermedades. El muestreo se ajustó a la cantidad total de las vainas en cada planta seleccionada (N=3), colectándose manualmente: Paso del Bobo=40 (Sitio 1); Paso de Varas=25 (Sitio 2); Cardel=36 (Sitio 3) ( $\Sigma=101$ ). Las vainas fueron colocadas en bolsas de papel de estraza y etiquetadas para su identificación, trasladándose al Laboratorio de Biodiversidad del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Para el análisis estadístico de las variables se seleccionaron aleatoriamente 324 semillas de cada sitio (n=972), a fin de trabajar con grupos homogéneos. Las variables medidas incluyeron: Longitud de Semilla (mm), Diámetro Ecuatorial de Semilla (mm), Espesor de Semilla (mm) y Peso de Semilla (g). Los instrumentos de medición



incluyeron: regla de plástico graduada (30 cm), vernier electrónico marca Titan (0.001 de error) y balanza digital AMPUT (High Precision Balance). Para el análisis estadístico se empleó el programa IBM Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS®), versión 20.0.

## Resultados y Discusión

Al analizar las variables medidas en el total de semillas ( $n=972$ ) obtenido en los tres sitios de colecta de *B. monandra* (Cuadro 2) se puede observar que sus medidas de tendencia central muestran una homogeneidad que permite inferir un comportamiento análogo, con una media, moda y mediana indicativa de una distribución simétrica.

Esta condición confirma como “la enorme variación en el tamaño de las semillas entre las distintas especies contrasta con la estabilidad que muchas veces guardan entre sí las semillas de una misma especie” (Moreno-Casasola, 1996), lo que para este caso es un primer indicador del comportamiento biológico que la especie muestra dentro del área de estudio, bajo las condiciones edafoclimáticas predominantes, y deja entrever la factibilidad de su cultivo como especie promisoría con fines productivos.

**Cuadro 2. Estadísticos descriptivos en semillas de *Bauhinia monandra* obtenidas de tres sitios de colecta.**

Estadísticos	Longitud Semilla (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Espesor (mm)	Peso individual (g)
Válidos	972	972	972	972
Media	10.31	6.90	2.88	0.166
Mediana	10.40	7.00	3.00	0.173
Moda	10.40	7.10	3.10	0.192

Por otra parte, la expresión de las variables Diámetro de Semilla (mm) por sitio de colecta (Cuadro 3), muestra una tendencia promedio por sitio que confirma lo antes señalado, con coeficientes de variación que van del 12.46% al 16.55%, con una  $\bar{X}$  del orden de 6.90, y un coeficiente de variación de 14.89%. La baja dispersión de los datos muestra el nivel de



adaptación de la especie a los distintos entornos donde se localiza, ya que “se ha encontrado que la variación geográfica es a menudo la más importante para el caso de los caracteres relacionados con la supervivencia y la adaptabilidad” (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2012).

El promedio de diámetro se encuentra cercano a lo reportado para esta especie, la cual es de 7.04mm (Ilkiu y De Mendonça 2009).

**Cuadro 3. Estadísticos descriptivos para la Variable Diámetro Ecuatorial (mm) en semillas de *Bauhinia monandra* provenientes de tres sitios de colecta localizados en el estado de Veracruz.**

Sitio	$\bar{X}$	Coefficiente de variación (%)
1	7.05 ±1.06	15.11
2	6.90 ±0.86	12.46
3	6.74 ±1.11	16.55
$\bar{\bar{X}}$	6.902±1.02	14.89

Aunado a ello, la Longitud de Semilla (mm) mostró una expresión uniforme en relación a sus medias por sitio ( $\bar{X}$  de 10.12 a 10.66), así como una baja variabilidad en sus datos, con coeficiente de variación que van de 8.49% a 10.87%, con una  $\bar{\bar{X}}$ =10.58% (Cuadro 4). Esto es relevante ya que como señala Moreno-Casasola (1996), el tamaño de la semilla dependerá de cómo es el ambiente que la rodea y de la forma en que ésta se ha adaptado a esas condiciones; de esta forma, el tamaño probablemente esté manifestando un compromiso entre los requerimientos de dispersión (que favorecerían tamaños menores) y la necesidad de mayores reservas utilizables por la plántula para establecerse (que favorecerían tamaños mayores).

Respecto a la longitud mostrada por sitio, estos estuvieron dentro de los estadísticos reportados por Ilkiu y De Mendonça (2009), quienes reportan un promedio de 10.45 mm para esta especie, superior a lo encontrado para los sitios 2 y 3 y para la  $\bar{\bar{X}}$ .

**Cuadro 4. Estadísticos descriptivos para la variable Longitud de la Semilla (mm), en tres sitios de colecta de *Bauhinia monandra* localizadas en el estado de Veracruz.**

Sitio	$\bar{X}$	Coefficiente de variación (%)
1	10.66 ± 1.20	9.57
2	10.15 ± 0.86	8.49
3	10.12 ± 1.10	10.87
$\bar{\bar{X}}$	10.31 ± 1.09	10.58



Esta variabilidad en la semilla se observó distinta en la variable Espesor de la Semilla (mm) (Cuadro 5), con  $\bar{X}$  cercanas entre sí (de 2.73 a 3.00), pero altas en su dispersión (coeficientes de variación de 21.03% a 26.86%), aunque aceptables en términos de la variabilidad que suele presentarse en árboles y arbustos, la cual ha de decir de Navarro-Cerrillo *et al.* (2012) determina su diferenciación, en distintos niveles de variabilidad en las especies forestales: especies (diferenciación taxonómica), procedencias (fuentes geográficas), poblaciones (órdenes-rodales), árboles individuales y la variabilidad dentro de árboles individuales.

Trabajos previos sobre esta especie para la variable Espesor, muestran medidas de 2.98mm (Ilkiu y De Mendonça 2009), similares a los encontrados en este estudio, lo que evidencia el comportamiento biológico de la especie dentro de la zona de estudio.

**Cuadro 5. Estadísticos descriptivos para la variable Espesor de la Semilla (mm)., en tres sitios de colecta de *Bauhinia monandra* localizadas en el estado de Veracruz.**

Sitios	$\bar{X}$	Coefficiente de variación (%)
1	3.000 ± 0.63	21.03
2	2.927 ± 0.62	21.28
3	2.736 ± 0.73	26.86
$\bar{\bar{X}}$	2.888 ± 0.67	23.33

Es necesario destacar que conocer la variabilidad morfométrica de las distintas especies distribuidas localmente es importante para su conservación, distinción genética y fenotípica, pues es común que muestren variación tanto morfológica como fisiológica, así como en la estructura genética de sus poblaciones; esta variación se asume profundamente ligada a las condiciones ambientales, por lo que es común encontrar diferentes fenotipos de una misma especie (Bonilla *et al.* 2016), situación que no parece estar presente en *Bauhinia monandra*.

Al analizar el Peso de Semilla (Cuadro 6), se constató la alta variabilidad expresada en cada sitio, con coeficientes de variación que van de 30.32% a 41.88%, lo que deja entrever una expresión genética de esta variable atribuible a los sitios de colecta (fuentes geográficas), sin descartar la variabilidad que suele estar presente en cada árbol y dentro de los rodales. Si bien el peso sin duda es una característica biológica asociada al tamaño de la semilla (longitud), a la disposición de sus reservas, y por ende, a la calidad de la misma, es necesario reconocer que factores como las condiciones ambientales durante el desarrollo y maduración de las



semillas, explican la fuente de variación encontrada en parámetros de la semilla (Flores, 2010), lo que puede explicar el peso encontrado.

**Cuadro 6. Estadísticos descriptivos para la variable Peso de Semilla (g), en tres sitios de colecta de *Bauhinia monandra* localizadas en el estado de Veracruz.**

Sitio	$\bar{X}$	Coefficiente de variación (%)
1	0.19 ± 0.08	41.88
2	0.15 ± 0.04	30.32
3	0.15 ± 0.05	39.07
$\bar{\bar{X}}$	0.16 ± 0.06	39.75

Sobre esta base, es necesario reconocer que para *Bauhinia monandra* las condiciones ruderales representan un hábitat abierto, donde no existen restricciones de luz solar, ni abundancia de individuos, ni de especies con quienes puedan competir por recursos, lo que es determinante para el tamaño de la semilla, para este caso de menor tamaño (longitud), y sobre todo de menor peso, en comparación con su expresión en rodales artificiales de la misma especie, donde se reporta un peso promedio individual de 0.215g (Villarruel-Fuentes *et al.* 2019), lo que confirma la correlación reportada para estos factores (Moreno-Casasola, 1996). En términos biológicos, las condiciones ruderales permiten una mayor y mejor dispersión de la semilla, por lo que el menor tamaño es la mejor estrategia reproductiva. Cuando la competencia con otras plantas o especies es mayor, el tamaño representa la oportunidad de alcanzar mejores respuestas de germinación y emergencia en condiciones de campo.

En contraposición, a pesar de reportarse correlaciones entre el tamaño de la semilla y la humedad disponible en el medio ambiente (Moreno-Casasola, 1996), donde los ambientes más secos son condiciones determinantes para un mayor tamaño, en este estudio, pese a las condiciones edafoclimáticas de la zona, caracterizadas por suelos con baja retención de humedad y escasas de lluvias, la semilla colectada mostró menor peso que lo reportado para rodales artificiales.

En un segundo nivel de evaluación, el análisis de varianza mostró una diferencia estadística entre los sitios ( $\alpha$  0.01) para las variables Diámetro Ecuatorial de Semilla, Longitud de Semilla, Espesor de Semilla y Peso individual de Semilla. Con grupos que integran en un mismo subconjunto por sus significancias a los sitios 1 y 2 estadísticamente diferentes a 2 y 3 (Tukey



$\alpha$  0.01) para Diámetro Ecuatorial; 1 y 2, diferentes a 3 (Tukey  $\alpha$  0.01) para Espesor; 1, diferentes a 2 y 3 para Peso Individual por semilla y Longitud de Semilla (Tukey  $\alpha$  0.01).

La prueba de correlación mostró una alta significancia ( $\alpha$  0.01) entre el Peso de la Semilla y la Longitud, Diámetro y Espesor de la misma (0.428, 0.409 y 0.476 respectivamente) (Cuadro 7), lo que es relevante como criterio de selección de la semilla, con fines reproductivos para el establecimiento de viveros rurales comerciales, a partir de la colecta del germoplasma dentro de las zonas ruderales de los sitios estudiados.

**Cuadro 7. Correlaciones lineales encontradas en las variables morfométricas de las semillas de tres sitios de colecta de *Bauhinia monandra* localizada en Veracruz.**

		Longitud	Diámetro Ecuatorial	Espesor	Peso
Longitud	Correlación de Pearson	1	.386**	.310**	.428**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000
	N	972	972	972	972
Diámetro Ecuatorial	Correlación de Pearson	.386**	1	.334**	.409**
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.000
	N	972	972	972	972
Espesor	Correlación de Pearson	.310**	.334**	1	.476**
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000
	N	972	972	972	972
Peso	Correlación de Pearson	.428**	.409**	.476**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	
	N	972	972	972	972

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que la semilla colectada en tres distintos sitios (localidades) mantiene una biometría uniforme, con variaciones atribuidas a las condiciones edafoclimáticas propias de los sitios de colecta, así como a la variabilidad propia de las especies arbóreas. Se observó una expresión en su tamaño, estimado a partir de su longitud, diámetro y espesor, aceptable en términos de la consistencia biológica, lo que permite



proponer la colecta de semilla en especímenes tipo, bajo condiciones de campo, con el objetivo de producir plántula de calidad, la cual deberá ser evaluada en condiciones de vivero, previa ensayo de escarificación y manejo en charolas germinadoras.

Se recomienda ampliar la base de especímenes por localidad o sitio, a fin de realizar ensayos de procedencia más amplios.

## Literatura Citada

- Barragán, H., Murillo, P. E., Méndez, A. y John, J. 2010. Taxonomía y funcionalidad del género *Bauhinia*. *Revista Tumbaga*, 5, 119-134.
- Bonilla, H. A. L., Carbajal, Y. y Siles, M. 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.  
<file:///C:/Users/drman/Downloads/Dialnet-MorphometricAnalysisInTaraFruitsFromYauyosAndAyacu-5634131.pdf>
- Burley, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. *Unasylva - Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 23 (3).  
<http://www.fao.org/3/93269s/93269s05.htm#metodolog%C3%ADa%20de%20los%20ensayos%20de%20procedencia%20de%20especies%20forestales> (Consultado 14/05/2019).
- Connor, K.F. 2002. *Bauhinia monandra* Kurz. In: Vozzo, J.A. Tropical Tree Seed Manual. Agric. Handbook 721. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 324-326. [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)
- CONABIO. 2010. *Bauhinia divaricata* L. Pata de cabra. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/caesalpinaceae/bauhinia-divaricata/fichas/ficha.htm>
- Chan-Quijano, J. G., Ramos-Muñoz, D. E. y Magaña, A. 2018. Uso y conocimiento de *Bauhinia monandra* kurz en una zona urbana de Quintana Roo. *Revista Etnobiología*, 16 (2), 48-57.
- Duno de Stefano, R. & Cetzal-Ix, W. 2016. La subfamilia *Caesalpinioideae* (*Fabaceae*) en la Península de Yucatán, México. Desde el Herbario CICY 8, 181–188.  
[https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2016-11-24-Duno-Cetzal-Caesalpinioidea-sinopsis-y-claves.pdf](https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2016-11-24-Duno-Cetzal-Caesalpinioidea-sinopsis-y-claves.pdf).



- Cordoví, E. Ray, J.V., Tamele, O., Nhantumbo, S. y Chimbambala, A. 2013. Caracterización de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en clima semiárido del sur de Mozambique. *Pastos y Forrajes*, 36 (4), 434-439. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v36n4/pyf04413.pdf>
- Clavero, T. y Suárez, J. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*. 29:3.
- FAO. 2007. El Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Glosario. <http://www.fao.org/wiews/glossary/es/>
- Flores, E. M. 2010. Biología de las semillas. En Vozzo, J. A. (Ed.) Manual de Semillas de Árboles Tropicales (pp. 9-120). E. U. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio Forestal.
- Fontana, M. L., Pérez, V. R. y Luna, C. V. 2015. Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *Prosopis alba*. *Multequina* 24, 33-45. [https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/multequina/indice/pdf/24/24\\_3.pdf](https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/multequina/indice/pdf/24/24_3.pdf)
- González, Y. 2003. Comportamiento germinativo y deterioro de las semillas de *Bauhinia purpurea* almacenadas al ambiente. *Pastos y Forrajes*, 26 (2), 115-121. <http://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA146835074&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=08640394&p=AONE&sw=w&authCount=1&isAnonymousEntry=true>
- Hernández, M. 2000. Efecto de la adición de follaje de *Bauhinia Purpurea* en la producción y calidad de *Panicum Maximum*. *Pastos y Forrajes*, 23(2), 1-6. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=948&path%5B%5D=450>
- Hernández, I.; Simón, L. & Benavides, J. 2000 Utilización de *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbek* y *Bauhinia purpurea* en sistemas silvopastoriles. En: Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril “Los Árboles y Arbustos en la Ganadería Tropical. 29 de Noviembre – 1 Diciembre. Tomo 2. FAO-EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas. Pág. 284
- Hernández, L. Simón y P. Duquesne. 2003. *Evaluación de las arbóreas Albizia lebbek, Bauhinia purpurea y Leucaena leucocephala asociadas con pasto bajo pastoreo*. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina-II. (pp.123-140). M.D. Sánchez y M. Rosales Méndez (Editores). FAO-Producción y Sanidad Animal. <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s0b.htm>
- Ilkiu, F., De Mendonça, M. S. 2009. Morfoanatomía de semente de *Bauhinia monandra* Kurz. (*Leguminosae-Caesalpinioideae*). *Revista Brasileira de Sementes*. 31 (4), 168-174. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000400020>





- INEGI. 2010. Anexo 4. Provincias y subprovincias fisiográficas de México. Recuperado de: <https://proteccionforestal.files.wordpress.com/.../anexo-4-provincias-y-subprovincias>
- Mapcarta. 2017. Ciudad Cardel. <https://mapcarta.com/es/19398570>
- Medina, M.G., García, D.E., Moratinos., P., Cova L.J y Clavero, T. (2010). Evaluación en vivero de especies con potencial para sistemas agroforestales en el estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 27, 232-250
- Moreno-Casasola, P. 1996. Vida y Obra de granos y semillas. México: Fondo de Cultura Económica.  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/sec\\_2.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/sec_2.htm)
- Navarro-Cerrillo, R.M., Jorrín-Novio, J., Gómez- Cabrera, Sánchez de la Cuesta, R., Ruiz-Gómez, F. y Lara, M. 2012. *Ecosistemas de dehesa: Desarrollo de políticas y herramientas para la gestión y conservación de la biodiversidad*. España: Universidad de Córdoba.
- INEGI. 2015. Llanura Costera del Golfo Sur. Provincia Fisiográfica. <http://www.paratodomexico.com/geografia-de-mexico/relieve-de-mexico/provincia-llanura-costera-del-golfo-sur.html>
- Onamu, R., Solano, L., Sahagún-Castellanos, J. P., Rodríguez de la O, J. L., & Pérez-Nieto, J. 2012. Análisis de marcadores morfológicos y moleculares en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista fitotecnia mexicana*, 35(4), 267-277.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000400003&lng=es&tlng=es)
- Pinto-Ruiz, R., H. Gómez, B. Martínez, A. Hernández, F.J. Medina, R. Gutiérrez, E. Escobar y J. Vázquez. 2005. Árboles y arbustos forrajeros del sur de México. *Pastos y Forrajes*, 28 (2), 87-97. <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269121680001.pdf>
- Quino, P., K. 2013. Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., procedentes de la costa de Oaxaca. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, México.
- Ramírez, G.E. 2000. Variación de semillas y plántulas de tres procedencias de *Pinus teocote* Schl. & Cham. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Instituto de Genética Forestal, U.V. Xalapa, Ver. Méx. 67 p.
- Sánchez-González, J. y Cascante-Marín, A. 2008. Árboles ornamentales del Valle Central de Costa Rica: especies con floración llamativa. Santo Domingo de Heredia Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.  
[http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/costa\\_rica/ArbolesOrnamentalesVC-b.pdf](http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/costa_rica/ArbolesOrnamentalesVC-b.pdf)



- Tálamo, A., Cardozo, S. y Mohr, F. 2012. Producción de semillas de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en un sector del Chaco semiárido y su relación con el tamaño del fruto. *BOSQUE* 33(1), 87-91.
- Toral, O., Iglesias, J.M. y Reino, J. 2006. Comportamiento del germoplasma arbóreo forrajero en condiciones de Cuba. *Pastos y Forrajes*, 29 (4), 337-349. <http://www.redalyc.org/html/2691/269121676001/>
- Villarruel-Fuentes, M., Rodríguez-Peralta, E. D., Azamar-Morales, E.D. y López-Hernández, V. 2019. Morfometría de vaina y semilla en un rodal artificial de *Bauhinia monandra* Kurz. Memoria electrónica de la XXXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2019. <http://rctveracruz.org/assets/files/AvancesInvestigacionRC2019%2029%20nov%202019.pdf>



## INTEGRACIÓN DE UN CORREDOR BIOLÓGICO A PARTIR DE RODALES AGROFORESTALES: ESTUDIO DE CASO CON VERTEBRADOS

Manuel Villarruel Fuentes<sup>1\*</sup>, Edgar Noé Zendejas Huerta<sup>2</sup>, César Viveros Colorado<sup>1</sup> y Óscar Cruz Jácome<sup>1</sup>

### Resumen

La antropización de los ecosistemas tropicales ha condicionado la producción en el sector agropecuario, reorganizándolo bajo enfoques sistémicos y sustentables. Por ello desde hace tres décadas se impulsa el establecimiento de sistemas Agro y Silvopastoriles, como alternativa productiva y de conservación ante la pérdida de biodiversidad. Esta condición justifica establecer ecosistemas artificiales, que actúen como corredores biológicos. En este trabajo, se evaluó un sistema agroforestal pecuario establecido hace 18 años, integrado por rodales de *Guazuma ulmifolia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Erythrina americana*, *Morus alba*, *Bambusa* pp., y *Jatropha curcas* ubicados en un área de 7456 m<sup>2</sup>. Para el componente forestal se determinó la dasometría, abundancia relativa y riqueza de las especies en 6 cuadrantes (15x15m) y se determinó la diversidad de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) con recorridos diurnos aleatorios, trampeo de caída con botes para anfibios y reptiles. Las aves fueron monitoreadas visualmente con ayuda de binoculares. Los mamíferos se registraron mediante capturas, trampas con cebo y rastreo. Los resultados mostraron evidencia de 59 individuos en 7 especies, siendo la tribu *Bambuseae* la más abundante del componente arbóreo. Se registraron 50 especies de vertebrados, 6 de anfibios y 6 de reptiles, 35 de aves y 3 de mamíferos. Del total de especies de vertebrados 16% se encuentran incluidas en la NOM-59-SEMARNAT-2010, 7 sujetas a protección y 1 amenazada. Se concluye que por la diversidad de fauna y flora que encontraron su hábitat temporal o permanente dentro del área, se trata de un sitio primario de integración a un corredor biológico.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Km. 4.5 Carretera Cardel-Chachalacas, Col. Campestre, Villa Úrsulo Galván, Ver., México. Cp. 91667. \* [dr.villarruel.fuentes@gmail.com](mailto:dr.villarruel.fuentes@gmail.com)

<sup>2</sup> Consultor Independiente.



**Palabras clave:** fauna, flora, agroecosistema, silvopastoril, conservación

## Introducción

El continuo deterioro del ambiente, evidenciado por la permanente pérdida de la biodiversidad, la contaminación de los cuerpos de agua, el empobrecimiento de los suelos y la emisión de gases efecto invernadero, han generado una crisis plantearía sin precedentes. Desde estos contextos, se hace necesario el replanteamiento teórico y operativo del quehacer profesional, sobre todo en aquellas disciplinas estrechamente vinculadas a estos fenómenos antropogénicos, ninguna más cercana que la actividad agropecuaria.

Desde hace varias décadas los sistemas de producción agropecuaria, han sido identificadas como una de las fuentes más constantes de contaminación y deterioro ambiental (Villarruel-Fuentes *et al.* 2005a; Villarruel-Fuentes *et al.* 2005b, Villarruel-Fuentes *et al.* 2009), atribuible en principio a la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, lo que ha traído consigo altas tasas de deforestación, pérdida de selvas y acahuales, así como la compactación de suelos por sobrepastoreo, sin que a la fecha existan avances sustanciales que indiquen la corrección de estas prácticas de manejo. Desde esta perspectiva, se suman los aspectos socialmente intangibles del problema, tales como la contaminación por efecto del CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> proveniente de los grandes hatos ganaderos en el mundo, la contaminación de los mantos freáticos por nitratos y la pérdida de la naturaleza (FAO, 2000), condiciones que las sociedades parecen ignorar en sus efectos, permaneciendo este saber en manos de los especialistas.

Uno de los mayores esfuerzos por subsanar estas prácticas profesionales, dominantes en el campo de la agronomía, lo representa el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales pecuarios, los cuales desde finales del siglo XX han cobrado un inusitado auge como alternativa a los modelos tradicionales de producción. Basados en un enfoque agroecológico, se busca establecer sistemas integrales (holísticos), que recuperen los ciclos biológicos naturales dentro de los agrosistemas, bajo una visión ecológica, sin descartar por ello la necesidad de producir alimentos destinados al consumo humano.

Bajo este enfoque, el establecimiento de rodales artificiales ha sido una estrategia recurrente en las regiones tropicales de México (Del Ángel-Pérez *et al.* 2015), cuyo objetivo ha sido no



solo la recuperación de suelos deteriorados por los monocultivos (carentes ya de una vocación agrícola o pecuaria), sino además se busca generar nuevos modelos de integración productiva desde una vertiente agroecológica, posible a partir de la interacción entre los componentes del sistema (suelo, planta, agua, fauna doméstica y nativa, atmósfera), en busca de lograr al paso del tiempo relaciones biológicas (interespecíficas e intraespecíficas), estableciendo cadenas tróficas necesarias para dichos fines. Muchas experiencias exitosas se han documentado en los últimos años (Sánchez-Hernández *et al.* 2013), sin que exista un modelo que las explique, dada la heterogeneidad de los contextos y situaciones bajo las que operan, por lo que se pueden catalogar como «enfoques modélicos», lo que no resta relevancia a cada una de ellas. Desde esta óptica, es necesario incursionar en propuestas que logren amalgamar las diferencias contextuales, dotando de un valor agregado a los espacios físicos y biológicos integrados a partir de estos proyectos agroecológicos, lo cual puede lograrse desde la perspectiva de los «corredores biológicos».

Un corredor biológico se interpreta como áreas “que conectan dos o más regiones. Pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales.” (Biodiversidad Mexicana, 2020, p.1). El principal requisito es que conserven la conectividad entre ellos, con el propósito de evitar el aislamiento de las poblaciones.

De acuerdo con ello, también reciben el nombre de Corredor Biológico, Corredor Ecológico o Corredor de Conservación, y describe una gran región a través de la cual las áreas protegidas existentes o los remanentes de los ecosistemas originales, logran mantener su conectividad a través de actividades productivas en el paisaje intermedio que consienten el flujo de especies (Biodiversidad Mexicana, 2020). Es importante destacar que dicho flujo está relacionado con el grado de modificación de los ecosistemas originales. Aunque un corredor biológico debe ser amplio en su superficie (de al menos un kilómetro de extensión) (WWF, 2018), lo relevante de ello es que “sirven de conexión entre dos ecosistemas o áreas importantes de biodiversidad para permitir así el intercambio genético de flora y fauna entre ambos lugares y lograr que esa diversidad biológica se mantenga en el tiempo.” (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020, p.2). La trascendencia biológica de este enfoque radica en que el patrimonio genético que hospedan estos ecosistemas (para este caso artificiales), son la clave para lograr la resiliencia y capacidad de adaptación a los cambios ambientales, lo que asegura la permanencia de los



servicios ecosistémicos, base para el bienestar humano (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020). Si bien la iniciativa de diseñar corredores biológicos ha sido abordada ya en la investigación agropecuaria, esta no ha sido adecuadamente concebida desde el punto de vista ecológico, circunscribiéndose a sembradíos de diversas especies de flora en franjas o segmentos aledaños a los agrosistemas (viñedos, cañales, cafetales, entre otros), muchos de ellos con fines productivos más que ecológicos (control de plagas, acciones alelopáticas, barreras físicas, etc.). Trasladando estos conceptos a los entornos de producción agropecuaria en el trópico mexicano, donde los hábitats naturales han sido fragmentados por la agricultura y ganadería tradicional e intensiva, la idea de transformar los rodales o plantaciones en corredores biológicos se significa como la oportunidad de establecer a mediano y largo plazo «redes ecológicas» (CATIE, 2014) donde sea posible integrar agroecosistemas que ofrezcan servicios ambientales, que van desde la regulación del agua al almacenamiento de carbono, pasando por el mejoramiento de suelos y el rescate de especies nativas.

Para ello se necesita proyectar propuestas que logren alinear los propósitos productivos del enfoque agroecológico con las premisas ecológicas, representadas por el modelo de corredor biológico. En este sentido, el presente artículo muestra la validación de un componente arbóreo, establecido con fines investigación experimental en el año 2000, dentro de la línea de investigación “Aprovechamiento Holístico de los Recursos Forestales Forrajeros: Una Respuesta Ecológica y Productiva”, evaluado desde la perspectiva agroecológica durante 17 años, ubicado entre distintos agrosistemas (caña de azúcar, cocotero, pastizales y lomeríos). Después de 18 meses de descanso, donde no se alteró su estructura y composición botánica, fue sometido a validación, bajo los criterios establecidos para un corredor biológico, con el objetivo de verificar si por la fauna y flora presente podría ser considerado como tal.

## **Materiales y Métodos**

**Área de estudio.** El Área Agroforestal Pecuaria del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) tiene 7456 m<sup>2</sup>, y forma parte de la superficie del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (Figura). Se encuentra ubicado entre las coordenadas: A1) 19°25'6.70"N y 96°21'7.10"O, A7) 19°25'7.60"N y 96°21'11.30"O, A9) 19°25'9.90"N y 96°21'10.10"O y A11) 19°25'9.20"N y



96°21'7.80"O. (Figura1). El clima de la región es tropical subhúmedo con lluvias en verano (AW<sub>2</sub>), con una temperatura media anual de 26° y su precipitación anual entre 1000-1200 mm.



**Figura 1. Fisonomía forestal y ubicación geográfica del área de estudio (Recuperado de Google Earth). (Cortesía de Edgar Noé Zendejas Huerta).**

**Diversidad vegetal.** La diversidad presente fue: Morera (*Morus Alba*), Jatrofa (*Jatropha curcas*), Apachite (*Sabal mexicana*), Colorín (*Erythrina americana*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Palo Mulato (*Bursera simaruba*), Acacia (*Acacia* spp.), Cocuite (*Gliricidia sepium*), Hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*), y bambú verde y amarillo (*Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii*, *Bambusa vulgaris verde* y *Bambusa vulgaris amarillo*). Vegetación que permite caracterizarla como Selva Baja Caducifolia (Gómez-Pompa, Krömer y Castro-Cortés, 2010).

**Caracterización del componente arbóreo.** Para determinar la composición del estrato arbóreo se delimitaron 6 cuadrantes permanentes de 15 x 15 m (225 m<sup>2</sup>) (Aguirre-Mendoza, 2013). Dichos cuadrantes se ubicaron empleando la herramienta Google Earth y georreferenciando el área de estudio (Figura 2).



**Figura 2. Cuadrantes de 15 x 15 m dentro del rodal del ITUG. (Cortesía de Edgar Noé Zendejas Huerta).**



Se contó cada especie dentro de los cuadrantes, descartando aquellas especies que porcentualmente no eran significativas (- 5%).

### **Variables medidas**

**Diversidad arbórea.** La diversidad arbórea consideró el total de especies localizadas en el rodal, determinando su taxonomía mediante las claves de identificación propuestas por Pennington, Terence y Sarukhán (2005).

Abundancia relativa de especies del estrato arbóreo. Una vez contabilizadas las especies y los individuos de cada una de ellas, se realizó una estimación porcentual considerando la sumatoria de todos los individuos de todas las especies como 100% y calculando el porcentaje que representó cada especie, con lo que se determinó la abundancia relativa de cada una de ellas.

**Variabilidad dasométrica del estrato arbóreo.** Para determinarla se midió el diámetro de cada individuo a la altura del pecho (DAP), con cinta diamétrica, así como su altura utilizando varas de bambú escaladas en centímetros para alcanzar la copa de los árboles.

Para el análisis de datos dasométricos se utilizó el programa InfoStat Versión 2008. Para estimar la variabilidad entre especies, se realizaron análisis de varianza para DAP y altura, con una probabilidad  $p > 0.05$ ; cuando existió una variación estadística significativa se procedió a realizar pruebas de comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ).

**Determinación de la diversidad de anfibios y reptiles.** Siguiendo la metodología de Manzanilla, Jesús & Jaime y Péfaur (2000) se colocaron 10 trampas de caída (Pitfall traps), empleando botes enterrados a ras del suelo, de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura, con una tapa de madera de 36 x 36 cm levantada a 5 cm del suelo. Las trampas fueron distribuidas en el área, separadas 30 cm entre ellas, georreferenciadas. (Figura 3). Se realizó una adaptación a la metodología recomendada, consistente en no perforar los botes, agregándoles agua (1 cm de altura de la base del recipiente), para impedir la entrada de hormigas. Las trampas se revisaron cada dos días, liberando los ejemplares previo registro fotográfico.

El estudio se complementó con «captura directa» recomendada por Casas-Andreu et al. (1991). Para ello, se realizaron recorridos constantes por una franja creada de 1 m de ancho (Figura 4), además de visitas continuas para identificación de todos los grupos estudiados. Se realizaron cinco recorridos aleatorios para la localización y estudio de reptiles y anfibios (horario de 10:00 am). Para ubicarlos se empleó un gancho herpetológico y para su





identificación se utilizó el listado de reptiles elaborado por López-Guzmán (2017), así como la «Guía ilustrada: Anfibios y reptiles de Veracruz» de Guzmán-Guzmán (2011).



**Figura 3. Geolocalización de los puntos de trampeo y ubicación de la franja creada para recorrido y búsqueda de especies (izquierda a derecho) (basado en Google Earth). Rodal Agroforestal del ITUG. (Cortesía de Edgar Noé Zendejas Huerta).**



**Figura 4. Recorrido aleatorio dentro del área y recorrido por transecto al borde del área del Rodal Agroforestal (basado en Google Earth). (Cortesía de Edgar Noé Zendejas Huerta).**

**Determinación de la diversidad de aves.** Bajo el método de Ralph et al. (1996) se efectuó un «mapeo por parcela», consistente en un recorrido aleatorio dentro del área (7:00-11:00 am y 4:00-6:00 pm), con el objetivo de observar y fotografiar las aves presentes. Se efectuó además un recorrido a través de un transecto de 170 m en el perímetro del área (a una



distancia de 25 m del borde), empleándose cámaras fotográficas Canon Rebel T6 con lente 70-300 mm y Nikon COOLPIX p900. Para la identificación se utilizaron las «Guía de aves de México y América Central» de Van-Perlo (2006) y «Guía de aves de México, Belice, Guatemala y El Salvador» de Preston-Edward (1998), (Figura 4).

**Determinación de la diversidad de mamíferos.** Para su estudio se utilizaron trampas de caída (Pitfall traps) recomendada por Steinmann, Provencal y Castillo, E. (s.f.). Se diseñaron 2 trampas para la captura de mamíferos de talla mediana, con medidas de 100x50x50 cm. Se utilizaron como cebos, Plátano (*Musa spp.*) y Papaya (*Carica papaya*), Pollo (*Gallus gallus domesticus*) y Atún (*Thunnus spp.*) (García y Estrada, 2010). La identificación se realizó bajo los criterios Ceballos y Oliva (2005).

## Resultados y Discusión

Diversidad arbórea. El estrato arbóreo del rodal estudiado constó de 7 especies que representan a 5 familias de árboles incluidas una palmera y variedades de bambú (Cuadro 1).

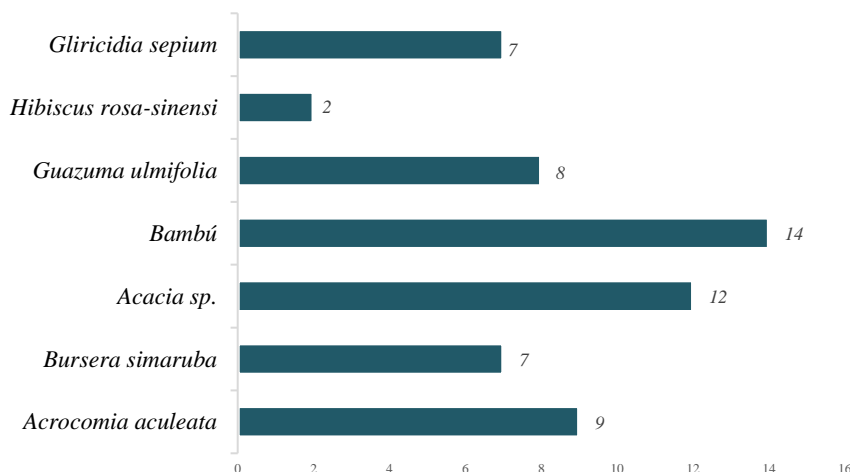
**Cuadro 1. Especies que integraban el estrato arbóreo del Rodal Agroforestal del ITUG.**

Familia	Especie
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i>
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>
Fabaceae	<i>Acacia sp.</i> <i>Gliricidia sepium</i>
Poaceae	<i>Bambú</i>
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Hibiscus rosa-sinensi</i>

Abundancia relativa de especies del estrato arbóreo. Se encontraron 59 individuos de las especies en el muestreo, que hasta este estudio le dan una fisonomía de bosque, en una situación de etapa de acahual arbóreo, con un sotobosque herbáceo escaso y de pocos arbustos. En la Figura 5 se aprecia la abundancia relativa, destacándose la prevalencia de especies introducidas como el bambú, debido a que originalmente fue un módulo agroforestal.



Variabilidad dasométrica del estrato arbóreo. En el Cuadro 2 se aprecia la descripción estadística de DAP y altura de árboles determinados en las especies que componen el estrato arbóreo.



**Figura 5. Abundancia relativa de las especies del extracto arbóreo presentes en el Rodal Agroforestal del ITUG.**

**Cuadro 2. Descripción de altura y DAP del estrato arbóreo presente en el Rodal Agroforestal del ITUG.**

Especie	Variables	Media	D.E.	Var (n-1)	CV	Min.	Máx.
<i>Acacia sp.</i>	DAP	14.26	7.56	57.10	52.98	5.09	27.06
	Altura	5.34	1.99	3.95	37.26	2.20	8.50
<i>Acrocomia aculeata</i>	DAP	62.60	4.86	23.64	7.77	57.30	66.84
	Altura	6.50	0.50	0.25	7.69	6.00	7.00
Bambú	DAP	9.55	1.80	3.24	18.86	8.28	66.84
	Altura	15.35	2.76	7.61	17.97	7.00	13.40
<i>Bursera simaruba</i>	DAP	20.93	9.13	83.37	43.63	7.00	10.82
	Altura	5.42	0.92	0.84	16.94	4.00	6.00
<i>Gliricidia sepium</i>	DAP	10.60	5.82	33.84	54.88	5.89	19.74
	Altura	6.28	0.97	0.95	15.50	5.00	7.20
<i>Guazuma ulmifolia</i>	DAP	8.25	2.72	7.40	32.98	3.50	11.46
	Altura	4.97	1.41	1.99	28.38	3.00	6.30

Los análisis de varianza mostraron que para ambas variables existió una diferencia altamente significativa entre especies ( $\alpha$  0.05) y las pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha$  0.05)



(Cuadro 3) permitieron determinar que en el DAP el promedio mayor fue alcanzado por Coyol (*Acrocomia aculeata*) de 62.6 cm, existiendo un diámetro estadísticamente similar entre el resto de las especies. Para la variable altura, una vez detectada la diferencia estadística significativa (\*\*), la comparación de medias de Tukey ( $\alpha$  0.05) (Cuadro 4) mostró como especie más alta al bambú, siendo las demás especies de árboles estadísticamente iguales entre sí en cuanto a la variable altura.

**Cuadro 3. Prueba de Tukey ( $\alpha$  0.05) aplicada al DAP del estrato arbóreo del Rodal Agroforestal del ITUG.**

Especies	Medias	n	E.E.
<i>Acrocomia aculeata</i>	62.60	3	3.80 a
<i>Bursera simaruba</i>	20.93	6	2.69 b
<i>Acacia</i> sp.	14.26	8	2.33 b
<i>Gliricidia sepium</i>	10.60	5	2.94 b
Bambú	9.55	2	4.65 b
<i>Guazuma ulmifolia</i>	8.25	6	2.69 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )  $\alpha=0.05$  DMS=13.52068 Error: 43.3105 gl: 24

**Cuadro 4. Prueba de Tukey ( $\alpha$  0.05) de la Altura del estrato arbóreo del Rodal Agroforestal del ITUG.**

Especies	Medias	n	E.E.
Bambú	15.35	2	1.06 a
<i>Acrocomia aculeata</i>	6.50	3	0.86 b
<i>Gliricidia sepium</i>	6.28	5	0.67 b
<i>Bursera simaruba</i>	5.42	6	0.61 b
<i>Acacia</i> sp.	5.34	8	0.53 b
<i>Guazuma ulmifolia</i>	4.97	6	0.61 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Alfa=0.05 DMS=13.52068 Error: 43.3105 gl: 24

Diversidad faunística de vertebrados. Se encontraron un total de 50 especies, representadas en 32 Familias, de los cuales 6 especies fueron anfibios (Cuadro 5), 6 especies de reptiles (Cuadro 6), 35 especies de aves (Cuadro 7) y 3 de mamíferos (Cuadro 8). Siendo aves el grupo de vertebrados más abundante. Respecto a la abundancia relativa de las especies se encontró: 6 anfibios, 6 reptiles, 35 aves y 3 mamíferos.



**Cuadro 5. Diversidad de anfibios en el Rodal Agroforestal del ITUG.**

Orden	Familia	Especie
<i>Caudata</i>	<i>Plethodontidae</i>	<i>Bolitoglossa</i> sp.
<i>Anura</i>	<i>Bufo</i> idae	<i>Incilius valliceps</i>
	<i>Microhylidae</i>	<i>Gastrophryne usta</i>
	<i>Rhinophrynidae</i>	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>
	<i>Hylidae</i>	<i>Trachycephalus typhonius</i>
	<i>Leiuperidae</i>	<i>Engystomops pustulosus</i>

**Cuadro 6. Diversidad de reptiles en el rodal agroforestal del ITUG.**

Orden	Familia	Especie
<i>Testudines</i>	<i>Kinosternidae</i>	<i>Kinosternon leucostomum</i>
<i>Squamata</i>	<i>Teiidae</i>	<i>Aspiloscelis guttatus</i>
	<i>Iguanidae</i>	<i>Ctenosaura acanthura</i>
		<i>Iguana iguana</i>
	<i>Phrynosomatidae</i>	<i>Sceloporus variabilis</i>
	<i>Colubridae</i>	<i>Leptophis mexicanus</i>

**Cuadro 7. Diversidad de aves en el Rodal Agroforestal del Instituto Tecnológico de Ursulo Galván.**

Orden	Familia	Especie
<i>Pelecaniformes</i>	<i>Ardeidae</i>	<i>Ardea alba</i>
<i>Accipitriformes</i>	<i>Accipitridae</i>	<i>Buteo plagiatus</i>
<i>Columbiformes</i>	<i>Columbidae</i>	<i>Zenaida asiática</i>
<i>Psittaciformes</i>	<i>Psittacidae</i>	<i>Myiopsitta monachus</i>
		<i>Coccyzus minor</i>
<i>Cuculiformes</i>	<i>Cuculidae</i>	<i>Piaya cayana</i>
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>
<i>Strigiformes</i>	<i>Strigidae</i>	<i>Glaucidium brasilianum</i>
<i>Caprimulgiformes</i>	<i>Caprimulgidae</i>	<i>Nyctidromus albicollis</i>
<i>Apodiformes</i>	<i>Trochilidae</i>	<i>Amazilia yucatanensis</i>
<i>Piciformes</i>	<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes aurifrons</i>
		<i>Picoides scalaris</i>
		<i>Pitangus sulphuratus</i>
<i>Passeriformes</i>	<i>Tyrannidae</i>	<i>Megarynchus pitangua</i>
		<i>Myiozetetes similis</i>
		<i>Tyrannus</i> sp.



**Continúa Cuadro 7...**

Orden	Familia	Especie
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sp.</i>
		<i>Myiachus sp.</i>
		<i>Myiarchus crinitus</i>
		<i>Empidonax sp.</i>
		<i>Pachyramphus aglaiae</i>
	Corvidae	<i>Tityra semifasciata</i>
		<i>Cyanocorax morio</i>
	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>
		<i>Campylorhynchus zonatus</i>
	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>
	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>
	Parulidae	<i>Dendroica petechia</i>
	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>
		<i>Sporophila torqueola</i>
	Icteridae	<i>Dives dives</i>
<i>Quiscalus mexicanus</i>		
<i>Icterus gularis</i>		
Estrildidae	<i>Icterus spurius</i>	
	<i>Lonchura malacca</i>	

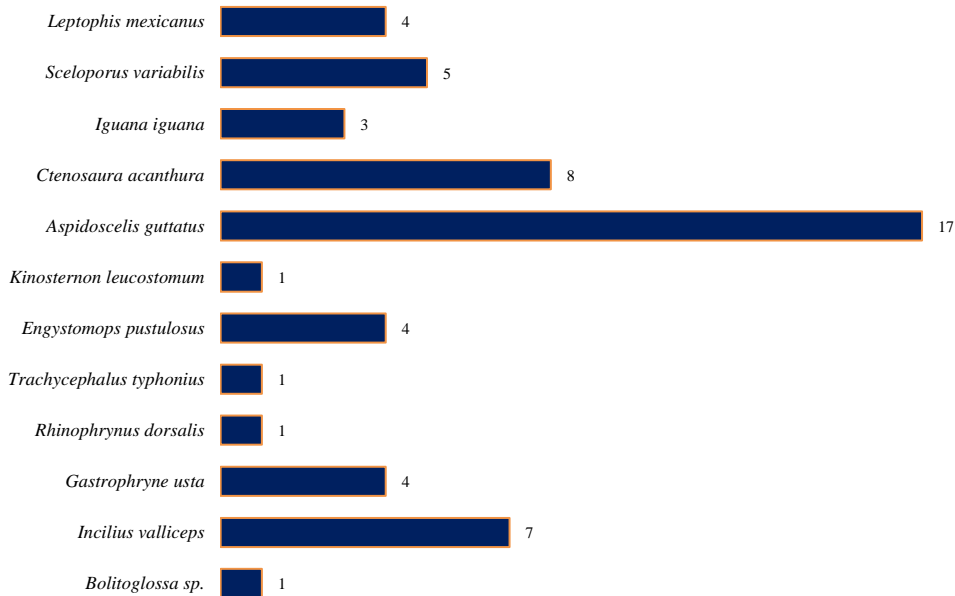
**Cuadro 8. Diversidad de mamíferos en el Rodal Agroforestal del ITUG.**

Orden	Familia	Especie
<i>Didelphimorphia</i>	<i>Didelphidae</i>	<i>Philander opossum</i>
<i>Rodentia</i>	<i>Cricetidae</i>	<i>Sigmodon hispidus</i>
<i>Carnivora</i>	<i>Felidae</i>	<i>Felis silvestris catus</i>

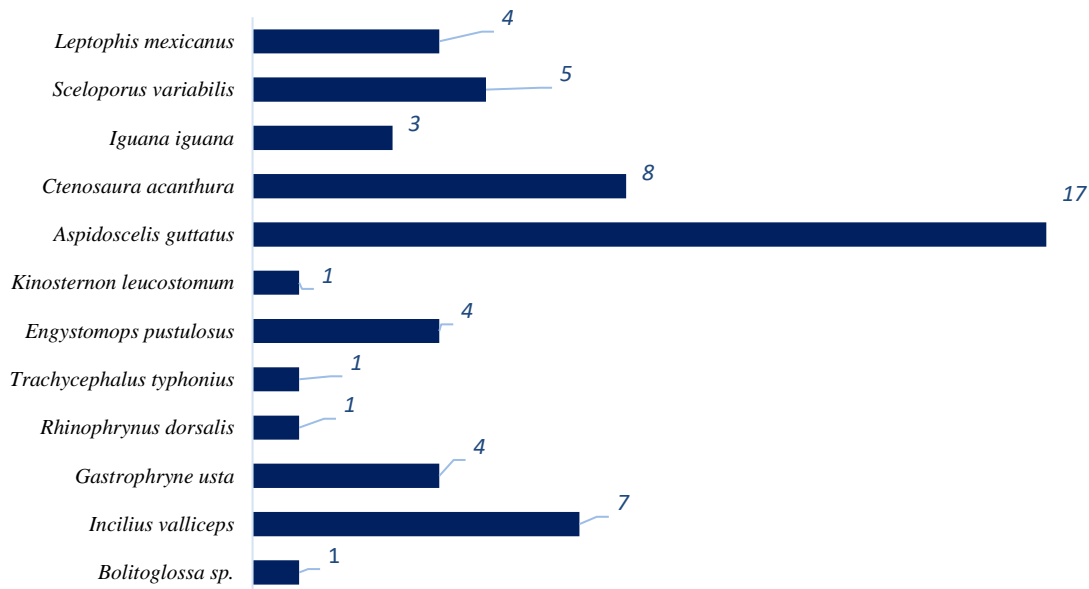
**Especies de fauna registradas.** Anfibios y Reptiles. Se registraron un total de 19 ejemplares de anfibios. La especie más registrada fue el Sapo de la Costa del Golfo (*Incilius valliceps*) con 7 ejemplares, seguida por la Rana Túngara (*Engystomops pustulosus*) y el Sapo Boca Angosta Huasteco (*Gastrophryne usta*). Entre los reptiles se destaca este grupo por tener 4 especies en estado de conservación de las 6 que fueron registradas (66 % de este grupo). La especie que más se capturó fue el Ticuiliche Mexicano (*Aspidoscelis guttatus*) con 17 ejemplares, visualizándose una mayor cantidad. Esta especie se considera el reptil más abundante dentro



del área. En la Figura 6 se muestra la cantidad capturada de anfibios y reptiles durante el estudio. En la Figura 7 se observa la abundancia relativa de anfibios y reptiles registradas.



**Figura 6. Número de ejemplares registrados en el rodal agroforestal de ITUG.**



**Figura 7. Abundancia relativa de anfibios y reptiles del rodal agroforestal del ITUG.**



**Aves.** El grupo con mayor riqueza de especies registradas; entre las especies que más se observaron son: Luis Bienteveo (*Pitangus sulphuratus*), Calandria Dorso Negro Mayor (*Icterus gularis*), Garrapatero Pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), Carpintero Frentidorado (*Melanerpes aurifrons*), Cuco Ardilla (*Piaya cayana*), que fueron visualizadas constantemente, usando el rodal como hábitat, refugio, o lugar para alimento, como el caso del Carpintero Frentidorado (*Melanerpes aurifrons*) que vive en las palmas de coco del cocotero aledaña al rodal y que usa el área únicamente como fuente de alimento. Otras especies como la Paloma Aliblanca (*Zenaida asiática*), fue abundante en el área hacia finales del mes de junio, con gran cantidad de ejemplares que usaron como hábitat y refugio los cultivos de Piñón (*Jatropha curcas*), persistieron su presencia hasta el mes de octubre. En menor cantidad destaca la Zenaida asiática por su condición de presa, debido a presencia del Aguililla Gris (*Buteo plagiatus*) como su depredador. Se observaron especies migratorias que tuvieron presencia en el rodal de manera ocasional, especies del género *Contopus* sp., *Empidonax* sp., *Myiachus* sp., como el caso Papamoscas Viajero (*Myiarchus crinitus*), Matraca Nuca Canela (*Campylorhynchus rufinucha*) sujeta a protección especial, y Perlita azulgris (*Polioptila caerulea*), Chipe Amarillo (*Dendroica petechia*) y Bolsero Altamira (*Icterus spurius*). Se destaca la presencia del Capuchino Tricolor (*Lonchura malacca*) especie encontrada al borde del área sobre matorral a principios del mes de octubre; es considerada un ave introducida-invasora.

**Mamíferos.** Se registraron 3 especies; la especie que más se observó y capturó fue el Tlacuache Cuatrojos Gris (*Philander opossum*), con un total de 5 ejemplares capturados en un total de 10 días-trampa, y 1 un ejemplar observado refugiado entre hojas de *Acrocomia aculeata*. Entre los roedores capturados, solo se capturó un ejemplar de Rata Cañera (*Sigmodon hispidus*) en las trampas de caída (Pitfall traps), y un ejemplar probablemente de la misma especie que estaba siendo devorado por un Tecolote Bajero (*Glaucidium brasilianum*). Se visualizó en el rodal un Gato Domestico Feral (*Felis silvestris catus*), asechando a un Chotacabras (*Nyctidromus albicollis*); este hecho se considera significativo por el impacto que sobre las especies de aves, mamíferos y reptiles pueden tener las especies ferales.

Elementos focales de manejo. De las 50 especies encontradas, 8 especies se encuentran en estado conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 3 anfibios, 4 reptiles, 1 ave. Resaltando que 2 de las 8 especies son endémicas de México (Cuadro 9).





**Cuadro 9. Estado de conservación de las especies encontradas en el rodal agroforestal del ITUG.**

Especie	Distribución	Estado de conservación
<i>Bolitoglossa</i> sp.	-	Sujetas a protección especial
<i>Gastrophryne usta</i>	No endémica	Sujetas a protección especial
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	No endémica	Sujetas a protección especial
<i>Kinosternon leucostomum</i>	No endémica	Sujetas a protección especial
<i>Ctenosaura acanthura</i>	Endémica	Sujetas a protección especial
<i>Iguana iguana</i>	No endémica	Sujetas a protección especial
<i>Leptophis mexicanus</i>	No endémica	Amenaza
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Endémica	Sujetas a protección especial

**Descripción de especies registradas en estado de conservación.** La especie salamandra capturada, de la familia Plethodontidae, de acuerdo a su distribución se consideró como *Bolitoglossa* sp., cuyo género y familia se encuentran en estado de conservación de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie: *Gastrophryne usta*. Nombre común: Sapo Boca Angosta Huasteco. Se encontraron un total de 4 ejemplares. Especie: *Rhinophrynus dorsalis*. Nombre común: Sapo Excavador Mexicano. Se registraron 2 ejemplares. Especie: *Kinosternon leucostomum*. Nombre común: Tortuga Pecho Quebrado Labios Blancos. Se encontró 1 ejemplar neonato. Especie: *Ctenosaura acanthura*. Nombre común: Iguana Espinosa del Golfo, Garrobo. Se encontraron un total de 8 ejemplares. Especie: *Iguana iguana*. Nombre común: Iguana Espinosa del Golfo. Se capturaron un total de 3 ejemplares en etapa juvenil. Especie: *Leptophis mexicanus*. Nombre común: Culebra Perico Mexicana. Se visualizaron un total de 4 ejemplares, ubicadas sobre la hojarasca debajo de los cultivos de bambú, que fueron encontradas en grupo. Especie: *Campylorhynchus rufinucha*. Nombre común: Matraca Nuca Rufa del Sureste- Matraca Nuca Canela. Única ave y único ejemplar registrado en el área de estudio que se encuentra en estado de conservación y es endémica en México.

Los resultados demuestran que la vegetación arbórea del rodal agroforestal cuenta con una diversidad de especies nativas que se encuentran en un proceso de sucesión ecológica. El DAP y la altura de los árboles denotan que el sistema comienza a enriquecerse en especies. Las arbóreas presentan condiciones para conservar la biodiversidad en paisajes tropicales fragmentados tal como lo mencionan Harvey *et al.*, (2004), actualmente observables en



diferentes lugares de México y Centroamérica, ya que gracias a su cobertura vegetal conforman sistemas agrosilvopastoriles y agroforestales, como sucede en el presente caso, siendo factibles de integrarse a mediano plazo como parte de corredores biológicos (González-Valdivia et al. 2014).

El rodal agroforestal evaluado, a pesar de ser una superficie reducida en comparación con lo reportado en diversos estudios (González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008; González-Valdivia et al. 2014; Brito-Ríos, 2015), presenta una diversidad faunística de vertebrados importante para la región. Considerando las condiciones ambientales y el alto nivel de perturbación que presenta, alberga una riqueza de especies significativa, algunas en estado de conservación, otras migratorias y dispersores de semillas, lo que se significa como un flujo de energía entre ellas, al integrarse en cadenas tróficas en todos los niveles de organización. La diversidad registrada de anfibios y reptiles en el rodal, reitera el alto valor ecológico de esta conformación forestal, ya que preserva el 4.12% del total de registradas en el estado de Veracruz, a diferencia de los sistemas de zonas cafetaleras que registraron el 13% del total en dicho estado (González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008), y un 9% del total en el Área Privada de Conservación Talhpan (Chávez-Lugo, 2015). No obstante, que el rodal estudiado tiene menos de una hectárea de superficie y está ubicada en una zona productora de caña de azúcar, llega a proporcionar refugio para anfibios y reptiles que son sensibles a las perturbaciones ambientales (Suazo-Ortuño y Alvarado-Díaz, 2004), funcionando además como fuente de alimento y reproducción, como fue demostrado con *Leptophis mexicanus*. Resulta destacable su papel como hábitat para especies en estado de conservación con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como es el caso de *Kinosternon leucostomum* y *Rhinophrynus dorsalis*. El hallazgo en reptiles coincide con la lista de especies que fueron registradas por López-Guzmán (2017) en zonas de influencia del Ingenio Azucarero de La Gloria. El rodal alberga el 42.8% de los registros en la zona; sin embargo, muestra diferencias en la abundancia obtenida, donde la especie *Aspidoscelis guttatus* tuvo el mayor registro. La riqueza en aves demostró que permite las interacciones biológicas: Para algunas especies sirve como refugio temporal durante la migración de *Contopus* sp. y *Empidonax* sp., como se demuestra en otras áreas con alta biodiversidad en la zona costera, como es el caso de la Sierra Monte de Oro estudiada por Viveros-Colorado y Cházaro-Bazáñez (2015) y La Mancha,



reportada por González-García (2006). Sin embargo, en este estudio se listan como observaciones particulares a *Myiopsitta monachus* y *Lonchura malacca*.

La fragmentación, pérdida de vegetación natural y los agrosistemas de caña de azúcar en la zona costera de Veracruz ha demostrado que afectan directamente la biodiversidad, tal como se reporta para este rodal, debido principalmente a la dificultad para poder hallar mamíferos silvestres, aunado a la escasa riqueza de reptiles (López-Guzmán, 2017). Esto agrega un mayor valor a los corredores biológicos implementados a partir de sistemas agroforestales, en virtud de permitir la supervivencia de especies, la mejora de la biodiversidad, el mantenimiento de la conexión entre paisajes y el aporte de zonas de amortiguamiento (Monge y Russo, 2009; González-Valdivia et al. 2016). El encontrar mamíferos en el rodal agroforestal permite asumir su función como buffer amortiguador para las zonas aledañas, lo que lleva a inferir que el sistema agroforestal proporciona la conexión de fragmentos, como lo menciona García-Hernández (2017). Al respecto, la importancia del rodal se comprobó al observar la permanencia de especies como *Philander oposum*, cuyo refugio en *Acrocomia aculeata* (árbol espino, de difícil acceso a la copa del árbol), funciona como área de protección y de reproducción de la especie, al ser para ella de fácil acceso y descenso cuando necesita buscar alimento.

## Conclusiones

El rodal presenta una diversidad arbórea, arbustiva y herbácea significativa que permite la permanencia de fauna, funcionando como zona de amortiguamiento (buffer) en una zona antropizada. Las especies registradas presentaron un alto valor ecológico por las interacciones tróficas que estas llevan a cabo, manteniendo un flujo de energía entre los organismos. De las 50 especies encontradas y registradas, 8 especies o sea el 16%, son especies que se encuentran en estado de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 7 sujetas a protección y 1 amenazada. La riqueza de especies registradas, se entiende como una fracción de lo que puede encontrarse en el rodal en un estudio que considere el total de las estaciones del año, estimándose que el índice de biodiversidad debe ser mayor. El rodal agroforestal permite la permanencia de especies de fauna nativas, introducidas, migratorias y exóticas, dando un valor



potencial a la biodiversidad, que encuentra refugio, alimento, reproducción, o ruta de transición para la migración de aves, lo permite sustentar que el sistema agroforestal del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván puede ser considerado como promotor de un corredor biológico en la región.

### Literatura citada

- Biodiversidad Mexicana. 2020. ¿Qué es un corredor biológico? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/que-es-corredor>
- Brito-Ríos, J. G. A. 2015. Diversidad, ecología y conservación de mamíferos en un agroecosistema de piña bajo sombra, en la Región Costa Sur de Jalisco (Tesis de pregrado). Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez-Bautista. 1991. Como hacer una colecta de anfibios y reptiles. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://es.scribd.com/document/158348823/Como-hacer-una-coleccion-de-anfibios-y-reptiles>
- CATIE. 2014. Los corredores biológicos ayudan a que las plantas se adapten al cambio climático-estudio. Investigación. <https://forestsnews.cifor.org/20932/los-corredores-biologicos-ayudan-a-que-las-plantas-se-adapten-al-cambio-climatico-estudio?fnl=>
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica.
- Chávez-Lugo, E. G. 2015. Diversidad de herpetofauna en el Área Privada de Conservación Talhpan, Veracruz. (Tesis de Licenciatura). Universidad Veracruzana, Zona Poza Rica-Tuxpan. [https://www.researchgate.net/publication/311843544\\_Diversidad\\_de\\_mamiferos\\_terrestres\\_en\\_un\\_area\\_privada\\_de\\_conservacion\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/311843544_Diversidad_de_mamiferos_terrestres_en_un_area_privada_de_conservacion_en_Mexico)
- Del Ángel-Pérez, A. L., C.A. Hernández-Estrada, J. Adame-García, J. Nataren-Velazquez, J.G. Salazar-García, M. Villarruel-Fuentes, M.A. Toral-Juárez y M.V. Vázquez-Hernández. 2015. Paisajes de Veracruz Central: Biodiversidad, educación y búsqueda de la sostenibilidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias: México. <https://isbn.cloud/9786073704878/paisajes-de-veracruz-central-biodiversidad-educacion-y-busqueda-de-la-sostenibilidad/>



- FAO. 2000. Perspectivas para el medio ambiente Agricultura y medio ambiente. Informe World Agriculture: Towards 2015/2030.  
<http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#TopOfPage>
- García, V. y M.A. Estrada. 2010. Estudio para la identificación de especies de mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional Palenque, Palenque, Chiapas, México. San Cristóbal De Las Casas, México: Consultoría en Recursos Naturales y Desarrollo Social S.C. YAXAL-NA.  
[http://www.academia.edu/36147200/Estudio\\_para\\_la\\_identificacion\\_de\\_especies\\_de\\_mamiferos\\_CONANP](http://www.academia.edu/36147200/Estudio_para_la_identificacion_de_especies_de_mamiferos_CONANP)
- García-Hernández, D. 2017. Distribución y densidad poblacional del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en relación con las características del hábitat en la rancharía Laguna Colorada, Balancán, Tabasco (Tesis de Licenciatura). Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Veracruz, México.
- Gómez-Pompa, A., T. Krömer y R. Castro-Cortés. 2010. Atlas de la flora de Veracruz, un patrimonio cultural en peligro. Ciudad de México: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana.  
<https://www.researchgate.net/publication/271213205> Atlas de la Flora de Veracruz  
Un patrimonio natural en peligro
- González-García, F. 2006. Las aves. En P. Moreno-Casasola (Ed.). Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha (423-448). Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL).  
<http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/EntornosVeracruzanos.pdf>
- González-Romero, A., y R. Murrieta-Galindo. 2008. Anfibios y reptiles. En R. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina-Tessaró, y K. Mehlreter. (Ed.). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad manejo y conservación (pp. 135-147). México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- González-Valdivia, N., E. Barba-Macías, S. Hernández-Daumás y S. Ochoa-Gaona. 2014. Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(3): 1031-1052.  
<http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n3/a19v62n3.pdf>
- González-Valdivia, N., F. Casanova-Lugo y W. Cetzal-Ix. 2016. Sistemas agroforestales y biodiversidad. *Revista Agroproductividad*, 9(9). 56-60. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/309187765> Sistemas agroforestales y biodiversidad
- Guzmán-Guzmán, S. 2011. Anfibios y reptiles de Veracruz, Guía ilustrada. México. Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.



- Harvey, C. A., N. Tucker y A. Estrada. 2004. Live Fences, Isolated Trees, and Windbreaks: Tools for Conserving Biodiversity in Fragmented Tropical Landscapes. En G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H.L. Vasconcelos, & A. M. N. Izac. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes* (pp. 261-289). Island Press, Washington, DC. <http://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Agroforestry/Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes.pdf>
- López-Guzmán, F. 2017. Los reptiles de la zona de influencia del Ingenio La Gloria, Úrsulo Galván, Veracruz (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Veracruz, México.
- Ministerio de Ambiente y Energía. 2020. Programa Nacional de Corredores Biológicos. ¿Qué son los Corredores Biológicos (CB)? <http://biocorredores.org/corredoresbiologicos/programa-nacional-de-corredores-biologicos>
- Monge, J. y R.O. Russo. 2009. *Agroforestería, Sostenibilidad y Biodiversidad*. San José, Costa Rica: EARTH. [https://www.researchgate.net/publication/228328365\\_Agroforesteria](https://www.researchgate.net/publication/228328365_Agroforesteria)
- Pennington, Terence D. y J. Sarukhán. 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México: Ediciones científicas universitarias.
- Preston-Edwards, E. 1998. *Guide to the birds of Mexico and adjacent areas: Belize, Guatemala and El Salvador*. Austin, Estados Unidos: University of Texas.
- Ralph, C.J., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, D.F. DeSante y B. Milá. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany, California: General Technical Report, PSW– GTR–159, Pacific Southwest Research Station, Forest Services, Department of Agriculture. [https://www.avesdecostarica.org/uploads/7/0/1/0/70104897/manual\\_de\\_metodos.pdf](https://www.avesdecostarica.org/uploads/7/0/1/0/70104897/manual_de_metodos.pdf)
- Sánchez-Hernández, R., J.D. Mendoza-Palacios y E. Salcedo-Pérez. 2013. Los sistemas Agroforestales: una alternativa para el manejo sustentable de bosques y agroecosistemas. En: *Recursos Forestales en el Occidente de México*. (pp. 355-371). Eduardo Salcedo Pérez, Efrén Hernández Álvarez, José Antonio Vázquez García, Teófilo Escoto García y Nancy Díaz Echavarría (Editores). Serie Fronteras de Biodiversidad. Tomo II. Diversidad, manejo, producción, aprovechamiento y conservación. [https://www.researchgate.net/publication/317183986\\_Los\\_sistemas\\_agroforestales\\_una\\_alternativa\\_para\\_el\\_manejo\\_sustentable\\_de\\_bosques\\_y\\_agroecosistemas](https://www.researchgate.net/publication/317183986_Los_sistemas_agroforestales_una_alternativa_para_el_manejo_sustentable_de_bosques_y_agroecosistemas)
- Steinmann, A., C. Provensal y E. Castillo E. s.f. Módulo IV: Métodos de censo de las poblaciones de roedores. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/roedores/modulo4-5.pdf>



Suazo-Ortuño, I. y J. Alvarado-Díaz. 2004. Anfibios: auténticos guardianes de la biodiversidad. *Ciencia y Desarrollo*, 30 (178): 1-72.

<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/EdicionesAnteriores/img/Revista%20CyD%202004/CyD178sep-oct2004.pdf>

Villarruel-Fuentes, M. y Villarruel-López, M. L. 2015. La educación agrícola superior: su validez social ante el contexto globalizador. En Navarro Leal, Marco Aurelio y Navarrete Cazales, Zaira (coord.). *Educación Comparada. Nacional e Internacional*. México: Plaza y Valdés.

Villarruel-Fuentes, M., L. Cueto, E.V. Santíz, M.N. Gorrochotegui, C.R.A. Gómez y P.C. Cruz. 2009. Asociación de variables y estimación de biomasa aérea en un rodal de *Guazuma ulmifolia*. Memoria, XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2009. Úrsulo Galván, Ver. 12 y 13 de noviembre de 2009.

Villarruel-Fuentes, M., H.J. Hernández, P.L.A. Aguilar, Q.M. Fernández, E.E. Arce y O.M. Hernández. 2005a. Producción de clones de arbóreas forrajeras bajo condiciones de vivero rural en Veracruz. Memoria, XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2005. Boca del Río, Ver. 17 y 18 de Noviembre de 2005.

Villarruel-Fuentes, M., O.S. López, P.L.A. Aguilar Q.M. Fernández, E.E. Arce y P. R.G. Del Pino. 2005b. Establecimiento y evaluación de un rodal coetáneo de *Guazuma ulmifolia* en la Llanura Costera del Golfo Sur de Veracruz. Memoria, XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2005. Boca del Río, Ver. 17 y 18 de noviembre de 2005.

Viveros-Colorado, C. y M. de J. Cházaro-Bazáñez. 2015. Vertebrados de la Sierra Monte De Oro, Alto Lucero, Veracruz. En A. L. Del Angel-Pérez. (Ed.). *El Agro Veracruzano* (pp. 60-77). Boca del Río, Veracruz, México: Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras, A.C.  
[http://www.academia.edu/24381091/El\\_Agro\\_Veracruzano\\_2015\\_Compilaci%C3%B3n\\_Ana\\_Lid\\_del\\_Angel\\_P%C3%A9rez](http://www.academia.edu/24381091/El_Agro_Veracruzano_2015_Compilaci%C3%B3n_Ana_Lid_del_Angel_P%C3%A9rez)

WWF. 2018. Glosario ambiental: corredores biológicos, pasadizos de la naturaleza. Son vitales para la conservación de nuestros ecosistemas. Aquí te explicamos de qué se trata. <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=328540>



## EVALUACIÓN DE MODELO IMASAM EN LA MICROCUENCA DEL RIO AGUACAPA DEL MUNICIPIO DE HUATUSCO, VERACRUZ

*María de Jesús Bonilla Vazquez<sup>1</sup>, Salvador Partida Sedas<sup>1</sup>, Adán Cabal Prieto<sup>1\*</sup>,  
José de Jesús Gonzalez Reséndiz<sup>1</sup> y Octavio Ruiz Rosado<sup>2</sup>*

---

### Resumen

El Índice de Manejo Sustentable a Nivel Microcuenca (IMASAM) relaciona el manejo de los agroecosistemas, basado en seis indicadores: a) agrobiodiversidad, b) materia orgánica, c) prácticas de manejo que provisionan condiciones edáficas óptimas para el desarrollo de los cultivos, d) enfermedades y f) manejo para el control de arvenses. La evaluación del modelo se aplicó a seis localidades rurales, una localidad urbana y dos colonias rurales del municipio de Huatusco Veracruz, todas situadas en torno al cauce del Río Aguacapa. Mediante un muestreo aleatorio se seleccionaron 20 productores con actividades agropecuarias, acuícolas y forestales, a quienes se les aplicó una encuesta que comprendió 23 preguntas referentes al manejo de los agroecosistemas en la microcuenca. Con la evaluación de indicadores, se encontró que un 55% de los productores evaluados presenta un manejo sustentable bajo, un 35% manejo sustentable medio y el 10% restante un manejo sustentable nulo o no deseable. El cálculo general del IMASAM en la microcuenca fue de 61.8% obteniendo la categoría (II) Manejo sustentable bajo.

**Palabras Clave:** Indicador, sustentabilidad, microcuenca, Aguacapa

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, División de Ingeniería Ambiental. Colonia Reserva Territorial, Huatusco de Chichuellar, Veracruz, México, C.P. 94100. \* [acabalp@huatusco.tecnm.mx](mailto:acabalp@huatusco.tecnm.mx)

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Km. 88.5 Carretera Xalapa-Veracruz, Veracruz, México.





## Introducción

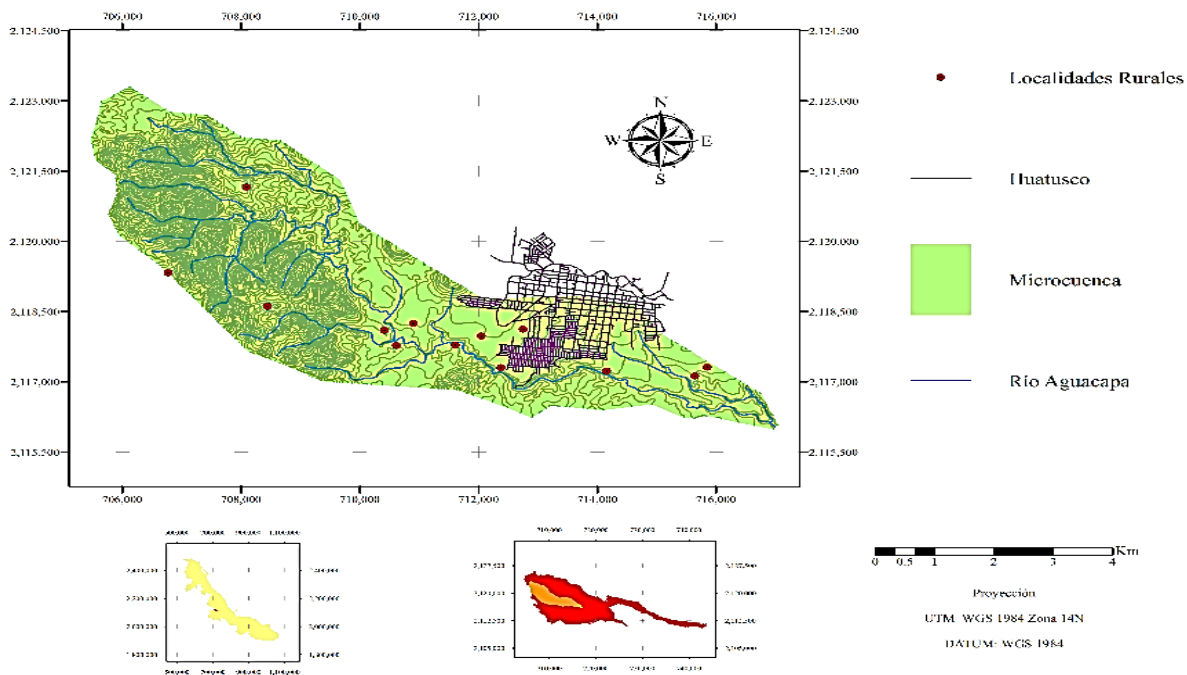
Las actividades humanas y la creciente demanda por bienes como alimento, vivienda, agua potable y servicios ambientales generan constantemente, y en amplias escalas geográficas, una presión sobre los recursos naturales con grandes impactos, la mayoría de ellos negativos, sobre la estructura, funcionamiento y distribución de los mismos (Challenger y Dirzo, 2009). La humanidad está viviendo mucho más allá de los límites de abastecimiento del planeta, consumiendo los recursos renovables de la Tierra como si tuviéramos más de un planeta para recurrir (Dyllick y Rost, 2017). Por su parte Rockström *et al.*, (2009) concluye que ya hemos superado cuatro de los nueve límites planetarios cruciales (biodiversidad, ciclos de nitrógeno y fósforo, cambio de uso del suelo, cambio climático) que nos permiten vivir una vida sostenida y segura, mientras que otros dos se están acercando a sus límites. La situación alarmante de insostenibilidad en el mundo actual, se atribuye al vigente modelo de desarrollo humano, la deficiente inclusión de los tres factores básicos para un desarrollo sustentable: social, económico y ambiental, han quedado inclinados hacia esquemas económicos, e insuficientes ante el crecimiento poblacional. Mismos factores perfilan la necesidad de investigar sobre cómo evaluar y medir el estado de sustentabilidad de cada modelo de desarrollo y producción a distintas escalas, con el propósito de concientizar al humano y conducirlo a implementar técnicas o tecnologías que mejoren o minimicen el impacto ambiental. Los modelos de evaluación de sustentabilidad se pueden diseñar para diferentes niveles jerárquicos, de forma general, estos modelos parten de la selección de la metodología a implementar y a partir de entonces, se determina el conjunto de indicadores e índices que servirán para llevar a cabo la evaluación. Sin embargo, la complejidad del concepto sustentabilidad involucra variables y objetivos que interactúan de forma simultánea, desde dimensiones productivas, ecológicas, ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales; ya que éstas representan versátiles factores que hacen de cada sistema un espacio particular, en el cual se evalúa el estado actual y tendencia futura. Esto hace, que el diseño de un modelo en específico represente un desafío al valorar todas las dimensiones de la sustentabilidad de un sistema. Se propone el modelo "Índice de Manejo Sustentable a Nivel Microcuenca (IMASAM)" cuya composición se basa en la estimación de seis indicadores: a) Agrobiodiversidad, b) materia orgánica, c) prácticas de manejo que provisionan condiciones edáficas óptimas para el



desarrollo de los cultivos, d) enfermedades y f) manejo para el control de arvenses (Cabal, 2018). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el grado de sustentabilidad de la microcuenca del Río Aguacapa mediante el modelo Índice de Manejo Sustentable a Nivel Microcuenca (IMASAM), localizada dentro del Municipio de Huatusco, Veracruz.

## Materiales y Métodos

**Sitio de estudio.** El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca del Río Aguacapa (Figura 1), localizada dentro del Municipio de Huatusco, Veracruz. La microcuenca del Río Aguacapa cuenta con una superficie de 32.05 Km<sup>2</sup> (3,200.5 Ha.) y está delimitada por las coordenadas 19°11'27.18" Latitud Norte - 97°0'54.65" Longitud Oeste y 19°7'36.65" Latitud Norte y 96°56'16.15" Longitud Oeste, forma parte de la cuenca del Río Jamapa, en la parte central del estado de Veracruz y pertenece a la Región Administrativa X, Golfo Centro, así como a la Región Hidrológica 28 Río Papaloapan (Partida, 2018).



**Figura 3. Microcuenca del Río Aguacapa en el Municipio de Huatusco, Veracruz. México. Fuente de elaboración propia**



**Aplicación de encuestas.** La presente investigación se fundamenta en la evaluación del modelo “Índice de Manejo Sustentable a Nivel Microcuenca” (IMASAM) propuesto por (Caballero, 2018), para la elaboración de este estudio se consideraron cinco localidades; Axol, Chalchitepec, Elotepec, Huatusco, Mesa del Rancho, Tepampa y Tepetla, y dos colonias; Col. Ruiz Cortines y Pastoría el 4, todas situadas en torno al cauce del Río Aguacapa. El IMASAM como instrumento de investigación propone seis indicadores básicos para considerar un manejo sustentable del agroecosistema con un enfoque agroecológico. Los indicadores a evaluar son: a) agrobiodiversidad, b) materia orgánica, c) prácticas de manejo que provisionan condiciones edáficas óptimas para el desarrollo de los cultivos, d) enfermedades, e) tipo de manejo para el control de plagas y f) manejo para el control de arvenses. La evaluación del IMASAM consto de cuatro etapas:

**Etapas:**  
Etapa 1: Revisión bibliográfica. – Se realizó la investigación bibliográfica para obtener datos existentes de la microcuenca del Río Aguacapa: localización, parámetros fisicoquímicos (materia orgánica), económicos, sociales y ambientales.

Etapa 2: Selección de puntos de investigación - Se seleccionaron siete localidades y dos colonias como puntos de investigación, el criterio de selección fue la cercanía de los asentamientos humanos a la microcuenca del Río Aguacapa, donde se evaluó la sustentabilidad en el manejo de los agroecosistemas del área de estudio.

Etapa 3: Aplicación de la encuesta. – El instrumento de evaluación planteado en el IMASAM es una encuesta aplicada a productores responsables de un agroecosistema. La finalidad de la encuesta fue recabar información de los productores agrícolas, acerca del manejo agronómico de sus agroecosistemas, su percepción acerca de la sustentabilidad de su territorio y sus características en su forma de vida, de manera que esta información permita la identificación del grado de sustentabilidad de la Microcuenca del Río Aguacapa. Mediante un muestreo aleatorio se seleccionaron 20 productores con actividades agropecuarias, acuícolas y forestales. La encuesta comprendió 23 preguntas referentes el manejo de los agroecosistemas en la microcuenca: el primer apartado corresponde a los datos de identificación de la parcela; el segundo, a la diversificación de especies vegetales, animales y fauna silvestre; el tercero, a las prácticas que provisionan condiciones edáficas óptimas para el desarrollo de los cultivos; el cuarto, al número de prácticas de manejo para evitar o reducir pérdida de suelo ; quinto, valoración



de acuerdo al indicador tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades; sexto, valoración de acuerdo al tipo de manejo para controlar las malezas. Cada uno de los apartados corresponde a un indicador de los seis a evaluar. El IMASAM como modelo a evaluar plantea los criterios de evaluación que se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Indicadores de manejo agronómico para agroecosistemas sustentables.**

Indicador	Variable	Valor numérico		Escala de manejo sustentable
Agrobiodiversidad	Número de especies diferentes	< = a 10	1	Nulo
		11 a 20	2	Bajo
		21 a 30	3	Medio
		31 a 40	4	Alto
		> = 41	5	Optimo
Cantidad de materia orgánica	% Materia Orgánica	< a 1.0	1	Nulo
		1.0 a 2.0	2	Bajo
		> 2.0 a 3.0	3	Medio
		> 3.0 a 3.5	4	Alto
		> 3.5	5	Optimo
Prácticas de manejo que propician condiciones edáficas óptimas para el desarrollo de los cultivos	Numero de practicas	0 a 1	1	Nulo
		2	2	Bajo
		3	3	Medio
		4	4	Alto
		5	5	Optimo
Prácticas de manejo para evitar o reducir la perdida de suelo	Numero de practicas	0 a 1	1	Nulo
		2	2	Bajo
		3	3	Medio
		4	4	Alto
		5	5	Optimo
Tipo de manejo para el control de plagas, enfermedades	Tipo de Manejo	1	1	Nulo
		2	2	Bajo
		3	3	Medio
		4	4	Alto
		5	5	Optimo
Manejo para el control de arvenses	Tipo de Manejo	1	1	Nulo
		2	2	Bajo
		3	3	Medio
		4	4	Alto
		5	5	Optimo



Etapa 4: Trabajo de gabinete. – Con los datos obtenidos en la etapa 1 y 3 se realizó una plantilla de cálculo empleando el programa Excel 2010. Los resultados de los 20 productores fueron ponderados de acuerdo a los valores propuestos en el IMASAM, para cada indicador de sustentabilidad se utilizaron los rangos de valoración definidos en el modelo y las cinco escalas, teniendo: 1 nulo, 2 bajo, 3 mediano, 4 alto y 5 óptimo.

Después se realizó la suma de valores de las escalas de los seis indicadores, Índice de Manejo Agronómico Sustentable de los Agroecosistemas (MASA) de los 20 productores. Se categorizaron los resultados del Manejo de Sustentabilidad de cada productor, las cuatro categorías utilizadas en el IMASAM son: Manejo no sustentable o no deseable, Manejo sustentable bajo, Manejo sustentable medio y Manejo sustentable óptimo o deseable. Finalmente, la sustentabilidad de la microcuenca del Río Aguacapa se calculó con el promedio obtenido de las categorías de Manejo Sustentable de los 20 productores que se evaluaron.

## **Resultados y Discusión**

Los tipos de cobertura y uso de suelo en la microcuenca son: agricultura, pastizal cultivado, vegetación secundaria al bosque mesófilo de montaña, bosque mesófilo de montaña, asentamientos humanos y zona urbana. El cambio de uso de suelo en la microcuenca del Río Aguacapa ha presentado cambios importantes en la cobertura. La agricultura ha incrementado su superficie a costa del decrecimiento en los pastizales, de la misma forma que estos han crecido a costa la reducción en la vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña. Por su parte, los asentamientos humanos han crecido a través del desarrollo de nueva infraestructura que se ha establecido en territorios donde anteriormente eran terrenos de pastizal o agricultura (Partida, 2018). De acuerdo a INEGI 2010, se establece la siguiente clasificación de agroecosistemas, los cuales agrupa en diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas que conforman la información agrícola, pecuaria y forestal de la microcuenca del Río Aguacapa: Agricultura de temporal, agricultura de riego, agricultura de humedad y pastizal cultivado. La población asentada en márgenes del Río Aguacapa se caracteriza por un conjunto de localidades rurales, suburbanas y urbana, siendo la cabecera municipal el mayor número de habitantes quienes se encuentran adyacentes a la superficie de



la microcuenca. En la microcuenca se encuentran asentados 37,725 Habitantes, distribuidos en una localidad urbana, dos colonias suburbanas y 9 localidades rurales (Partida, 2018).

De los 12 asentamientos humanos que conciernen la microcuenca del Río Aguacapa, se eligieron 6 localidades rurales; Axol, Chalchitepec, Elotepec, Mesa del Rancho, Tepampa y Tepetla, una localidad urbana; Huatusco, dos colonias rurales; Col. Ruiz Cortinez y Pastoría el 4. El criterio de selección fue la cercanía a la microcuenca y el grado de impacto en la misma. La evaluación de los seis indicadores propuestos en el IMASAM se ejecutó en los nueve sitios.

**Indicador 1. Agrobiodiversidad.** Se considera positivo para el manejo sustentable que exista una mayor diversidad de especies vegetales, animales domésticos y presencia de fauna silvestre en el agroecosistema, la variable a considerar será el número de especies dentro de la microcuenca. En los 20 agroecosistemas evaluados se encontró un total de 32 especies vegetales diferentes, 5 especies domésticas y 26 especies silvestres.

Las especies vegetales que con mayor frecuencia se encuentran en los agroecosistemas son: Chalahuite (*Inga sp*), encino (*Quercus sp*), ixpepe (*Trema micrantha* L. Blume), fresno (*Fraxinus uhdei* Wenz Lingelsh), izote (*Yucca elephantipes* Hort. ex Regel), pimienta (*Pimenta dioica* (L.) Merr.), aguacate Hass (*Persea americana* Mill.), guayaba (*Psidium guajaba* L.), Capulín (*Prunus salicifolia*), café (*Coffea sp*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), limón (*Citrus limon*), plátano (*Musa acuminata*, *Musa balbisiana*), maíz (*Zea mays* L.), hierbamora (*Solanum nigrum* L.), macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), durazno (*Prunus sp*). Los animales domésticos más comunes del sistema son: gallinas (*Gallus gallus domesticus*), vacas (*Bos taurus*), burro (*Equus asinus*), borrego (*Ovis aries*), perro (*Canis lupus familiaris*). La fauna silvestre más reportado por los agricultores fue: ardilla (*Sciurus aureogaster*, *Sciurus deppei*), tlacuache (*Marmosa mexicana*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), mapache (*Procyon lotor*), tejón (*Nasua narica*), tuza (*Orthogeomys hispidus*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), culebra (*Coniophanes fissidens*, *Drymobius margaritiferus*), coralillo (*Micrurus diastema*), coyote (*Canis latrans*).

El cuadro 2 muestra la escala de manejo sustentable de acuerdo a las categorías utilizadas por el IMASAM, la microcuenca del Río Aguacapa se encuentra en la escala de manejo sustentable bajo con respecto a la escala de Agrobiodiversidad estipulada en el modelo, 13 de los 20 agroecosistemas evaluados se encuentran en escala baja y seis más en la media, solo uno de ellos tiene una Agrobiodiversidad nula. Los cultivos establecidos en la microcuenca



son: maíz, frijol, café, aguacate, caña y hortalizas. Así como también, pastizales como forraje para ganado.

**Cuadro 2. Agrobiodiversidad en los agroecosistemas de la microcuenca del Río Aguacapa.**

<i>Agrobiodiversidad</i>	<i>Agroecosistemas</i>	<i>Escala de manejo sustentable</i>
≤ a 10	1	Nula (1)
11 a 20	13	Baja (2)
21 a 30	6	Media (3)
31 a 40	0	Alta (4)
≥ 41	0	Optima (5)
	$\Sigma$ 20	

**Indicador 2. Materia orgánica.** El rendimiento de los cultivos depende de las propiedades del suelo y el contenido de materia orgánica. La materia orgánica en el suelo (MOS) está determinada por la cantidad de desechos que se incorpore, y por el manejo del suelo, de la vegetación y la de las condiciones ambientales. La microcuenca del Río Aguacapa presenta que el 30% de los agroecosistemas se ubican en la categoría media con valores de del 2% y 3% de acuerdo con la clasificación de Ortiz y Solorio (1990); así mismo el 70% restante de los agroecosistemas evaluados se encuentra en la categoría alta o rica con valores mayores al 3.5%, los resultados reportados nos muestran que el indicador de MOS de la microcuenca del Río Aguacapa se encuentran en valores de sustentabilidad óptima. Los resultados de los 20 agroecosistemas evaluados se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Materia orgánica del suelo en la microcuenca del Río Aguacapa.**

<i>Materia Orgánica del suelo</i>	<i>Categoría</i>	<i>Agroecosistemas</i>	<i>Porcentaje de Agroecosistemas</i>	<i>Escala de manejo sustentable</i>
Valores menores a 1%	Muy pobre	0	0	Nulo (1)
Valores entre 1 y 2 %	Pobre	0	0	Bajo (2)
Valores entre 2 y 3 %	Medio	6	30	Medio (3)
Valores entre 3 y 3.5 %	Altos o ricos	0	0	Alto (4)
Valores mayores a 3.5%	Altos o ricos	14	70	Optimo (5)
		$\Sigma$ 20	100%	



Ningún agroecosistema reportó valores menores al 1% y 2%, lo que nos demuestra que los niveles de MOS no son pobres según las escalas de sustentabilidad aplicadas en el IMASAM, reportando el valor más bajo de 2.4% y el valor más alto con 11%.

**Indicador 3. Prácticas que mejoran las condiciones del suelo.** Las grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas vienen ocasionando daños severos de contaminación química en la tierra, el agua, y el aumento de plagas, como consecuencia de la inmunidad biológica a los plaguicidas (Restrepo *et al.*,2000). Dentro de las prácticas de manejo que ayudan a mejorar las condiciones de suelo se encuentran la incorporación de abonos orgánicos, no usar herbicidas, la cubierta vegetal entre surcos, uso de mejoradores de suelo y análisis de suelo para la correcta aplicación de abonos y fertilizantes. El cuadro 4 muestra los resultados de las practicas que mejoran las condiciones del suelo.

**Cuadro 4. Prácticas que mejoran las condiciones del suelo en la microcuenca del rio Aguacapa.**

Practica que mejora las condiciones del suelo	Agroecosistema
Incorporación de abonos orgánicos	10
No uso de herbicidas	16
Cubierta vegetal entre surcos	10
Realiza análisis de suelo	2
Usa mejoradores de suelo	4
Escala de manejo sustentable	
1: Nulo	7
2: Bajo	7
3: Media	3
4: Alto	3
5: Optimo	0

Los agroecosistemas evaluados en la microcuenca del Rio Aguacapa presentaron que un 50 % de los productores incorporan abonos orgánicos a sus cultivos, otro 50% mantienen la cobertura vegetal entre surcos y el 80 % no hace uso de herbicidas, estas prácticas resultan ser sustentables como actividades de producción en los agroecosistemas de la microcuenca. Sin embargo, solo el 10% de los productores realiza análisis de suelo y un 20% usa mejoradores de suelo. Las escalas de sustentabilidad propuestas en el IMASAM reportaron





que siete de los 20 productores se encuentran en un nivel nulo y otros siete se encuentran en un nivel bajo, solo tres productores tienen un nivel medio y los tres restantes un nivel alto.

**Indicador 4. Prácticas de manejo para evitar o reducir la pérdida de suelo.** El IMASAM contempla cinco actividades que contribuyen a evitar o reducir la pérdida de suelo, entre ellas se encuentran: La cobertura del suelo, orientación de surcos establecidos de forma inversa a la pendiente, surcos trazados a curvas de nivel, establecimiento de terrazas, y establecimiento de barreras muertas o barreras vivas. De los 20 agroecosistemas evaluados en la microcuenca del Río Aguacapa 14 cuentan con cobertura en el suelo permanentemente, 15 orientan los surcos de sembrado de forma inversa a la pendiente, 7 trazan surcos a curva de nivel, solo uno establece terrazas y 18 cuentan con barreras vivas o muertas en sus cultivos. Para la escala de manejo sustentable del IMASAM, 8 agroecosistemas se encuentran en los niveles bajo y nulo y 12 en los niveles medio y alto. Las prácticas de manejo que se ejecutan en la microcuenca del Río Aguacapa se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Prácticas de manejo para evitar o reducir la pérdida de suelo en la microcuenca del río Aguacapa.**

Practica que mejora las condiciones del suelo	Agroecosistema
Cobertura del suelo	14
Orientación de surcos en forma inversa a la pendiente	15
Surcos trazados a curvas de nivel	7
Establecimiento de terrazas	1
Establecimiento de barreras vivas o muertas	18
Escala de manejo sustentable	
1: Nulo	2
2: Bajo	6
3: Medio	7
4: Alto	5
5: Optimo	0

**Indicador 5. Tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades.** En la guerra contra las plagas, los insecticidas químicos han sido usados como el principal método de control porque parecían un método de acción rápida y que actuaba sobre las poblaciones de insectos de una manera devastadora. Sin embargo, la mayoría de los insecticidas no son selectivos y



afectan junto a la plaga que se quiere controlar a otros organismos, entre los cuales se encuentran los parasitoides y depredadores de la plaga, así como los insectos polinizadores de los cultivos (Coto, 2008). El control de plagas y enfermedades en los cultivos de la microcuenca del Rio Aguacapa presenta que 8 productores de 20 hacen uso de herbicidas, fungicidas e insecticidas para el manejo en sus agroecosistemas, 3 realizan un manejo integrado u orgánico, 9 afirmaron no tener plagas ni enfermedades. En escala del IMASAM el 40% de los productores tiene un nivel de manejo sustentable nulo, un 15% cuenta con un nivel alto, y el 45% restante asume un nivel óptimo. El cuadro 6 muestra los tipos de manejo para la microcuenca del Rio Aguacapa.

**Cuadro 6. Valoración del tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades.**

Tipos de manejo	Agroecosistema
Manejo mediante sustancias químicas	8
Manejo biológico	0
Manejo orgánico	0
Manejo integrado de plagas	3
Sin presencia de plagas y enfermedades	9
Escala de manejo sustentable	
1: Nulo	8
2: Bajo	0
3: Media	0
4: Alto	3
5: Optimo	9

**Indicador 6. Valoración del tipo de manejo para el control de arvenses en el cultivo.** Las arvenses, en el sentido agronómico, representan plantas sin valor económico o que crecen fuera de lugar interfiriendo en la actividad de los cultivos, afectando su capacidad de producción y desarrollo normal por la competencia de agua, luz, nutrientes y espacio físico, o por la producción de sustancias nocivas para el cultivo. Esto indica que las arvenses representan uno de los problemas severos de la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita su competencia con los vos, a la vez que pueden comportarse como hospederas de plagas y enfermedades. Por tal razón, se deben implementar modelos de manejo que



disminuyan su interferencia con el cultivo y, de esta forma, evitar el incremento considerable en los costos de producción (Blanco y Leyva, 2007). El cuadro 7 muestra los métodos para el control de arvenses en cultivos de la microcuenca del Río Aguacapa, los métodos más empleados para el control de arvenses en la microcuenca del Río Aguacapa son los culturales el 40% de los productores realiza métodos culturales (deshierbe manual, rotación de cultivos, quema, labranza, acolchado), el 30% combina los métodos químicos y físicos (herbicidas, machete y azadón). El 30 % restante controla los arvenses con machete, azadón y métodos culturales. Los productores de la cuenca del Río Aguacapa en su mayoría obtuvieron un nivel de sustentabilidad optima y alta de según el IMASAM, 6 de 20 agroecosistemas tienen un nivel alto y otros 8 uno optimo, los 6 restantes se localizan en la categoría del nivel bajo, debido al uso de herbicidas en sus cultivos.

**Cuadro 7. Valoración del tipo de manejo para el control de arvenses en cultivos de la microcuenca del Río Aguacapa.**

Tipos de métodos	Agroecosistema
Método químico (uso de herbicidas)	
Combinación de los métodos de control químicos y físicos	6
Métodos físicos	0
Método de control físico y cultural	6
Métodos culturales	8
Escala de manejo sustentable	
1: Nulo	0
2: Bajo	6
3: Media	0
4: Alto	6
5: Optimo	8

### Índices MASA e IMASAM

Fundamentado en el índice empleado para el cálculo del MASA se presenta la clasificación para las escalas de manejo sustentable del manejo agronómico de los agroecosistemas en el Cuadro 8. El índice MASA muestra que el 55 % de los agroecosistemas de la microcuenca se encuentra en la escala de manejo sustentable bajo, solamente el 35% se encuentra en manejo sustentable medio y un 10% en la categoría de manejo no sustentable o bajo. El promedio de



los índices del manejo agronómico de los agroecosistemas MASA en la microcuenca del Río Aguacapa fue de categoría (II) manejo sustentable bajo, 11 de los 20 agroecosistemas evaluados se encontraron en esta categoría, lo que indica que el nivel de sustentabilidad en la microcuenca del Río Aguacapa es bajo, resultado derivado de las actividades antrópicas que se desarrollan en los agroecosistemas, el uso de herbicidas y fertilizantes en los cultivos, la persistencia de plagas y enfermedades.

**Cuadro 8. Valor de manejo sustentable en los agroecosistemas de la microcuenca del Río Aguacapa.**

Puntaje (Valor umérico)	Criterio de decisión (%)	Numero de Agroecosistemas	Categoría o escala de manejo sustentable
1 - 14	< 50	2	Manejo no sustentable o no deseable (I)
15 - 19	$\geq 50$ a $\leq 66$	11	Manejo sustentable bajo (II)
20 - 24	$> 66$ a $\leq 83$	7	Manejo sustentable medio (III)
25 - 30	$83 > a \leq 100$	0	Manejo sustentable optimo o deseable (IV)
		$\Sigma 20$	

## Conclusiones

El IMASAM como modelo evaluador de la sustentabilidad en la microcuenca del Río Aguacapa, demostró que ésta se encuentra en un nivel sustentable bajo obteniendo 61.8 %, en la escala de sustentabilidad. De los seis indicadores sometidos a evaluación, el de materia orgánica fue el único donde se obtuvieron resultados favorables teniendo un 70% de agroecosistemas en nivel de sustentabilidad óptima. El indicador de Agrobiodiversidad obtuvo un 65% en escala de sustentabilidad baja, este valor indica que las especies vegetales y animales en la microcuenca han disminuido. La expansión urbana a consecuencia del crecimiento poblacional ha invadido el habitat natural de especies silvestres, despojando a estas de su ecosistema. No obstante, el uso de cambio de suelo tiene un papel fundamental en la disminución de especies animales y vegetales, la transición de espacios naturales a cultivos agrícolas ha mermado la biodiversidad en la microcuenca. Las practicas que mejoran las condiciones del suelo son nulas y bajas en la microcuenca, un 70% de los agroecosistemas se encuentran en este nivel de sustentabilidad. Aun cuando 10 de los 20 agroecosistemas evaluados incorpora abonos



orgánicos en sus cultivos y mantiene la cubierta vegetal entre surcos, sólo 6 realiza 3 o más de 3 actividades para mejorar las condiciones. La limitante para ejecutar las cinco prácticas que indica el IMASAM, es la economía de los productores, los análisis de suelo y mejoradores tienen un costo que los productores no pueden solventar.

Las prácticas de manejo para evitar o reducir la pérdida de suelo como cuarto indicador obtuvieron un 75% en valores de media y por debajo de la media, un 10% alcanzó la escala de sustentabilidad nula, otro 30% escala baja y el 35% restante en escala media. Las actividades del cuarto indicador resultan ser labores arduas, y que en muchos casos los productores necesitan de mano de obra externa para realizarlas, lo que incrementa un alza en su presupuesto de cultivo. Por ello el resultado para este indicador no es satisfactorio en la escala de sustentabilidad. Las plagas y enfermedades en los cultivos han afectado a poco menos de la mitad de agroecosistemas en la cuenca, aun cuando el uso de sustancias químicas ha sido el método eficiente para estos productores, es importante mencionar que un 40% de los agroecosistemas evaluados se encuentran sin presencia de plagas y enfermedades, y otro 15% realiza un manejo integrado de las mismas. Lo cual indica que 11 de los productores no hace uso de químicos perjudiciales para el suelo y especies circundantes a los cultivos. Considerando que actualmente los agroquímicos se han vuelto el principal proveedor de los productores agrícolas, la escala de sustentabilidad en este indicador, pudo ser mucho más baja de la obtenida.

El control de arvenses ha sido un indicador con resultados benéficos un 30% y un 40% de los productores alcanzo un nivel sustentable alto y optimo respectivamente. El buen resultado de este indicador se debe a que los productores no hacen poco uso de herbicidas, y los métodos culturales son el principal manejo que se realiza en los agroecosistemas.

### **Literatura citada**

Blanco, Y., y A. Leyva. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Revista Cultivo Tropicales*, 28(2): 21-28.



- Cabal-Prieto, A. 2018. Desarrollo y evaluación de indicadores de sustentabilidad en la microcuenca del río Sonso, municipio de Huatusco, Veracruz (Tesis Doctorado en Ciencias Agroecosistemas Tropicales). Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Veracruz, México.
- Challenger, A., y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, *In: Capital natural de México*. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio, Editorial CONABIO, México, D.F.
- Coto, D. J. 2008. Control de plagas y enfermedades en producción ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). En *J. D. Ecológica* (Ed.). 1-80 p.
- Dyllick T. y Rost Z. 2017. Towards true product sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 162:346 - 360. 10.1016/j.jclepro.2017.05.189
- INEGI 2010. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Censo de Población y Vivienda, 2010 (Informe nacional y estatales), México. <http://www.censo2010.org.mx>.
- Ortiz-Solorio, V.B., Ortiz, S.C. 1990. Edafología. Séptima edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, 294 p.
- Partida-Sedas, S. 2018. Valoración de la sustentabilidad en la microcuenca del río Aguacapa en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. (Tesis Doctorado en Ciencias Agroecosistemas Tropicales). Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Veracruz, México.
- Restrepo M. J., S. D. I. Angel y M. Prager. 2000. Actualización Profesional en Manejo de Recursos Naturales, Agricultura Sostenible y Pobreza Rural. Agroecología. Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR) Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/Agroecologia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf)
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. *et al.*, 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475 (2009). <https://doi.org/10.1038/461472a>



## LABRANZA VERTICAL PARA ELIMINAR CAPAS DURAS DEL SUELO EN LA PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR

*Marco Antonio Reynolds Chavez<sup>1\*</sup>, Maurilio Mendoza Mexicano<sup>1</sup>, Martin Cadena Zapata<sup>2</sup>, Ángel Capetillo Burela<sup>1</sup>, Juan Antonio López López<sup>2</sup> y Rigoberto Zetina Lezama<sup>1</sup>*

### Resumen

La industria azucarera en México cuenta en la actualidad con una superficie cultivada de 800,414 hectáreas, cuya producción alcanza los 56 millones de toneladas de caña de azúcar. De la totalidad de esta superficie, el 86% es de ciclo de temporal y la diferencia porcentual cuenta con riego en su mayoría de tipo superficial, con un rendimiento promedio nacional de 68.1 ton ha<sup>-1</sup> y 114.18 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No obstante, que el estado de Veracruz es el mayor productor, presenta registros en la última década de un mínimo incremento en la producción del 3%, lo que representa únicamente 4 ton ha<sup>-1</sup>, en comparación con el incremento medio nacional que oscila aproximadamente en 9% y que reporta hasta 12 ton ha<sup>-1</sup>. Este bajo registro de la entidad más productora permanece desde el año 2010 a la fecha con un aporte de incremento mínimo de producción, lo que evidencia la falta de innovaciones tecnológicas para mejorar la productividad. En la actualidad la producción de caña de azúcar se enfrenta a diversos factores que limitan la productividad, entre los que destacan factores técnicos principalmente, económicos y sociales. Como se observa en los datos de rendimiento, existe un rezago tecnológico, mismo que representa un reto para los actores claves del sector. La presente investigación tuvo como propósito evaluar el uso de la labranza primaria vertical para mejorar la respuesta productiva en caña de azúcar en comparación con la labranza convencional utilizada tradicionalmente con discos y en dos diferentes sistemas de riego (aspersión fija y por gravedad) en un establecimiento en plantilla. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento fue en la tecnología de labranza vertical con aspersión fija alcanzando las 135.71 ton ha<sup>-1</sup> en comparación con la labranza convencional testigo con el

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Cotaxtla Km 34.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. \*muchachoc@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista, Saltillo Coahuila, México.



mismo riego, la cual obtuvo un rendimiento de 121.73 ton ha<sup>-1</sup>, mostrando un diferencial productivo de 10.3 % por efecto de la labranza en un primer ciclo. Así mismo, la tecnología en labranza vertical fue superior significativamente con respecto a la labranza convencional.

**Palabras clave:** labranza vertical en caña de azúcar, capas compactas del suelo

## Introducción

La industria azucarera en México cuenta en la actualidad con una superficie cultivada de 800,414 hectáreas, cuya producción alcanza los 56 millones de toneladas de caña de azúcar. De la totalidad de esta superficie, el 86% es de ciclo de temporal y la diferencia porcentual cuenta con riego en su mayoría de tipo superficial, con un rendimiento promedio nacional de 68.1 ton ha<sup>-1</sup> y 114.18 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

El estado de Veracruz ocupa el primer lugar, con el 37.13 % de la producción y superficie total cosechada. Sin embargo, los números de rendimiento promedio en Veracruz son de 64.45 ton ha<sup>-1</sup> y se encuentran muy por debajo del promedio nacional con 68.11 ton ha<sup>-1</sup>. Así mismo, la entidad más productora presenta un registro desde el año 2010 a la fecha, con un mínimo aporte de incremento de producción del 3%, lo que representa únicamente 4 ton ha<sup>-1</sup>, en comparación con el incremento medio nacional que oscila sobre el 9% y que reporta hasta 12 ton ha<sup>-1</sup>. Existe información documentada y obtenida de foros de consulta técnica, de demanda, reuniones tecnológicas (INIFAP,2017), donde se prioriza la necesidad tecnológica de tres factores que inciden directamente en la baja productividad: el desarrollo de nuevos materiales genéticos, la falta de innovaciones tecnológicas para el manejo del (suelo, riego por sistemas presurizados, siembra y cosecha) y capacitación y transferencia de tecnología. Por otra parte, la producción de caña se enfrenta a diversos factores que impactan de manera negativa en la productividad de este cultivo; factores que van desde aspectos técnicos, económicos y sociales; tanto de carácter nacional como internacional (SIAP, 2019).

Para cualquier cultivo agrícola, existen tres tipos de factores que influyen en el rendimiento, estos son: el manejo agronómico, las condiciones ambientales de la región de cultivo y las características genéticas de la semilla utilizada, (Hatfield y Walthall, 2015).





La preparación de suelo es la combinación de labores mecanizadas que proveen a la semilla de caña (reproducción vegetativa) las condiciones óptimas para su germinación, y un crecimiento vigoroso de la masa foliar y la masa radicular. Sin embargo, la deficiente selección de los implementos utilizados en la preparación del suelo o su incorrecta aplicación, en momentos no adecuados y/o en forma no ajustada al suelo, humedad o clima, etc.; pueden y han conducido a la degradación del suelo y del ambiente (Zérega, 1994; Cuellar, 1996). La compactación del suelo es uno de los principales factores limitantes, el cual puede reducir el rendimiento agrícola hasta un 60 %. La incorrecta gestión agrícola (80%) y el sobrepastoreo (16%) son las dos principales causas antrópicas de compactación. El laboreo convencional; en su uso tradicional desnivela el terreno, requiere de un operador experto, ya que este tipo de implementos compacta el terreno con mayor intensidad que el arado de vertedera. Este implemento entra por peso en el suelo, multiplica malezas de reproducción vegetativa y no incorpora más allá del 60% del suelo removido (Carrasco, 2011). Por otra parte, la reducción del espacio poroso total, además de afectar la entrada de agua en el suelo, incrementa los riesgos de encharcamiento o escurrimiento superficial de la misma, produciendo mal drenaje superficial o erosión, los problemas de laboreo convencional o arado de discos conllevan a surco de aradura, pie de arado o compactación superficial, su uso permanente desnivela el terreno, demanda mayor consumo de energía, multiplica malezas de reproducción vegetativa, no incorpora más allá del 60% del suelo removido, realizan un volteo incompleto del suelo (Zerega, 2017) y en consecuencia ha disminuido el rendimiento en campo por unidad de superficie. Aunado a este problema, se enfrenta a la limitada aplicación de innovaciones tecnológicas y conocimiento en las prácticas agrícolas para la preparación del suelo (Reynolds *et. al.*; 2020). El contenido de humedad en el suelo tiene también gran importancia para definir el momento óptimo en realizar las labores de preparación. Esto ayuda a reducir la compactación, fuerza de tracción, desgaste de implementos y el consumo de combustible de la maquinaria. En cuanto al manejo de las prácticas agrícolas por regiones a nivel nacional hay una similitud y un manejo que tiene pocas variantes.

Si se realiza la práctica con una innovación tecnológica, utilizando la preparación primaria del suelo con la labranza vertical y que tenga la capacidad operativa de reducir el consumo de combustible y el tiempo efectivo de operación y también que sea capaz de realizar la preparación profunda del suelo con un mayor ancho de trabajo, esto solucionaría dicha



problemática. Con el uso labranza vertical se aumenta la infiltración del suelo, se aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en el mismo, favorece el crecimiento radicular, (Jaramillo, 2002) de igual forma, se incorpora materia orgánica en profundidad al suelo, algunos autores llaman a este tipo de laboreo labranza profunda (Carrasco. J. *et. al*; 2011).

Reynolds, 2014 al realizar una arada de suelo presentó una reducción significativa superior al 50 % en el consumo de combustible y tiempo efectivo de operación y una mayor área disturbada al realizar labranza primaria del suelo con el uso de cinceles rígidos en lugar del arado tradicional de discos.

Es importante señalar que en el establecimiento de plantillas o siembras de inicio debe realizarse una adecuada preparación del suelo en su labranza primaria, lo que condicionará las labores posteriores que deben realizarse en el suelo, esto dado que es un cultivo de rebrote con socas que pueden llegar hasta los diez años dependiendo del manejo técnico el sitio.

Dado lo anterior, la presente investigación tuvo como propósito evaluar el uso de la labranza primaria vertical para mejorar la respuesta productiva en caña de azúcar en comparación con la labranza convencional utilizada tradicionalmente con discos y en dos diferentes sistemas de riego (aspersión fija y por gravedad) en un establecimiento en plantilla con el objetivo de generar una tecnología integrada para la producción de caña de azúcar que permita incrementar la productividad del cultivo, mejorar las propiedades del suelo y el manejo eficiente del agua para contribuir a la conservación de los recursos agua, suelo y energía en la zona centro del estado de Veracruz, México.

## **Materiales y Métodos**

La investigación fue desarrollada en las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en las coordenadas geográficas (18° 56'24'' N y 96° 11' 52'' W). El sitio utilizado fue una superficie de 10,000 m<sup>2</sup> (1ha), dividida en dos parcelas de 5,000 m<sup>2</sup>, con un suelo Arcillo-franco arenoso según la clasificación textural de suelos (USDA,2014) y diferenciados por el sistema de riego aplicado (Figura 1). La fecha de establecimiento fue el 15 de julio del 2019 y se utilizó un solo material genético CP 72-2086.

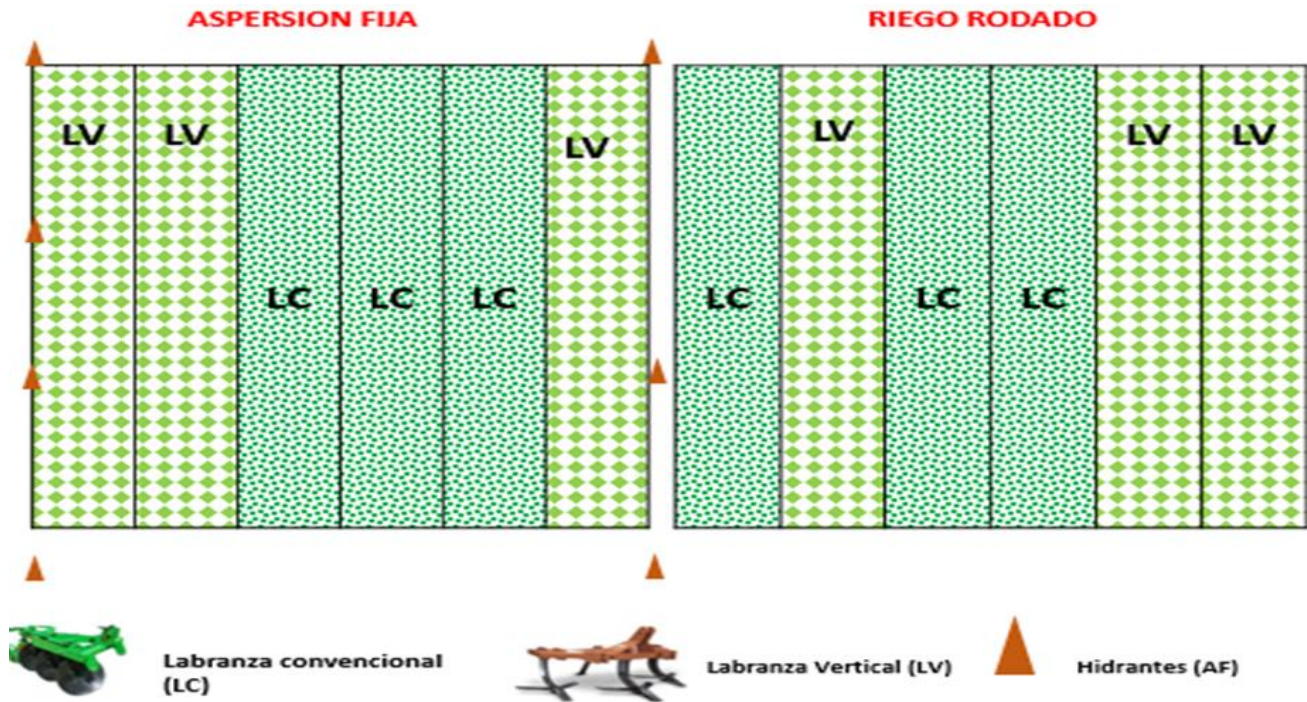


Figura 1. Representación ilustrativa del diseño experimental establecido en campo.

El diseño experimental fue un arreglo en franjas, este arreglo fue utilizado por ser un bifactorial: 1 Factor Riego (Aspersión Fija (AF), Riego Rodado (RR)), 2 Factor Labranza (Labranza Vertical (LV), Labranza Convencional (LC)) su distribución requerida fue en bloques al azar. Número de repeticiones 3, Número de unidades experimentales 12. Los tratamientos T1) AFLV T2) AFLC T3) RRLV T4) RRLC. El número de repeticiones determinado fue debido al tipo de pruebas evaluado y al tamaño del sitio.

### 1) Tecnologías a evaluar:

#### Labranza vertical con arado de cinceles

El tratamiento consistió en el paso del implemento por unidad experimental en una prueba continua para la preparación primaria de suelo, bajo el sistema de **labranza vertical** (a), utilizando el arado de cinceles por cada una de las parcelas en los dos sistemas de riego (Aspersión Fija (AF) y Riego Rodado (RR), en un área por bloque o repetición de 833.33 m<sup>2</sup>.

**Labranza convencional**, se realizó de igual manera con el paso del arado de discos (b), por cada repetición, en cada unidad experimental y en cada sistema de riego. Se muestra en la Figura 2 y 3 los arados utilizados en la evaluación.



Figura 2 y 3. Arado de cinceles (a) Vs. Arado de discos (b).

### Sistemas de riego con Aspersión Fija

Los tratamientos bajo este sistema de riego de **Aspersión Fija (AF)**, se realizaron mediante la aplicación de riegos por parcela (Figura 4), con una superficie de 5000 m<sup>2</sup>, conteniendo los dos sistemas de labranza: vertical y convencional, cada uno con tres repeticiones. Para esto se utilizaron cañones tipo Mercury, con una cobertura de 25 m, con un gasto de 12 litros y con una presión de 2.1 (Kg/ s<sup>2</sup> m), esto parámetros de acuerdo a datos técnicos establecidos por el proveedor.

### Sistemas de riego con Riego Rodado

Los tratamientos bajo este sistema de riego por Riego **Rodado (RR)**, se realizaron mediante la aplicación de riegos por parcela (Figura 5), con una superficie de 5000 m<sup>2</sup>, conteniendo los dos sistemas de labranza: vertical y convencional, para cada repetición.



Figura 4 y 5. Riego por Aspersión Fija (a) Vs. Riego Rodado (b).



Para esto, se utilizó tubería de 6 pulgadas con una distribución por regaderas en la cabecera con distribución por sectores en cabeceras y en la parte media de la parcela con un promedio de riego de por el total de la parcela.

## **2) Diagnóstico del sitio de evaluación**

Se realizaron las pruebas de Resistencia a la Penetración (RP) utilizando una sonda electrónica o TDR Medidor de compactación SC 900 de la marca Field Scout, el cual mide la capacidad de un cuerpo de no ser penetrado con la magnitud de fuerza en un área determinada en kg/cm<sup>2</sup>. Esta actividad determinaría la necesidad de aplicación de labranza primaria del suelo, si y solo si, se presentaban registros superiores a 3 MPa, parámetro que determina la impedancia mecánica del suelo (condición del suelo con capas duras del suelo que impiden el adecuado desarrollo de los cultivos).

## **3) Variables a medir**

### **Muestreo para la variable Resistencia a la Penetración (RP)**

Para esta variable RP, la superficie total del módulo experimental fue dividido en cuatro bloques, donde cada bloque fue monitoreado en tres repeticiones con un total 12 lecturas, cada lectura se realizó de 0 a 12 pulgadas (unidades de lectura del equipo) que equivalen hasta 0.30 m. La profundidad de muestreo fue seleccionada de acuerdo a la profundidad de laboreo y, además, es el estándar internacional de profundidad utilizada con implementos para el laboreo profundo del suelo. Para la comparación de esta variable RP se realizaron cuatro muestreos en cuatro etapas diferentes del desarrollo del cultivo: al diagnóstico, a los 30, 60 y 90 días de aplicada la labor.

### **Muestreo para la variable humedad del suelo (Hs)**

Para la variable Hs la superficie total del módulo experimental fue dividida en cuatro bloques, o tratamientos, donde cada bloque se monitorearon tres repeticiones para un total de 12 lecturas, cada lectura con 3 niveles de profundidad, 0.10, 0.20 y 0.30 m, la humedad fue determinada por el método gravimétrico. Así mismo, esta lectura fue tomada cada vez que se realizó el monitoreo de la variable RP.

### **Muestreo para la variable Consumo de combustible (Cc)**

La prueba fue realizada con seis repeticiones en forma aleatorizada en la totalidad de la parcela. Este parámetro de desempeño fue realizado en forma continua, es decir, la preparación de la labor desde el inicio hasta el final de cada una de las seis repeticiones. 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 está soportado como una prueba válida y aceptada por el NTTL (Nebraska Tractor Test Lab) y referida a la (OECD, 2016). Para las pruebas de desempeño es importante utilizar el mismo tractor, operador y las mismas condiciones de prueba en lo general.

### **Muestreo para la variable Tiempo efectivo de operación (Teo)**

La medición de tiempo efectivo de operación se realizó en cuatro segmentos de trabajo: a) Medición del tiempo de un recorrido a lo largo del bloque b) vuelta en las cabeceras dado por la configuración tractor + implemento, c) recorrido completo (una vuelta total= recorrido de ida y vuelta más el tiempo acumulado en la cabecera por acomodo del tractor y d) el tiempo total del bloque (esta prueba es continua desde el inicio hasta el final y no puede detenerse. Para nuestra cuantificación del tiempo efectivo empleamos el método del cronometro. Se tomaron los promedios de seis repeticiones. No existe análisis de varianza dado el tipo de prueba realizado.

### **Muestreo para la variable Área disturbada del suelo (Ad)**

Para determinar la calidad de labor de la tecnología propuesta vs testigo se realizaron tres perfilómetros por cada repetición, utilizando el perfilómetro de varillas de acuerdo a la metodología de Godwin (1978). Se sustituyó la varilla graduada por un perfil de PTR de 2x2" espaciado cada 0.10 m para la medición del ancho de trabajo. Los puntos de muestreo de cada perfil del suelo fueron aleatorizados e insertando la varilla en forma manual hasta topar con suelo no removido, cuidando de no dañar el perfil de labranza. Para el análisis de los datos fue utilizado el programa MATLAB con una aproximación numérica para calcular su integral, que también es el área bajo la curva de la gráfica.

### **Muestreo para la variable Rendimiento (R)**

Para la estimación de rendimiento se obtuvo un muestreo de 3 sitios, en donde se llevó a cabo un conteo de tallos molederos en 5 metros lineales del surco intermedio, teniendo un registro de tallos totales en 5 metros lineales, para obtener el número de tallos por metro lineal. Una vez realizado el conteo, se procedió a cosechar la muestra total del surco en cada uno de los bloques A1 y A2. De los 5 tallos seleccionados de las muestras cosechadas, se pesaron los 5 tallos, para obtener el peso por tallo. Expresada su fórmula como sigue:

$$\text{Rend (tonha}^{-1}\text{)} = (\text{Densidad tallos/ha}^{-1}\text{)} * (\text{peso de tallo moledero}) / 1000$$



Donde: Densidad de Población = (número de tallos por metro lineal) \* (10,000)

Peso de tallo moledero (kg)= (peso de submuestra de 5 tallos / número de tallos de la submuestra). Para el análisis de información se utilizó un arreglo bifactorial en franjas con una distribución en bloques al azar con tres repeticiones y un ANOVA con prueba de Tukey al 0.05. Los tratamientos evaluados fueron T1) AFLV, T2) AFLC, T3) RRLV y T4) RRLC, respectivamente.

## Resultados y Discusión

### Para la variable Rp al momento del diagnóstico

Se puede observar que numéricamente los tratamientos presentan valores por encima de la impedancia mecánica (Tabla 1), que para la mayoría de los cultivos es de 3 MPa.

**Tabla 1. Respuesta de la variable RP.**

Muestreo	Prof. 0.10m	Prof. 0.20m	Prof. 0.30 m
M1	4.02 a	3.11 a	4.00 a
M2	4.31 a	4.61 b	3.75 a
M3	2.92 a	2.54 bc	3.39 a
M4	4.29 a	3.31 c	4.05 a

Valores superiores a 3 MPa presentan impedancia mecánica del suelo.

Se mostraron tres únicas profundidades, las cuales representan las áreas críticas de las capas duras del suelo. Lo que justifica que se aplique la labranza primaria del suelo. El análisis de varianza en la profundidad de 0.10 y 0.30 m, respectivamente no mostró diferencia estadística significativa, salvo el caso de una pequeña diferencia para la profundidad a 0.20 m debida a los efectos de heterogeneidad del mismo suelo. En la Tabla 2, se muestran los valores de los muestreos realizados a los 60ddl y se puede observar que la variable resistencia a la penetración se encuentra en valores por debajo del diagnóstico y del límite requerido para el adecuado desarrollo de las plantas. Esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas dado que el suelo fue recientemente removido hasta 0.30 m de profundidad, por



otra parte, la HS, se muestra con el mismo comportamiento, dado las condiciones de un experimento bajo condiciones de riego.

**Tabla 2. Respuesta de la variable RP y HS a los 60 días después de labor.**

Tratamientos	Prof. 0.10m		Prof. 0.20m		Prof. 0.30 m	
	RP	HS	RP	HS	RP	HS
T1	0.96 b	8.11 a	1.05 a	7.95 a	1.17 a	7.55 a
T2	1.35 ab	8.08 a	1.60 a	8.47 a	1.79 a	9.22 a
T3	1.99 a	9.23 a	1.27 a	9.92 a	1.50 a	10.17 a
T4	1.24 ab	10.20 a	1.81 a	13.20 a	1.58 a	7.15 a

Valores superiores a 3 MPa presentan impedancia mecánica del suelo.

### **Consumo de Combustible**

Para esta variable se registró un ahorro de combustible altamente significativo del 38.89 % al aplicar la labranza vertical en comparación con la labranza convencional con discos en el mismo tamaño y profundidad de la superficie. Resultados similares fueron obtenidos por Reynolds 2017 y 2018 al evaluar la intensidad de labranza vertical en comparación de labranza horizontales utilizando los mismos implementos en un suelo franco.

### **Tiempo Efectivo de Operación**

Para esta variable se registró un ahorro en el Tiempo Efectivo de Operación altamente significativo del 31.70 % al aplicar la labranza vertical en comparación con la labranza convencional con discos en el mismo tamaño y profundidad de la superficie. Resultados similares fueron obtenidos por Reynolds 2017 y 2018 al evaluar la intensidad de labranza vertical en comparación de labranza horizontales utilizando los mismos implementos en un suelo franco. En el cuadro 1, se muestran los registros de las evaluaciones de desempeño de los implementos bajo condiciones en campo y las ventajas entre la aplicación de la labranza vertical en comparación con la labranza horizontal.





**Cuadro 1. Desempeño de implementos, en las variables de respuesta; consumo de combustible y Tiempo efectivo de operación**

Tipo de labranza	SITIO EXPERIMENTAL																	
	Labranza Vertical (LV)			Labranza vertical (LV)			Labranza convencional (LC)			Labranza convencional (LC)			Labranza convencional (LC)			Labranza vertical (LV)		
	AFLV			AFLV			AFLC			AFLC			AFLC			AFLV		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Tiempo de recorrido con cabeceras (trc) min.	2.22	2.18	2.17	2.15	2.17	2.18	3.17	3.34	3.27	3.37	3.19	3.35				2.35	2.18	2.4
Tiempo de recorrido sin vuelta (trsvc) min.	1.49	1.47	1.43	1.4	1.42	1.47	2.49		2.51	2.57	2.34	2.44	2.41	2.48	2.51	1.48	1.39	1.49
Tiempo de vuelta en la cabecera (tvc) s	17.12	16.41	18.16	17.47	16.31	15.43	12.96	18.13	17.34	21.14	17.1	22.58	19.23	21.1	19.36	21.13	19.45	18.51
Tiempo de vuelta en la cabecera (tvc) s	16.17	15.14	16.21	18.11	19.21	16.42	15.67	21.14	19.19	19.25	18.46	19.4	18.54	20.18	18.45	22.17	20.08	19.32
*Tiempo efectivo de operación (Teo) total del bloque (min)			<b>7.01 min</b>			<b>6.38 min</b>			<b>10.55 min</b>			<b>11.17 min</b>			<b>10.25 min</b>			<b>8.01 min</b>
**Consumo de combustible (CC) (lt)			<b>0.800</b>			<b>0.720</b>			<b>1.210</b>			<b>1.500</b>			<b>1.430</b>			<b>0.950</b>

\*Teo (tiempo efectivo de operación, \*\*C: (consumo de combustible).

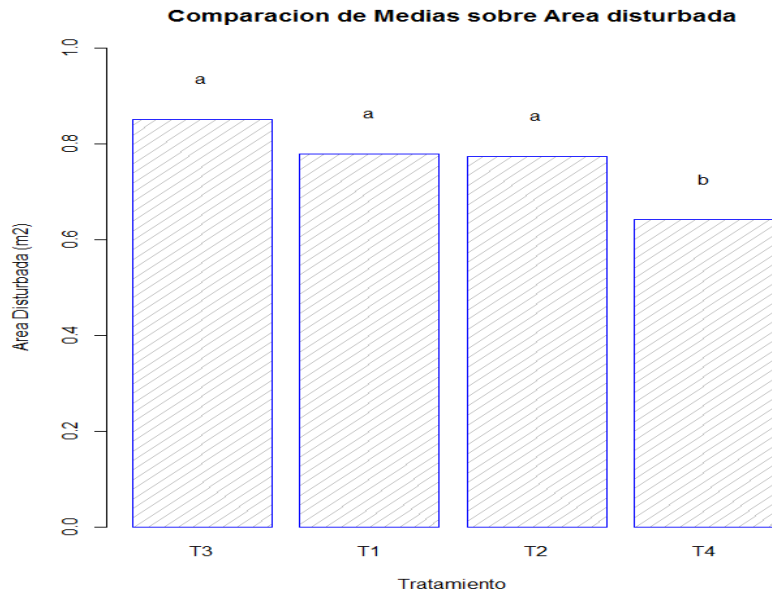
### Área disturbada del suelo

El análisis de varianza en la Tabla 3, indica que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que es necesario realizar una comparación entre tratamientos aplicando la prueba de Tukey al 0.05

**Tabla 3. Análisis de varianza de Ad para la aplicación de la labranza primaria del suelo.**

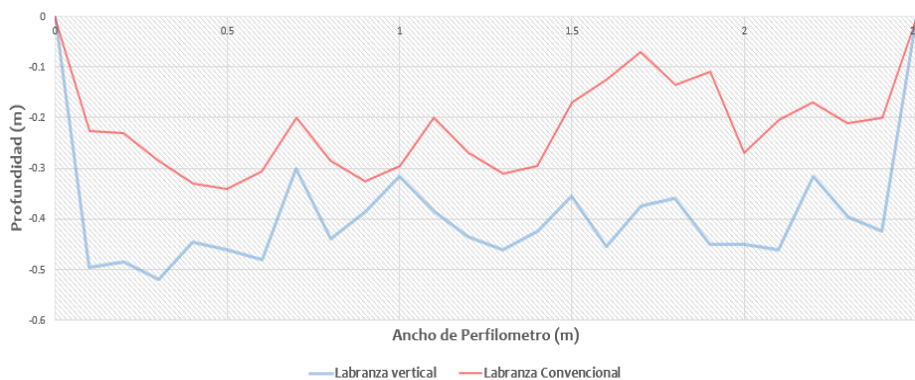
Variable	GL	Suma de C	Cuadrado M	valor F	Pr(>F)
Repetición	8	0.015035	0.001879	0.1948	0.989054
Tratamiento	3	0.204392	0.068131	7.0605	0.001451 **
Residuales	24	0.231590	0.009650		

Significancia: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



**Figura 6. Comparación de Medias de la variable Área disturbada del suelo.**

Mediante el ANOVA, se indica en la (Figura 6) que los tratamientos T3, T1 y T2 son estadísticamente iguales pero diferentes a T4, aunque numéricamente el T3 fue superior en un 8.48 % respecto a T1 y T2 y en un 24.55 % en comparación al T4 que es la tecnología más utilizada en la preparación de suelo cuando se utiliza riego superficial y labranza convencional.



**Figura 7. Gráfica comparativa del desempeño de la labranza vertical vs convencional.**

En base a las pruebas realizadas por medio del perfilómetro, se muestran cada uno de los tratamientos de las labranzas llevadas a cabo dentro del experimento, se observa en la Figura 7, que el mayor porcentaje de área disturbada de suelo en profundidad corresponde a



Labranza vertical T1, realizando un arado de piso más profundo que permite menor compactación superficial y mayor profundidad de raíces. Mientras que el arado convencional es menos profundo y con menor área disturbada.

## Rendimiento

**Tabla 4. Análisis de Varianza de la variable rendimiento.**

Variable	GL	Suma C	Cuadrado M	Valor F	Pr(>F)
Repetición	8	3603.9	450.49	0.6749	0.70863
Tratamientos	3	6998.2	2332.73	3.4947	0.03105 *
Residuales	24	16019.9	667.50		

Códigos de significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

El análisis de varianza de la Tabla 4, indica que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que es necesario realizar una comparación entre tratamientos aplicando un Tukey al 0.05.

**Tabla 5. Comparación de medias del rendimiento de caña de azúcar.**

Tratamientos	Variable	grupos
T1	135.7156	a
T2	119.9544	a b
T4	102.7589	a b
T3	101.8067	b

El mayor rendimiento numérico (Ver Tabla 5) se obtuvo en el T1, aunque no hubo diferencias estadísticas en comparación con los tratamientos T2 y T4 y T3. No obstante, para el caso T3 fue el tratamiento que registró el rendimiento más bajo. En el caso comparativo de la tecnología propuesta T1 (aspersión fija con labranza vertical en comparación con la tecnología convencional utilizada o testigo T4 (Riego rodado con labranza convencional de discos). La tecnología propuesta fue superior en la productividad en un 11.61 % que equivale a 15761 kilogramos.



## Literatura Citada

- Carrasco J. 2011. Técnicas de conservación de suelo y agua y vegetación en suelos degradados, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, serie-actasNo. 45, 2011, ISSN 0717-4810.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la caña). 2015. Paquetes tecnológicos par el cultivo de caña de azúcar. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector, junio de 2016. [http://www.cndsca.gob.mx/DocumentosEficProductiva/TEcnicos\\_Informativos/4.-%20Nota%20septiembre%202015.pdf](http://www.cndsca.gob.mx/DocumentosEficProductiva/TEcnicos_Informativos/4.-%20Nota%20septiembre%202015.pdf)
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2010. Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México. Boletín Informativo Nueva Época, 11:11.
- Hatfield, J. L. and C. L. Walthall. 2015. Soil biological fertility: Foundation for the next revolution in agriculture? Communications in Soil Science and Plant Analysis. 46:753-762. DOI: 10.1080/00103624.2015.1005227.
- INIFAP (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS). 2013. Tecnología para el cultivo de la caña de azúcar de riego en el estado de San Luis Potosí. Distrito de Desarrollo Rural:131 Cd. Valles. Ciclo:planta, socas y resocas. Condición de humedad:Riego. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/paquetes2012/83.pdf>
- INIFAP (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS). 2017. Agendas tecnológicas de los Estados de Campeche, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. [http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/investigación\\_Innovación/Contenido/Agendas\\_Tecnologicas.aspx](http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/investigación_Innovación/Contenido/Agendas_Tecnologicas.aspx). Consultado 27 de febrero de 2015.
- Jaramillo J. D. F. 2002. Publicación. Introducción a la ciencia del suelo. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf>
- OCDE/FAO. 2011. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2011-2020, OECD Publishing y FAO. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2011-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es)
- Reynolds CH., M. A. 2014. Uso de labranza vertical y agricultura de precisión para la optimización de energía en la labranza primaria de suelo. Tesis de Doctorado. Ingeniería en sistemas de producción: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.



- Reynolds CH., M. A., H. A. Vásquez y L. J. Lopez. 2020. Tecnología en la labranza vertical, para la optimización de la preparación primaria de suelos, desplegable a productores, (INIFAP) INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS.
- SAGARPA-CONADESUCA. 2017. Establecimiento de semilleros certificados de caña de azúcar. Av. Insurgentes Sur 489 Piso 12, Col. Hipódromo Condesa, Del. Cuauhtémoc, Ciudad de México, C.P. 06170, Tel. (55) 38 71 83 00 ext. 20031.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. (Disponible en línea en: [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/)).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Caña de azúcar: cierra la cosecha 2017 con 56 millones de toneladas. (Disponible en línea en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/cana-de-azucar-cierra-la-cosecha-2017-con-56-millones-de-toneladas?idiom=es>).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Avance mensual de siembra y cosecha. (Disponible en línea en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do)).
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), 2014. Claves para la taxonomía del suelo. Décima segunda edición, 2014.
- Zérega M., L. O. 1994. Manejo de suelos y uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. Revista FUNDAZUCAR. Boletín N° 10. 23p.
- Zérega M., L. O. 2017. Labranza del cultivo de la caña de azúcar. Documento en línea. [Engormix.com/agricultura/articulos/labranza-cultivos-caña de azúcar-t41259.htm](http://Engormix.com/agricultura/articulos/labranza-cultivos-caña-de-azúcar-t41259.htm)



# APLICACIÓN DE UN PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

*Luis Alberto Estévez Sánchez<sup>1</sup>, Nayeli Gutierrez Casiano<sup>2</sup>, Karla Diaz Castellanos<sup>2</sup>, Eduardo Hernández Aguilar<sup>2</sup>, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes<sup>3</sup> y José Ángel Cobos Murcia<sup>4</sup>*

---

## Resumen

La contaminación del recurso hídrico es uno de los principales retos que tiene que enfrentar la humanidad de modo urgente ya que muchos de los efluentes generados por la población, las empresas y el sector agrícola no son tratados, por lo que se ha buscado implementar tecnologías eficientes y de fácil operación que ayuden a atender esta problemática. Una de las más sobresalientes es una tecnología electroquímica denominada electrocoagulación, cuyo principio básico es la coagulación/floculación química con diferencia de que, al utilizar electrodos de materiales como el aluminio, se generan moléculas coagulantes *in situ*, por lo que no es necesario la adición de reactivos químicos. En este estudio se aplicó dicha tecnología en un reactor por lotes con capacidad de 20 L para el tratamiento de agua residual de un ingenio azucarero bajo condiciones de operación de 2 Amperes y un tiempo de operación de 2 h, con el fin de disminuir la DQO, turbidez y sólidos presentes en el agua residual cuyos valores en la caracterización fueron de 2,640 mg/L para DQO con un factor de dilución 1:10, mientras que para turbidez se encontró un valor de 140 NTU, los sólidos estudiados fueron sólidos totales con un valor de 8,370 mg/L, mientras que para sólidos suspendidos el valor fue de 960 mg/L, y finalmente el valor de los sólidos disueltos fue de 7,410 mg/L. Para los resultados se observó una remoción de la DQO de un 66.56%, mientras que para la turbidez se observó una remoción del 98.15%, a su vez, la remoción de los sólidos totales fue del 49.8%

---

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, Camino Peñuela-Amatlán S/N Peñuela, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver. México.

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México. \*[eduhernandez@uv.mx](mailto:eduhernandez@uv.mx)

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Camino Peñuela-Amatlán S/N, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver. México.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales ICBI-UAEH, Ciudad del conocimiento, C.P 42184, carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo.



mientras que para los sólidos suspendidos fue de 50% y finalmente, se obtuvo un 58% de remoción de sólidos disueltos.

Tanto para la caracterización como para obtener los valores post tratamiento, se utilizaron las técnicas descritas NMX correspondientes para cada variable, excepto para DQO cuya determinación fue por el método del dicromato de reflujo cerrado. Mediante la determinación de la composición del agua residual, se pudo definir el nivel de contaminación del efluente, y al aplicar el proceso de electrocoagulación, se observó la reducción de los valores para las variables de respuesta, los cuales, después del tratamiento se encuentran dentro de la normatividad ambiental vigente (NOM 001-SEMARNAT).

**Palabras clave:** electroquímica, contaminación, efluentes, agroindustria

## Introducción

Actualmente el acceso al recurso hídrico está cada vez más limitado debido a problemas de contaminación. Por lo que diversos sectores de la población, así como diversos ecosistemas son afectados debido a esta problemática. A esto se le suma el hecho de que generalmente no existen sistemas de tratamiento a pesar de que las leyes y normativas ambientales lo exigen (Mousa, *et al.*, 2017). Por esta razón, es necesario diseñar y aplicar tecnologías que sean simples, eficientes y económicamente viables que estén enfocadas en el tratamiento de las aguas residuales, con la finalidad de mejorar la calidad de estas garantizando la protección del medio ambiente mediante el manejo o el tratamiento de las aguas residuales urbanas, agrícolas o industriales (Tiwari y Sahu, 2017). En las últimas décadas, se han estudiado diversas alternativas para el tratamiento de las aguas residuales, desde procesos biológicos como los biofiltros o los digestores anaerobios, por otra partes existen los tradicionales proceso físicos tales como: la filtración, o los químicos como la clásica coagulación/floculación, sin embargo estos métodos presentan desventajas relacionadas a los costos de su implementación y su operación así como en algunos casos la necesidad de una alta especialización para operar dichos sistemas, por lo que se han buscado tecnologías emergentes para aplicarlas a la problemática del recurso hídrico. Una de las ramas de mayor



interés para atacar dicha problemática, es la rama de la electroquímica, la cual ofrece diferentes tecnologías que se pueden considerar tecnologías verdes, como es el caso del proceso de la electrocoagulación (Eryuruk *et al.*, 2018).

Por su parte, el funcionamiento de la electrocoagulación se basa en la tradicional coagulación/floculación, en la cual se agrega un coagulante químico y un floculante a fin de separar las moléculas contaminantes presentes en el agua. El proceso de coagulación sigue este principio a excepción de que tanto el coagulante como la reacción de hidrólisis son llevadas a cabo *in situ*, por lo que no es necesario agregar ningún tipo de producto químico, ya que el coagulante producido está en función del material del electrodo (Mousa, *et al.*, 2017). Los reactores típicos donde se lleva a cabo la electrocoagulación constan de una celda electrolítica con un ánodo y un cátodo, los cuales son de material metálico que varía del tipo de material, sin embargo los metales más utilizados para el proceso de electrocoagulación son el aluminio y el hierro, lo anterior debido a su disponibilidad, su nula toxicidad y rentabilidad. Estos electrodos se sumergen en la solución a tratar y mediante una corriente de tipo directa se energizan para llevar a cabo la electrólisis y la producción del coagulante (Sillanpää y Shestakova, 2017). En una celda de electrocoagulación el ánodo siendo la parte positiva, funciona como el generador del coagulante, disolviéndose dentro de la solución, lo permite la donación de cationes en el medio para lograr los mecanismos de estabilización de las partículas coloidales. Por otra parte, en el cátodo con carga negativa, se llevan a cabo dos reacciones simultáneas, una en donde burbujas de hidrógeno son producidas y estas permiten a su vez la flotación de algunos compuestos contaminantes y una segunda en la que iones de  $\text{OH}^-$  son producidos. Debido a esto, la electrocoagulación suele ser similar al proceso clásico de coagulación/floculación debido a su mecanismo de estabilización de las partículas (Mousa *et al.*, 2017).

Constantemente existe un debate sobre la factibilidad de la aplicación del proceso de electrocoagulación debido al uso de energía que este requiere, por lo que en los últimos años ha sido ampliamente estudiada bajo diversas condiciones y se ha observado que las ventajas del proceso son mayores que sus desventajas (Yasri *et al.*, 2015). Actualmente, su factibilidad del proceso es una realidad, algunas de las ventajas más notorias es la simplicidad de operación del proceso en general, ya que no requiere espacios grandes para instalarse además de que tampoco se necesita de operadores altamente calificados para operar el





proceso. Así mismo, el material más utilizado para los electrodos es el aluminio, el cual se considera un metal de costo accesible que se suma al bajo consumo de energía que requiere el proceso (Tan Tien *et al.*, 2017).

Aunque existen estudios reportados, el 95% de estos son realizados a escalas muy pequeñas, por lo que se desconoce su potencial para realizar este proceso a escala piloto y mucho menos se ha estudiado para aplicaciones de tipo industrial, y es justo ahí donde radica una de las principales desventajas del proceso, ya que solo se ha estudiado a escalas de laboratorio con volúmenes de entre 1 y 5 L, lo cual no permite obtener datos relevantes sobre el escalamiento de este tipo de reactores para la aplicación de la electrocoagulación por los que su aplicación podría estar limitada hasta que se estudien volúmenes y reactores de mayor tamaño (Sahu, 2019).

Por ello, este estudio, tuvo como objetivos la caracterización del efluente proveniente del ingenio “El Potrero”, además de la aplicación de un sistema de electrocoagulación sumado a los ya existentes en el ingenio, con el fin de evaluar la remoción de los contaminantes basados en las variables de estudio: DQO, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos para determinar el porcentaje de remoción de dichas variables comparando los valores iniciales y finales bajo las condiciones de operación dadas.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el ingenio “El Potrero”, ubicado en la zona centro del estado de Veracruz, durante el periodo de zafra 2020-2021.

La caracterización del agua residual, obtenida del ingenio, así como el tratamiento de las variables de respuesta fueron obtenidos mediante las técnicas especificadas por las normas mexicanas, las cuales se muestran en el Cuadro 1.

Posteriormente, se utilizó un reactor por lotes de cristal (Figura 1) con dimensiones de 30 cm de ancho x 30 cm de largo x 45 cm de altura acoplado a un agitador marca Yamato operando a 100 rpm y una fuente de poder modelo QW-MS305D. También se utilizaron placas de aluminio de 8 cm de ancho x 15 cm de largo tanto para el ánodo como para el cátodo de



material de aluminio con un espesor de 1 mm. Las condiciones de operación del reactor fueron un tiempo de tratamiento de 2 h y la aplicación de una intensidad de corriente de 2 Amperes.

**Cuadro 1. Técnicas vigentes para el análisis de muestras de aguas residuales.**

Parámetro	Norma
DQO	Dicromato de reflujo cerrado
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001
Sólidos Totales	NMX-AA-034-SCFI-2015
Sólidos Suspendidos	NMX-AA-034-SCFI-2015
Sólidos Disueltos	NMX-AA-034-SCFI-2015



**Figura 1. Reactor por lotes en operación.**



## Resultados y Discusión

La caracterización del agua residual mostró valores por encima de los límites máximos permitidos por la normatividad ambiental, lo cual representa un problema ambiental para el ingenio “El potrero”. Debido a la concentración de contaminantes, el valor de la DQO fue obtenido mediante un factor de dilución 1:10 mientras que las demás variables fueron determinadas con la muestra original. Los resultados obtenidos de la caracterización se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Caracterización del agua residual del ingenio azucarero.**

Caracterización del agua residual del ingenio azucarero				
DQO	Turbidez	Sólidos totales	Sólidos suspendidos	Sólidos disueltos
2,640 mg/L*	140 NTU	8,370 mg/L	960 mg/L	7,410 mg/L

El proceso de electrocoagulación es de gran interés debido a los resultados que ha mostrado con anterioridad en el tratamiento de diversos efluentes, por lo que al aplicarse a la muestra proveniente del ingenio azucarero no fue la excepción, ya que se logró obtener un 66% de remoción de DQO, lo cual, puede compararse con la investigación de Sahu (2017) quien obtuvo un 85% de remoción. A pesar de la diferencia entre este estudio y el de Sahu, el porcentaje obtenido en este estudio sigue siendo significativo, ya que en el presente estudio consideró un volumen de agua de 20 L, mientras que en el realizado por Sahu, solo se trató un volumen de 1 L. Además, la remoción correspondiente a la turbidez para este estudio fue de 98%, caso contrario con Sahu quien reportó un 81%.

En términos de la remoción de los sólidos presentes en el agua residual, se observó un comportamiento similar para los tres tipos de sólidos. Para los sólidos totales un 49%, mientras que los sólidos suspendidos se removieron en un 50% y finalmente los sólidos disueltos, de los cuales se obtuvo una remoción del 58%. Los datos obtenidos correspondientes a los tipos de sólidos pueden ser comparados con el estudio realizado por Chaudhari y Sahu (2015), en donde se obtuvieron remociones similares a pesar de que en este estudio se utilizó un volumen de 20 L mientras que en el de Chaudhari se usó solo 1L. Esta diferencia no es rara puesto que se han reportado valores de remoción entre el 50 y 80% para el proceso de electrocoagulación,

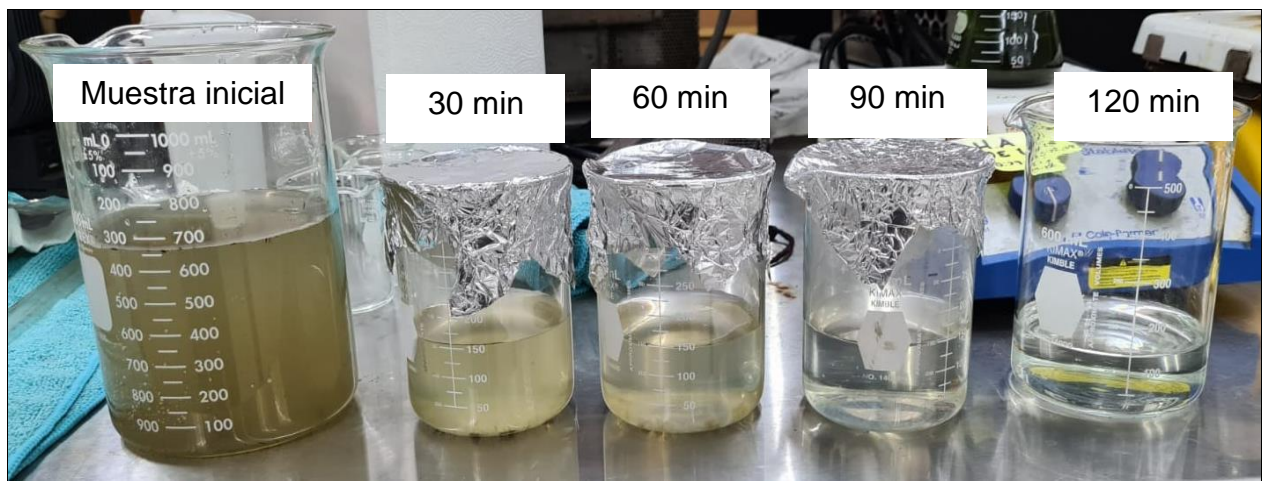


mismo que puede aumentarse con el uso de catalizadores o combinando este proceso con algún tipo de tecnología biológica.

Los resultados obtenidos en este trabajo corresponden a la operación del reactor con una intensidad de corriente de 2 Amperes y un tiempo de operación de 2 h. Los resultados numéricos se muestran en el Cuadro 3 y en la Figura 2 de manera gráfica.

**Cuadro 3. Resultados obtenidos al aplicar el proceso de electrocoagulación con 2A y 2h.**

Resultados obtenidos con operación de 2 Amperes y 2 h			
Variable de respuesta	Muestra inicial	Muestra tratada	Porcentaje de remoción
DQO	2,640 mg/L*	882.6 mg/L*	66.56%
Turbidez	140 NTU	2.58 NTU	98.15%
Sólidos totales	8,370 mg/L	4,175 mg/L	49.8%
Sólidos suspendidos	960 mg/L	478.8 mg/L	50%
Sólidos disueltos	7,410 mg/L	4,298 mg/L	58%



**Figura 2. Remoción de los contaminantes respecto al tiempo.**

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran en primera instancia la factibilidad de la aplicación de esta tecnología a los efluentes de la industria azucarera, dado que los valores finales se encuentran dentro de los límites máximos según como se dictamina en la



normatividad ambiental NOM-001-SEMARNAT-1996. Por otra parte, en términos económicos el proceso aplicado tiene un costo de operación de \$4.00 pesos/kg de sólido removido con parámetros de operación de 2 h y 2 A, que comparado con Khaled y colaboradores., (2015), podría considerarse elevado, sin embargo los \$0.75 pesos/kg de sólido removido, corresponden a un tiempo de operación de solo 5 min, por lo que si comparamos el tiempo contra el costo, en el largo termino de operación resultaría más eficiente y económico aplicar los rangos de operación del reactor mostrados en este estudio, además que Khaled utilizo un reactor con una capacidad equivalente a la décima parte del utilizado en este trabajo comparado con el de 20 L mostrado en esta investigación. Por otro lado, Khaled reportó que mientras un proceso de electrocoagulación puede oscilar entre los \$0.75 y los \$6.50 pesos, sigue siendo más factible que otros procesos, ya que el proceso de coagulación química tendría un costo de \$27 pesos, por lo que proceso de electrocoagulación se vuelve más interesante, tanto por su costo como por sus resultados y simplicidad.

En general los resultados obtenidos en este trabajo siguen cumpliendo con la normatividad ambiental NOM-001-SEMARNAT-1996, estando por debajo de los límites máximos permisibles, y considerando el volumen de agua tratado deja abierta la posibilidad de estudios futuros incluso con otro tipo de reactores y a mayor escala con el fin de que puedan ser aplicados en una planta piloto o escalas aun más grandes.

## **Conclusiones**

Las características del agua residual del ingenio estudiado tienen valores muy por encima de la normatividad ambiental para las variables DQO y turbidez, así como para los tres tipos de sólidos, estas variables han sido estudiadas con el proceso de electrocoagulación por otros autores para diversos efluentes por lo que lo que en este estudio se aplicó esta tecnología al efluente de un ingenio azucarero. También se concluye que aplicar un proceso de electrocoagulación disminuye los valores de los contaminantes de tal modo que estos se encuentran dentro de los estipulados por la normatividad ambiental. Por último, el trabajo concluyo que el proceso de electrocoagulación aplicado con volúmenes grandes de agua



residual abre la puerta a que se pueda estudiar el proceso con volúmenes mayores con la finalidad de escalar el diseño de los reactores.

## Literatura Citada

- Chaudhari, P., y O. Sahu. 2015. Electrochemical treatment of sugar industry wastewater: COD and color removal. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, (739):122-29.
- CONAGUA. 23 de mayo de 2016. *NMX-AA-008-SCFI-2016* Análisis de agua - Medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266>
- CONAGUA. 23 de mayo de 2016. *NMX-AA-012-SCFI-2001* Análisis de agua - Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266> [Consultado el 15 de mayo de 2019].
- CONAGUA. 23 de mayo de 2016. *NMX-AA-030/2-SCFI-2011* Análisis de agua- Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba- Parte 2. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266> [Consultado el 15 de mayo de 2019].
- CONAGUA. 23 de mayo de 2016. *NMX-AA-034-SCFI-2015* Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266> [Consultado el 15 de mayo de 2019].
- CONAGUA. 23 de mayo de 2016. *NMX-AA-038-SCFI-2001* Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266> [Consultado el 15 de mayo de 2019].
- Eryuruk, K., Tezcan Un , U., y Bakir Ogutveren, U. 2018. Electrochemical treatment of wastewaters from poultry slaughtering and processing by using iron electrodes. *Journal of Cleaner Production*, 172: 1089 - 1095.
- Khaled , B., W. Bogueerra, B. Hamrouni, E. Elaloui, M. Loungou and Z. Tlili. 2015. Investigation of electrocoagulation reactor design parameters effect on the removal of cadmium from synthetic and phosphate industrial wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 1-12.



- Mousa, D. T., M. H. El-Naas, M. Nasser and M. J. Al-Marri. 2017. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *Journal of Environmental Management*, 186: 24-41.
- Sahu, O. 2017. Treatment of sugar processing industry effluent up to remittance limits: Suitability of hybrid electrode for electrochemical reactor. *MethodsX*, (4): 172-185.
- Sahu, O. 2019. Electro-oxidation and chemical oxidation treatment of sugar industry wastewater with ferrous material: An investigation of physicochemical characteristics of sludge. *South African Journal of Chemical Engineering* (28): 26-38.
- SEMARNAT. 6 de Enero de 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 9.
- Sillanpää, M. and M. Shestakova. 2017. Introduction. En J. Pierce (Ed.), *Electrochemical water treatment methods: Fundamentals, Methods and full scale applications* (págs. 3 - 4). Oxford: Butterworth-Heineman.
- Tan Tien, T., D. H. Lihn, L. V. Tan P. Than Hoa, T. Than Phuong and T. Lee Lu, T. 2017. Electrochemical water treatment technology in Viet nam. *Science Journal of Chemistry*, 5(6): 87-94. Recuperado el 23 de Abril de 2018
- Tiwari, A., and O. Sahu. 2017. Treatment of food-agro (sugar) industry wastewater with copper metal and salt: Chemical oxidation and electro-oxidation combined study in batch mode. *Water Resources and Industry*(17), 19-25.
- Yasri, N. G., A. Yagmour and S. Gunasekaram. 2015. Effective removal of organics from corn wet milling steepwater effluent by electrochemical oxidation and adsorption on 3-D granulated graphite electrode. *Journal of Environmental Chemical Engineering* (3):930-937.



# CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AZUCARES FERMENTABLES

*Iliana Yazmin Machorro Martínez<sup>1</sup>, Nayeli Gutiérrez Casiano<sup>2</sup>, Tania García Herrera<sup>2</sup>, Adolfo Castillo Morán<sup>3</sup>, Oscar Miguel Maciel Dorantes<sup>4</sup> y Eduardo Hernández Aguilar<sup>2\*</sup>*

---

## Resumen

hectáreas de las cuales se calcula que 21 millones son destinadas a la agricultura. Dentro de estas hectáreas, Veracruz forma parte fundamental en este sector, ya que posee una riqueza de ecosistemas que favorece a la agricultura. El sector agroindustrial veracruzano es destacado por su dedicación a la producción de azúcar de caña, café y arroz. Estas producciones a su vez generan residuos que no son dispuestos de una manera adecuada y dañan al medio ambiente durante su descomposición afectando al suelo, aire y produciendo lixiviados que contaminan a los cuerpos de agua. Este estudio tiene como objetivo determinar la factibilidad de aprovechamiento de estos residuos en la producción de productos comerciales, ya que esta materia siendo biomasa lignocelulósica cuenta con propiedades que se pueden aprovechar para que por medio de procesos como la hidrólisis ácida o enzimática y la ultrasonificación se generen azúcares fermentables para producir productos. Para este estudio se utilizaron los residuos agroindustriales: bagazo de caña, bagazo de café y cáscara de arroz obtenidos de la empresa “AMSEG Viveros Laelia S de R.L de C.V”. Las propiedades determinadas fueron humedad y fue caracterizada con base a la norma ASTM E871, pH con un método potenciométrico, ceniza según la norma UNE 57050, celulosa por la norma TAPPO 203 y lignina con base a la norma TAPPI 222. Se determinó que, el bagazo de caña presenta el 27% de celulosa. Por su parte, la cáscara de arroz un 26% de celulosa y el bagazo de café con 19.27%. El porcentaje de lignina de bagazo de caña fue 19.27%, cáscara de arroz 16.8%

---

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, Camino Peñuela-Amatlán S/N Peñuela, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver.

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México. \*eduhernandez@uv.mx

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Peñuela-Amatlán S/N, Mpio. de Amatlán de los Reyes, Ver. México

<sup>4</sup> AMSEG Viveros Laelia S.A de S.D.R.L de C.V Calle 6 Fernando Gutiérrez Barrios #155 San Lorenzo, 94450 Ixtaczoquitlán, Ver.





y bagazo de café 12.18%. Estos compuestos pueden ser convertidos mediante procesos de hidrólisis y ultrasonificación en glucosa con eficiencias de entre 9.14 y 31%. Por lo anterior, se concluye que los residuos agroindustriales pueden ser utilizados como materia prima para la producción de un producto de valor comercial como: el bioetanol, levaduras, lisina entre otros.

**Palabras clave:** biomasa lignocelulósica, ultrasonificación, hidrólisis

## Introducción

El incremento de la población mundial está relacionado con el aumento de la demanda de energía, productos y residuos, el cambio en las condiciones climáticas, así como la disminución de las reservas de petróleo han planteado a la sociedad la necesidad de buscar fuentes alternas para cubrir sus necesidades (Capdevilla *et al.*, 2015). Estas deben ser fuentes renovables de energía, en particular, los bioenergéticos son una opción prometedora para garantizar la seguridad energética en el futuro, resultando tener beneficios tanto económicos como ambientales.

México entra en crisis energética por el agotamiento de sus reservas de petróleo por lo que es necesario el desarrollo de biotecnologías para la explotación de los recursos naturales (Montiel, 2010). Diversos países han dirigido su atención al desarrollo de fuentes de energía renovables para autoconsumo o exportación. En el mundo el 89 % del consumo total de energía se produce a partir de fuentes no renovables y sólo el 11 % proviene de fuentes renovables como la energía eólica, geotérmica, hidráulica, entre otras (Edenhofer *et al.*, 2012). Debido a esto, México debe incorporar gradualmente nuevas fuentes renovables de energía como lo son los bioenergéticos asegurando un aprovechamiento sustentable de la gran biodiversidad existente, a la vez que fomenta el cuidado del medio ambiente (Montiel, 2010). Uno de los bioenergéticos más empleados es el bioetanol. En los últimos años, este se ha convertido en una alternativa para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir el consumo de hidrocarburos. El cual es obtenido a partir de la producción de azúcares fermentables por diferentes fuentes, entre las que se encuentran las fuentes alimentarias consideradas como producción de primera generación y las que son por medio



de residuos agroindustriales, consideradas de segunda generación. Estos residuos son biomasa lignocelulósica que como su nombre lo indica es materia compuesta principalmente de lignina y celulosa (Monroy *et al.*, 2017).

La agroindustria mexicana, sus cadenas de producción y servicios generan un gran número de residuos con calidad no comercial que pueden ser aprovechados para la generación de alternativas renovables como lo son los bioenergéticos. El aprovechamiento de los residuos agroindustriales ha venido evolucionando al grado que han dejado de ser productos desecho-problema para convertirse en materia con potencial para darle valor agregado puesto que de no ser su disposición final podría presentar un problema ambiental (Mejías-Brizuela, *et al.*, 2017).

La producción en toneladas de materia orgánica derivadas de procesos fotosintéticos en la tierra oscila alrededor de 155 billones/año, sin embargo, solo una mínima fracción puede ser consumida de manera directa por el hombre y/o animales. En su mayoría esta materia orgánica se transforma en residuos no comestibles que se constituyen en una fuente de contaminación ambiental (Cury, *et al.*, 2017). La agroindustria tiene la capacidad de fomentar el desarrollo económico, social y ambiental global, siempre y cuando mantenga el equilibrio entre la actividad desarrollada y la protección del medio ambiente en cada uno de sus procesos, desde la manipulación de la materia prima hasta la distribución y disposición final de los subproductos o residuos generados (Vargas y Pérez, 2018).

El estado de Veracruz tiene una gran relevancia en el aspecto agropecuario y por lo tanto agroindustrial. Su clima, suelo, dotación de recursos naturales y humanos le permiten practicar esta actividad en casi todo su territorio. Este estado tiene una gran importancia en el país en productos agrícolas considerados como básicos e industriales, tal es el caso del arroz, caña de azúcar, café cereza, tabaco, naranja, limón agrio, mango, piña y sandía por mencionar algunos, teniendo altos niveles de producción y como consecuencia generando grandes cantidades de residuos (Bada-Carbajal *et al.*, 2015).

Para afrontar las problemáticas mencionadas, en este trabajo se tuvo como objetivo plantear la importancia de conocer las características fisicoquímicas (celulosa, lignina, pH, humedad, ceniza) que tienen los residuos agroindustriales populares en la región como lo son el bagazo de caña, cáscara de arroz y café evaluando su factibilidad para ser convertidos en productos



comerciales derivados de procesos fermentativos como lo son la lisina, lactobacilos, levaduras, xilitol y bioetanol.

## Materiales y Métodos

Este experimento se llevó a cabo en el Laboratorio 112 de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana dentro de las actividades desarrolladas por el cuerpo académico “UV-CA-226 Estudio Integral de Ingeniería aplicada”.

Para utilizar los residuos lignocelulósicos como fuente en la producción de azúcares fermentables para bioetanol, es necesario conocer el contenido de celulosa y lignina. También la determinación de propiedades físicas como pH, humedad y cenizas, cuantificadas a partir de las normas que se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 3 Propiedades de los Residuos.**

Propiedad	Norma	Equipo	Análisis
Humedad	ASTM E871	Horno de secado	Gravimétrico
pH		Potenciómetro	Potenciométrico
Cenizas	UNE 57050	Mufla	Gravimétrico
Lignina	TAPPI 222	Equipo de reflujo	Volumétrico
Celulosa	TAPPI 203	Equipo de reflujo	Volumétrico

## Materiales

Se utilizó bagazo de caña, cáscara de arroz y bagazo de café como materia prima, las cuales fueron donadas por la empresa. AMSEG Viveros Laelia S.A de S.D.R.L de C.V se emplearon reactivos de ácido acético Meyer, ácido nítrico Meyer al 70%, ácido sulfúrico Meyer al 99% y agua destilada. El instrumental utilizado fue un tamiz de No. 20 de malla marca *FIIC S.A* de C.V, estufa marca *Thermolyne*, parrilla con agitador magnético *Stabletemp* y mufla *Thermo Scientific*. Posteriormente se molieron y tamizaron los residuos de bagazo de caña, la cáscara de arroz y el bagazo de café durante 10 minutos pasándolos después por la malla No.20 que presenta una apertura de 0.88 mm esto con el fin de tener mayor área de contacto. Las muestras se secaron a temperatura de 35°C durante 24 h.



Determinación de humedad. - En una capsula de porcelana previamente sometida a peso constante, se colocaron 5 g de muestra en un horno de secado a 90°C por 2 horas, se dejó enfriar en desecador y se pesó. El porcentaje de humedad se determinó como 100 veces la relación entre la diferencia de peso y la masa inicial de muestra.

Determinación de ceniza. - En un crisol de porcelana previamente sometido a peso constante se colocaron 5 g de muestra, se llevó el crisol a una mufla a 550°C durante 2 horas para calcinar la muestra. Después se dejó enfriar en un desecador para posteriormente pesar nuevamente el crisol con la materia seca. El porcentaje de ceniza se determinó como 100 veces la relación entre la diferencia de peso y la masa inicial de la muestra.

Determinación de pH. - Se colocaron 2 gramos de muestra en un matraz de 125 ml a la cual se le agregaron 20 ml de agua destilada para tener una relación 1:10. Se puso por agitación por 4 h. una vez pasado el tiempo, se dejó reposar por 1 hora, una vez asentada la muestra se procedió a filtrar y medir el pH.

Determinación de Celulosa. - A un gramo de muestra seca se le añadieron 15 ml de ácido acético al 80 y 1.5 ml de ácido nítrico concentrado y se llevó a reflujo por 20 min. La muestra tratada se filtró y el residuo se lavó con etanol, se secó en un horno a 105°C y se pesó. Entonces se incineró a 540°C dejando enfriar a temperatura ambiente en un desecador y después se pesó nuevamente. El porcentaje de celulosa se determinó como 100 veces la relación entre la diferencia de peso y la masa inicial de la muestra.

Determinación de lignina. - A un gramo de muestra seca se le añadieron 70 ml de ácido sulfúrico al 1.25%. La mezcla se llevó a reflujo, con agitación constante, por 120 minutos, se filtró y lavó con agua. A este material se le añadieron 30ml de ácido sulfúrico al 72% y permaneció durante 4 horas con agitación constante. Posteriormente los sólidos se filtraron, lavaron, secaron a 105°C y pesaron. Después el material se incineró a 540°C y se pesó. El porcentaje lignina se determinó 100 veces la relación entre la diferencia de peso y la masa inicial de la muestra. La caracterización fisicoquímica ayudo a establecer si los residuos contienen compuestos aprovechables en procesos de hidrolisis para la producción de azucares fermentables.



## Resultados y Discusión

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de la caracterización de los residuos agroindustriales (Bagazo de caña, bagazo de café y cáscara de arroz) junto con los valores de referencia de los autores citados.

La caracterización del bagazo de caña mostrada en el Cuadro 2 determinó que tiene un gran potencial de aprovechamiento, el contenido de compuestos hidrolizables es de 46.28%, el estudio de referencia mostro un contenido de 62.1% de materiales lignocelulósicos los cuales fueron convertidos en azúcares fermentables.

**Cuadro 4 Resultados de la caracterización de los residuos.**

Residuo	Variable de respuesta	Resultado %	Valores de referencia %	Referencia
<b>Bagazo de caña</b>	Humedad	18.12	4-50	(Sanchez, et al., 2016)
	pH	6.27	5-6	
	Cenizas	1.06	1-6	
	Lignina	19.27	23.09	
	Celulosa	27.01	39.01	
<b>Bagazo de Café</b>	Humedad	9.34	8-15	(López , 2017))
	pH	5.63	5-7	
	Cenizas	1.98	2-5	
	Lignina	12.18	15-35	
	Celulosa	19.02	18-40	
<b>Cáscara de Arroz</b>	Humedad	8.46	8-15	(Piñeros-Castro, et al., 2011)
	pH	4.75	5-7	
	Cenizas	9	13-21	
	Lignina	16.8	9-20	
	Celulosa	26.05	28-36	

Comparando los resultados obtenidos por Sanchez *et al.* (2016) la caracterización del bagazo de caña se encuentra dentro de los requerimientos mínimos para su potencial aplicación aun cuando el porcentaje de lignina y celulosa se encuentran por debajo del valor de referencia. Lombardi y Zumalacarregui-De Cardenas (2015), indicaron que el rendimiento de conversión



de celulosa a azúcares fermentables para el bagazo de caña puede ser de hasta el 31%, lo cual lo hace uno de los residuos no solo con mayor rendimiento sino de mayor interés.

En el caso del bagazo de café, su potencial de aplicación es menor que el de otros residuos para la obtención de azúcares fermentables, en comparación con los valores de referencia del autor López Nuñez (2017), donde los porcentajes obtenidos de este estudio mostrados en el Cuadro 2 de lignina y celulosa se encuentran en el rango aceptable para la obtención de dichos azúcares, el cual podría ser aprovechado una vez transformado en diversos productos de interés, sin embargo según estudios en los que se ha convertido este residuo en azúcares fermentables, solo se ha obtenido un 9.14% de rendimiento de conversión tal como el estudio realizado por Castro (2019).

Para la cascarilla de arroz, en comparación con los estudios de Piñeros-Castro *et al.*, (2011), se encontraron valores que demuestran potencial de aplicación, sin embargo, los valores durante la transformación de este residuo en azúcares fermentables, demuestran que se obtiene un 14.98% de estos azúcares, siendo bajo en comparación con otros residuos como el bagazo de caña.

Los residuos analizados en este trabajo demuestran potencial para ser transformados en azúcares fermentables, destacando en primer lugar el bagazo de caña seguido por la cáscara de arroz y posteriormente el bagazo de café. Los azúcares fermentables pueden ser utilizados por diversas industrias, por lo que el estudio de estos residuos es de interés debido a las regulaciones ambientales, energéticas y económicas que presentan de acuerdo con (Gracida, 2014). Además, como mencionan los autores citados en este trabajo es posible obtener hasta 310 ml de bioetanol/kg de muestra de bagazo de caña y 58.37 ml de bioetanol/kg de muestra de café respectivamente.

## **Conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos de la caracterización realizada de los residuos agroindustriales (bagazo de caña, cáscara de arroz y bagazo de café) como materia lignocelulósica cuenta con un alto potencial para ser aprovechados como un producto con valor agregado como lo son los azúcares fermentables, los cuales son de interés debido a que



pueden ser convertidos a diferentes productos comerciales como lo son las levaduras, la lisina y el bioetanol además que este último producto tiene diferentes usos comerciales como productos de limpieza, maquillaje, productos para el cuidado personal, por mencionar algunos, por lo que su uso a partir de residuos agroindustriales, disminuye el impacto ambiental, contribuyendo con productos renovables a contrarrestar los efectos que tiene el uso excesivo de combustibles fósiles en productos comunes y la acumulación de residuos agroindustriales dándoles una disposición final adecuada y ayudando al medio ambiente. Se recomienda seguir con el estudio para la producción de azúcares fermentables con mezclas de estos residuos aprovechando sus características demostradas en este trabajo para que en conjunto se utilice al máximo a partir de procesos como la hidrólisis ácida o enzimática con un pretratamiento de ultrasonificación.

### **Literatura Citada**

- Bada-Carbajal, L. M., Rivas-Tovar, L. A. & Flores, J. L., 2015. Los Clusters Agroindustriales en el Estado de Veracruz. *Investigación Administrativa*.
- Capdevilla, V., Kafarov, V., Gely, C. & Pagano, A., 2015. Simulación del Proceso Fermentativo para la Obtención de Bioetanol a Partir de Residuos de Arroz. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 6(2).
- Castro, N., 2019. Obtención de azúcares fermentables via hidrólisis a partir de cascarilla de café en una unidad de laboratorio batch. *Revista de las Agrociencias*, Issue 21, pp. 53-75.
- Cury, K. y otros, 2017. Residuos Agroindustriales su Impacto, Manejo y Aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, pp. 122-132.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R. & Sokona, Y., 2012. Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del Cambio Climático. s.l.:s.n.
- Gracida, J. N., 2014. Factores Previos Involucrados en la Producción de Bioetanol Aspectos a Considerar. *Revista Internacional Contaminación al medio Ambiente*, 30(2), pp. 213-227.



- Lombardi, G. & Zumalacarregui-De Cardenas, L., 2015. Potencialidades del bagazo de caña para la obtención de etanol frente a la generación de electricidad. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), pp. 407-418.
- López, J. C., 2017. Producción de Bio-Alcoholes a partir de Mucílago Obtenido con Tres Tecnologías Utilizadas en el Beneficio Ecologico del Café, s.l.: s.n.
- Mejías-Brizuela, N., Orozco Guillen, E. & Galáan Hernández, N., 2017. Aprovechamiento de los Residuos Agroindustriales y su Contribución al Desarrollo Sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, Volumen 6, pp. 27-41.
- Monroy, A., Narváez, R., Vera, B. & Bautista, L., 2017. Generación de Bioetanol como Combustible Alternativo a partir de Compuestos Lignocelulósicos a Nivel Laboratorio. *Revista de Energía Química y Física*, 4(13), pp. 49-57.
- Montiel, J., 2010. Potencial y Riesgo Ambiental de los Bioenergeticos en México. *Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 6(1), pp. 57-62.
- Piñeros-Castro, Y. et al., 2011. Producción de azúcares fermentables por hidrólisis enzimática pretartada mediante explosión con vapor. *Revista ION optimización y nuevos procesos en ingeniería*, 24(2), pp. 23-28.
- Sanchez, A., Gutierrez Morales, A., Muñoz Hernández, J. & Rivera Barrero, C., 2016. Producción de bioetanol a partir de biomasa agroindustrial lignocelulosica.
- Vargas, Y. & Pérez, L. I., 2018. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales para el Mejoramiento de la Calidad del Ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), pp. 59-72.





## CAJAS NIDO PARA AVIFAUNA EN HÁBITATS PERTURBADOS POR LA GANADERÍA EN EL CENTRO DE VERACRUZ

*Diana Gissell Juanz Aguirre\*<sup>1</sup>, Alberto Hernández Lozano<sup>1</sup> y Arturo Gonzales Zamora<sup>1</sup>*

### Resumen

En el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz se localizan fragmentos de vegetación secundaria de selva baja caducifolia (SBC) inmersos en una región con cambio de uso de suelo destinado a la ganadería. La pérdida del hábitat en esta zona causa una baja disponibilidad de árboles con oquedades necesarias para la nidificación de las aves residentes. Los nidos artificiales son una alternativa para la anidación de aves que utilizan cavidades y contribuye a potencializar su reproducción en ambientes degradados. En esta investigación se describió estrato arbóreo, tipos de hábitat en los que se instalaron nidos artificiales (n=80) y se evaluó la preferencia de ocupación por aves residentes, en fragmentos perturbados por la ganadería en un Área Privada de Conservación (APC) del centro de Veracruz. El estrato arbóreo involucra 400 individuos clasificados en 10 familias, 19 géneros y 22 especies. Se ubicaron un total de: 34 cajas nido en pastizal registrando ocupación de un 32.3 % (n=11), 21 en vegetación secundaria arbórea de SBC con ocupación de un 23.8 % (n=5), 11 en agricultura de temporal anual y ocupación de un 9 % (n=1), 7 en agricultura de temporal anual y semipermanente en donde no se registró ocupación, 7 en hábitat de vegetación secundaria arbustiva de SBC con ocupación de un 14.2 % (n=1). Se datan 22 ocupaciones por parte de grupos de aves del orden paseriformes en un total de 18 cajas nido distintas lo que representa un 22.5 % del total de ocupación. En contraste con la temporada reproductiva 2020, en el 2021 se notó un incremento del 18.7 % en el uso de este recurso. La altura promedio utilizada durante ambas temporadas reproductivas en cajas ocupadas fue de 2.62 m y la orientación geográfica preferida fue mayor en dirección al Este (n=8), seguida por orientación Norte (n=7) y en menor proporción Noreste (n=3). Las aves residentes monitoreadas fueron: el carpintero

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Autor por correspondencia: venadajuanz@gmail.com



frente dorado *Melanerpes aurifrons* (n=5), papamoscas gritón *Myiarchus tyrannulus* (n=5), seguidos del carbonero cresta negra *Baeolophus atricristatus* (n=2), papamoscas triste *Myiarchus tuberculifer* (n=2) y la matraca nuca canela *Campylorhynchus rufinucha* (n=1).

**Palabras clave:** nidos artificiales, aves residentes, perturbación

## Introducción

En México, los bosques tropicales caducifolios o selvas bajas caducifolias (SBC) se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 1700 msnm formando parte de sistemas costeros y sierras interiores, estos ecosistemas atraviesan una estación seca que se puede extender hasta ocho meses, ocasionando ecosistemas complejos y diversos, la altura promedio de la vegetación ronda entre 5 y 15 m y sus diámetros entre 10 y 30 cm (Flores y Espejel, 1994; Bullock *et al.*, 1995; Rzedowski, 2006). Williams-Linera (2009) menciona que aún permanece el 7 % de la cobertura original en el centro del estado; sin embargo, de acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (2012), el 54 % de los bosques tropicales caducifolios de México son secundarios, estos tipos de bosques se producen después de una perturbación natural o inducida, representado el paisaje por mosaicos de vegetación, cada uno con su propia dinámica de sucesión (Chazdon, 2014). Asimismo, en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz se han localizado fragmentos de estos ecosistemas (Williams-Linera, 2009) que comprenden una superficie de 26.3 km<sup>2</sup>, a su vez en la región el cambio de uso de suelo en 359.4 km<sup>2</sup> de superficie se ha destinado a actividades ganaderas. Los paisajes ganaderos pueden presentar distintas composiciones de cobertura que pueden ayudar en la conservación de la biodiversidad porque generan áreas de refugio, alimentación y reproducción (Tobar e Ibrahim, 2010) pese a ello la cobertura vegetal ha disminuido considerablemente debido a la ganadería extensiva (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). Esto contribuye a la fragmentación, desertificación, erosión y pérdida de biodiversidad (Tobar e Ibrahim, 2010).

Una forma de mitigar el efecto de la falta de cavidades naturales como recurso de anidación en comunidades de aves, es el uso de nidos artificiales (ej. cajas nido), para favorecer el establecimiento de especies dependientes de cavidades (Mccomb y Noble, 1982; Newton,



1994). Instalar cajas nido es una técnica de manejo que contribuye a complementar la oferta natural de cavidades y a su vez, potencializar la anidación de aves que requieren de estos espacios. La pérdida del hábitat en el centro de Veracruz causa una baja disponibilidad de árboles con oquedades que son necesarias para la nidificación de las aves residentes. La colocación de nidos artificiales es una técnica de manejo y una alternativa para la anidación de aves que utilizan cavidades y contribuye a potencializar la reproducción de especies residentes en ambientes degradados (Ruíz, 2017) además que, esta técnica ha sido empleada en ambientes templados y se desconoce su potencial en ambientes tropicales.

Otra estrategia mediante el uso de herramientas legales para favorecer la conservación en territorios del estado de Veracruz a través de la Secretaria del Medio Ambiente es la gestión de Áreas Privadas de Conservación (APC), estas engloban zonas que requieren ser preservadas en el caso de ecosistemas con vegetación primaria o aquellas destinadas a la restauración ecológica que refieren a los sitios con vegetación secundaria, y en donde los pequeños propietarios pueden voluntariamente destinar sus predios a cualquiera de estas acciones (SEGOB, 2016).

Por lo que en este estudio se describió el estrato arbóreo y los tipos de hábitat en los que se instalaron nidos artificiales y se evaluó la ocupación por aves residentes, en fragmentos perturbados por la ganadería en un APC del centro de Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

La investigación se desarrolló en el Área Privada de Conservación (APC) “Xocotitla” de 42.40 ha, en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz (96°32’20” N y 19°11’0” O, 241 msnm).

La vegetación de la zona anteriormente era representada por selva baja caducifolia (SBC) (Miranda y Hernández-X, 2014), la cual fue sujeta a cambio de uso de suelo hasta el año 2000 donde se practicaba el cultivo de papaya y ganadería, después los propietarios deciden dar paso a un proceso de regeneración natural y abandonan la actividad productiva del predio, incluyendo cabezas de ganado de las que se desconoce el número exacto que se encuentran en condiciones ferales dentro del perímetro.



### **Selección de los ambientes y colocación de nidos artificiales**

Se realizó una visita de reconocimiento en enero de 2020 al APC Xocotitla, se delimita composición vegetal y perturbación aparente de acuerdo a un mapa satelital realizado en Qgis 3.16.9. Se fabricaron 80 cajas nido durante enero de 2020, siguiendo las recomendaciones descritas por el laboratorio de ornitología de la Universidad de Cornell (Benson y Bailey, 2018). Todos los nidos artificiales se elaboraron en madera de pino, con las mismas dimensiones, pero con diámetros de apertura de entrada 1 ½” y 1 ¼”, recomendado para distintos tipos de aves paseriformes. Fueron marcados con tinta vegetal con códigos alfanuméricos únicos. Se eligieron y geoposicionaron 80 árboles que tuvieran al menos un diámetro a la altura del pecho (DAP) >20 cm esta medida se estableció debido al diámetro que presentaron en la zona la mayoría de los árboles; Las cajas nido se colocaron siguiendo transectos (Gamonal, 2014; Harper *et al.*, 2005) registrando la orientación geográfica de la apertura de entrada al nido en dirección norte, noreste y este (Benson y Bailey, 2018). Se registró la altura del nivel del suelo hasta la entrada del nido oscilando entre los 2 y 4 metros.

Debido a las infestaciones de garrapata (Ixodidae: Arachnida) todos los accesos a la zona incluyeron protocolos de seguridad consistentes en aplicación tópica de plaguicidas comerciales que tienen como principios activos N,N Dietil-m-tuloamida al 25 %, Tetramethrin, d-Phenothrin, Prallethrin y a su vez cambios de indumentaria al finalizar cada recorrido.

### **Monitoreo de cajas nido**

El estudio se realizó en la temporada reproductiva (marzo - julio) de 2020 y 2021 (Brush, 1983; Newton, 1994). Debido a las condiciones de cuarentena sanitaria, solamente se realizaron 15 visitas por temporada (3 veces por mes). Para documentar las observaciones de ocupación de los nidos, el observador se posicionó a una distancia de 3 a 5 metros de los nidos artificiales como sugiere Gonzáles (2011) y Leena (2018). La observación se realizó con un telescopio Vortex Diamondback 20-60x80, binoculares Vortex DiamondbackHD 10x42 y equipo fotográfico Nikon D3500/70-300mm. Posteriormente se utilizó una escalera para acceder a los nidos, el periodo de revisión no excedió un par de minutos para no perturbar la ocupación de las aves. Los nidos se consideraron ocupados cuando al menos contuvieron un huevo o polluelos durante el periodo de monitoreo (Martin, 2004; Gamonal, 2014). Para documentar las observaciones del monitoreo en campo se utilizó una hoja de registro modificada de Benson y Bailey (2018).



Simultáneamente se grabaron cantos con equipo Tascam Dr-05x. La identificación a nivel de especie se realizó utilizando las guías Howell y Webbs (2013), VanPerlo (2006), Sybley (2014), ©Merlin Bird ID de Cornell Lab of Ornithology y la base de datos de ©Fundación Xeno-canto.

### **Análisis estadístico**

Se utilizará estadística descriptiva con programa Statistica (2010), los datos se explorarán mediante el criterio de información Akaike, prueba de U de Mann-Whitney y modelos lineales generalizados (MGL) lo cuáles aún se encuentran en proceso.

### **Resultados y Discusión**

Se realizaron un total de 31 visitas durante los periodos reproductivos y meses previos para dar mantenimiento y monitoreo a las cajas nido durante el periodo 2020-2021.

Se registran un total de 34 cajas nido en pastizal cultivado, 21 en vegetación secundaria arbórea de SBC, 11 en agricultura de temporal anual, 7 en agricultura de temporal anual y semipermanente, 7 en hábitat de vegetación secundaria arbustiva de SBC.

Se observaron 22 ocupaciones por parte aves de los órdenes paseriformes y Piciformes en un total de 18 cajas nido distintas (Tabla 1), lo que representa un 22.5% del total de ocupación.

Durante el periodo 2020, hubo un total de ocupación de 7 cajas nido, 3 cajas nido correspondieron a los hábitats de vegetación secundaria arbórea y 4 se localizaron en zonas de pastizal cultivado y agricultura. En contraste con la temporada 2021 donde la ocupación de cajas nido se incrementó a 15 sitios, de los cuales ocho fueron utilizadas en pastizal cultivado una en hábitat de agricultura anual, cinco fueron ocupadas en hábitat de vegetación secundaria arbórea y una en vegetación secundaria arbustiva. La altura promedio utilizada durante ambas temporadas reproductivas en cajas ocupadas fue de 2.62 m y la orientación geográfica preferida fue mayor en dirección al Este (n=8), seguida por orientación Norte (n=7) y en menor proporción Noreste (n=3)

Durante ambas temporadas, 4 cajas nido fueron reutilizadas: 2 de ellas se ubicaron en hábitat de vegetación secundaria, con orientación al este a 2.7 y 3 metros de altura, respectivamente; y dos en hábitat de pastizal cultivado con orientación Norte ubicada a una altura de 3.11m.



El resto de las cajas nido ocupadas se encuentran en 5 especies de árboles ubicados en la zona de pastizal cultivado (n=11), en 3 especies de árboles en hábitat de vegetación secundaria arbórea de SBC (n=5), en 1 especie de árbol en vegetación secundaria arbustiva de SBC (n=1) y una especie de árbol localizado en la zona de agricultura de temporal anual (n=1).

En el monitoreo de la temporada reproductiva (marzo-julio) 2020 se identificaron haciendo uso de cajas nido a cuatro especies de aves residentes: la matraca nuca canela *Campylorhynchus rufinucha* (n=1), el carpintero frente dorado *Melanerpes aurifrons* (n=2), el papamoscas gritón *Myiarchus tyrannulus* (n=2) y carbonero cresta negra *Baelopterus atricristatus* (n=2).

Durante la temporada reproductiva 2021 cinco especies de aves residentes: los que más utilizaron los espacios fueron el carpintero frente dorada *Melanerpes aurifrons* (n=5), y el papamoscas gritón *Myiarchus tyrannulus* (n=5), seguidos en frecuencia de ocupación por el carbonero cresta negra *Baelopterus atricristatus* (n=2) el papamoscas triste *Myiarchus tuberculifer* (n=2) y la matraca nuca canela *Campylorhynchus rufinucha* (n=1) (Cuadro1).

Destacan las cajas: B02, utilizada por tres especies en distintas fechas durante los dos años, así como A09 ocupada por 2 especies y A07 utilizada en ambas temporadas anuales por la misma especie.

Momentos captados de Matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) "A", papamoscas gritón *Myiarchus tyrannulus* "B" y carbonero cresta negra *Baelopterus atricristatus* "C" respectivamente, utilizando el recurso de las oquedades artificiales y participando en el proceso de crianza (Figura 1).

En la temporada 2020 hubo un total de siete puestas con 28 huevos, mientras que en 2021, 15 puestas que produjeron un total de 57 huevos. Las fotografías de huevos y polluelos de papamoscas triste *Myiarchus tuberculifer* "A y B", papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*) "C y D", carbonero cresta negra (*Baelopterus atricristatus*) "E y F" y carpintero frente dorado (*Melanerpes aurifrons*) "G y H" respectivamente, se reportan en la Figura 2.



Figura 1. Fotografías Alberto Lozano.

Cuadro 1. Detalles de ocupación de cajas nido durante las temporadas reproductivas 2020-2021.

Caja nido	Especie arbórea	Orientación geográfica	Altura	DAP (cm)	Especie de ave que ocupó caja nido en 2020	Especie de ave que ocupó caja nido en 2021
A03	<i>Ipomea wolcochiana</i>	N	2.4	91		<i>Melanerpes aurifrons</i>
A05	<i>Chloroleucon mangense</i>	NE	3.65	90	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	
A06	<i>Gliricidia sepium</i>	E	2.2	43	<i>Melanerpes aurifrons</i>	
A07	<i>Acacia cochliacantha</i>	E	2.7	55	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	<i>Myiarchus tyrannulus</i>
A08	<i>Ipomea wolcochiana</i>	N	2.4	48	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	
A09	<i>Calyptanthus schiedeana</i>	E	3	141	<i>Baeolophus atricristatus</i>	<i>Myiarchus tyrannulus</i>
A12	<i>Chloroleucon mangense</i>	N	2.9	65		<i>Myiarchus tyrannulus</i>
A22	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	N	2.2	20		<i>Myiarchus tuberculifer</i>
A30	<i>Ehretia tinifolia</i>	N	2	35		<i>Myiarchus tyrannulus</i>
A38	<i>Acacia cochliacantha</i>	NE	2	41		<i>Myiarchus tuberculifer</i>
B02	<i>Chloroleucon mangense</i>	N	3.11	53	<i>Baeolophus atricristatus</i>	<i>Campylorhynchus rufinucha</i> <i>Melanerpes aurifrons</i>
B04	<i>Ipomea wolcochiana</i>	E	2	68		<i>Baeolophus atricristatus</i>



**Continúa Cuadro 1...**

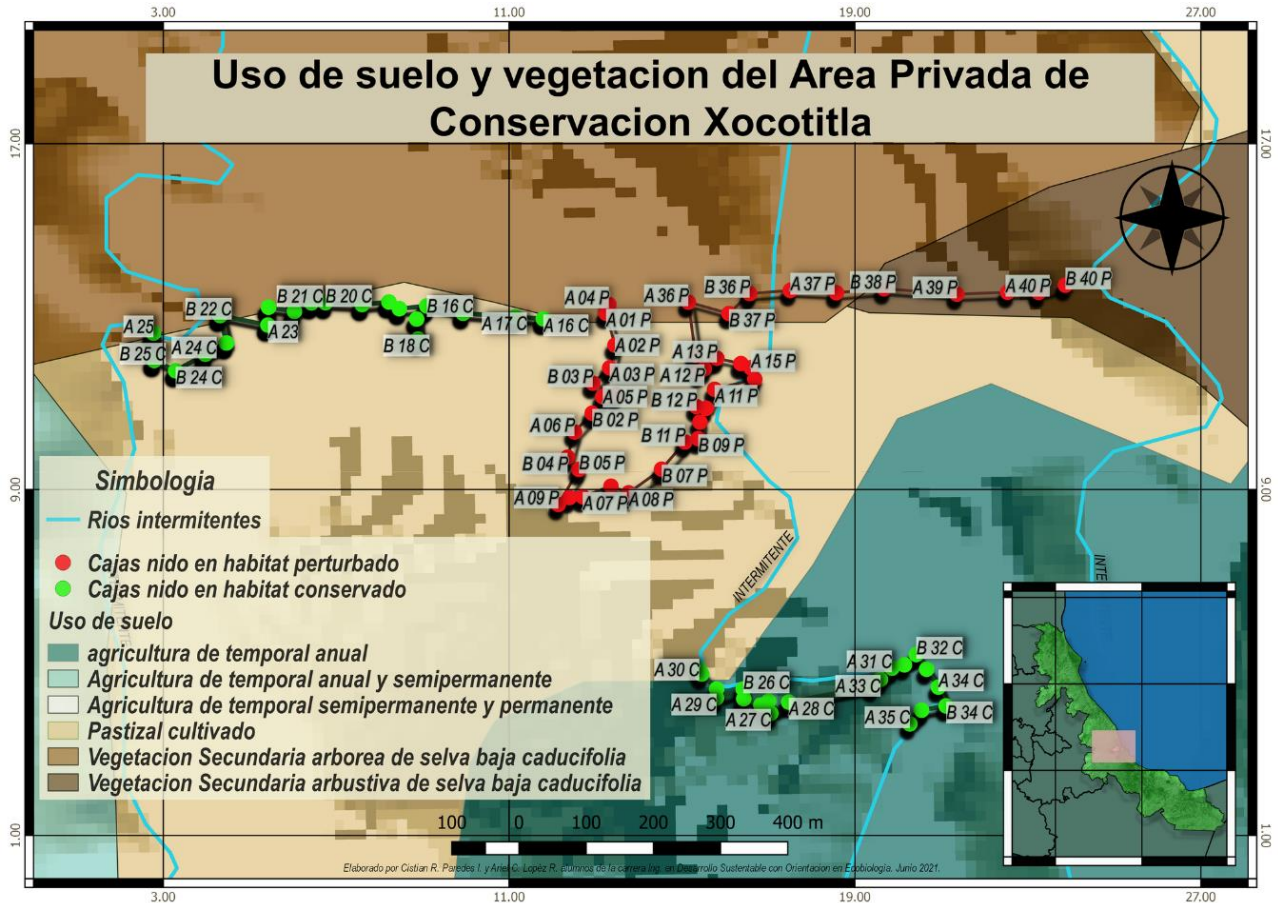
Caja nido	Especie arbórea	Orientación geográfica	Altura	DAP (cm)	Especie de ave que ocupó caja nido en 2020	Especie de ave que ocupó caja nido en 2021
B06	<i>Acacia cochliacantha</i>	N	2.65	40		<i>Myiarchus tyrannulus</i>
B07	<i>Ipomea wolcohiana</i>	E	2.4	43		<i>Melanerpes aurifrons</i>
B11	<i>Ehretia tinifolia</i>	E	2.4	110		<i>Baeolophus atricristatus</i>
B12	<i>Ipomea wolcohiana</i>	E	2.4	76		<i>Melanerpes aurifrons</i>
B24	<i>Chloroleucon mangense</i>	NE	2.4	25	<i>Melanerpes aurifrons</i>	
B25	<i>Ipomea wolcohiana</i>	E	2.35	40		<i>Melanerpes aurifrons</i>



**Figura 2. Fotografías Diana Juanz.**

La determinación botánica de los 80 árboles contenedores de cajas nido incluyó 9 familias, 17 géneros y 19 especies. La especie más frecuente fue el árbol moreno *Chloroleucon mangense*. Se obtuvieron las medias de las alturas ( $5.15 \pm 2.4$  m) y DAP ( $32.8 \pm 31.4$  cm). Los datos obtenidos de capas de uso de suelo y vegetación corresponden al 2021 y categorizan en la zona cinco tipos de hábitats: pastizal cultivado, vegetación secundaria arbórea de SBC, agricultura de temporal anual, agricultura de temporal anual y semipermanente, vegetación secundaria arbustiva de SBC (Figura 3).





**Figura 3. Mapa de uso de suelo y vegetación donde se muestra la posición de los 80 nidos artificiales y los hábitats en que se ubican.**

En el hábitat de vegetación secundaria arbustiva de SBC: se utilizaron 5 géneros y 5 especies, la especie más frecuente fue el guaje *Lysiloma acapulcense* la altura promedio del dosel fue de 2 m y el DAP promedio registrado fue 105 cm. Para la vegetación secundaria arbórea de SBC, se registran 6 familias que incluyeron 12 géneros y 13 especies, la especie más frecuente fue el patancan *Ipomea wolcottiana*, la altura promedio del dosel fue de 2.4 m y el DAP promedio de 54 cm. Para el hábitat de agricultura de temporal anual se registraron 6 familias que incluyeron 6 géneros y 7 especies, las especies más frecuentes fueron palo mulato *Bursera simaruba* y palo santo *B. graveolens*, la altura promedio del dosel fue de 2.2 m y DAP promedio registrado fue de 64.9 cm. En el hábitat correspondiente a la agricultura de temporal anual y semipermanente: se documentaron 6 géneros y 6 especies, la especie más frecuente fue el jonote blanco *Heliocarpus donnellsmithii*, la altura promedio del dosel fue de 2 m y DAP



promedio registrado correspondió a 80 cm. Para el hábitat de pastizal cultivado 9 géneros y 9 especies en los que la especie más frecuente fue el patancan *I. wolcottiana*, la altura promedio del dosel fue de 2.5 y DAP promedio registrado fue de 52 cm.

## Resultados y Discusión

Tanto Rodríguez (2011) como Milligan y Dickinson (2016) sugieren la preferencia de ocupación en nidos con orientación geográfica al N y E, debido a que influye en el microclima de los interiores, lo que coincide con la mayor ocupación observada al norte ocho cajas nido y siete al Este principalmente en hábitat de pastizal cultivado.

Relativo a la ocupación de los espacios durante el 2020 en contraste con el 2021, se tiene como antecedente que las cajas más antiguas en el paisaje pueden ser utilizadas de manera más constante solo porque han estado disponibles por más tiempo (Rodríguez, 2011; Jones *et al.*, 2014; Milligan y Dickinson, 2016) esto explica el mayor número de ocupación durante el segundo año.

También se deben considerar las observaciones de Newton (1994) con respecto a las aves que anidan en cavidades secundarias, ya que estas se limitan por la disponibilidad de sitios, más que por otros factores de hábitat como la disponibilidad de alimentos, esto podría dar explicación a la mayor ocupación en hábitats con grado de perturbación (pastizal cultivado y de agricultura) en los que la mayoría de estrato arbóreo presentó DAP con una media de 20 cm.

Así al comparar la ocupación entre cajas nido con mismas dimensiones debemos tener en cuenta que estas no son seleccionadas según la planeación del observador, si no por las características del ambiente que requieren las aves para anidar (Doran y Holmes, 2005; Jones *et al.*, 2014).

En relación con la presencia de ganado feral dentro del predio autores mencionan sobre como el mantenimiento del ganado en estas condiciones influye en el cambio de la composición de especies, la alteración de los ecosistemas y también favorece la dispersión de especies exóticas beneficiadas de la fragmentación (Linnane *et al.*, 2001; Harvey *et al.*, 2008) a su vez impide o limita significativamente la sucesión forestal y cualquier tipo de reforestación ya que



el consumo continuo de las plantas o de sus propágulos sumado a los distintos efectos causados a la estructura del suelo por el pisoteo generan la compactación y colapso de los poros y ende se restringe el crecimiento y desarrollo de las raíces ocasionando bajo rendimiento en la vegetación (Janzen, 1986; Medina, 2016), por consecuencia la regeneración secundaria deseada se ha visto impedida o limitada y de esta manera se explican los tipos de vegetación originados por los mapas a partir de imágenes satelitales, ya que a pesar del tiempo transcurrido desde que se declinaron las prácticas ganaderas controladas, aún se reconocen los ambientes de pastizal como la zona principal destinada al pastoreo del ganado y a los ambientes agrícolas.

En el país, se han reportado más de 80 especies de garrapatas que parasitan tanto a fauna doméstica como silvestre (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2011; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). Esta fauna se considera transmisora de enfermedades tanto para el ganado, la fauna y el hombre. Estos parásitos también se han reportado viviendo en el interior los nidos de aves (Espí, 2011), por estos motivos en el plan de manejo del APC se recomienda establecer el control inmediato del ganado feral, simultáneamente se sugiere acompañar con acciones de control biológico al ecosistema alterado (Arguedas *et al.*, 2008; Aguilera-Cogley *et al.*, 2020) para de esta forma evitar el uso de pesticidas tópicos suministrados a cada visitante que arribe con fines de esparcimiento o investigación.

## Conclusiones

Se registró mayor ocupación de cajas nido por aves residentes en hábitats de pastizal cultivado y agricultura anual y semianual que en ambientes de vegetación secundaria arbórea y arbustiva como se esperaba. La riqueza de especies residentes fue similar entre ambas temporadas reproductivas. Se reporta como evento inusual la anidación en cajas nido por *C. rufinucha* ya que no suele utilizar estos espacios. Los hábitats con mayor grado de perturbación como el pastizal cultivado y agricultura anual y semianual al carecer de espacios para la anidación de aves que requieren oquedades, han sido los que representan una mejor alternativa para su implementación. Por ello se sugiere el desarrollo de prácticas de ganadería sustentable que promuevan los arreglos silvopastoriles conjunta con la implementación de



cajas nido. En cuanto a la instalación de estas, se sugiere se coloquen en lugares cercanos a los caminos y senderos para que los monitoreos sean constantes y se logren documentar las puestas, tiempos de incubación, eclosión, desarrollo de polluelos, abandono de nidos y otros datos sobre el comportamiento reproductivo y crianza de las aves silvestres.

## Agradecimientos

A todas las personas que acompañaron en los distintos monitoreos: Lupita, Paula, Montse, Julio, Madeleine, Memo, Macario, Malinalli, Rosario, Giovanni, Jair, Jairo, Miguel, Enrique, Roberto, Carmen, Marisela, Ariel y Raúl. A la familia Molina: Aurelio, Luis, Eliza y Gonzalo por las atenciones.

## Literatura Citada

- Aguilera-Cogley, V., Jaén-Torrijos, M., Ávila-Rodríguez, L., Herrera-Vásquez, J., Jaén-Sanjur, J. y Barba-Alvarado, A. 2020. Identification and virulence of *metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) as biological control agent of *rhhipicephalus microplus* (acari: Ixodidae) in Panama. *Idesia*: 38 (1), 59–65.
- Arguedas, M., Álvarez, V. y Bonilla, R. 2008. Eficacia del hongo *Metarhizium anisopliae* en el control de *Boophilus microplus* (Acari : Ixodidae). *Agronomía Costarricense*: 32 (2), 137–147.
- Benson, C. y Bailey, R. 2018. Pensando fuera de la caja (nido). The Cornell Lab of Ornithology. 42 pp.
- Bullock, H., Money, A. y Medina, E. 1995. Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Cambridge, Gran Bretaña, 303 p.
- Brush, T. 1983. Cavity use by secondary cavity-nesting birds and response to manipulations. *The Condor*: 85, 461-466.
- Chazdon, R. 2014. Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. Chicago: The University of Chicago Press.



- Comisión Nacional Forestal. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Recuperado el 30 de enero de 2021 de: <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/infys/temas/resultados-2004-2009>.
- Doran, P. y Holmes, Y. 2005. Habitat occupancy patterns of a forest dwelling songbird: Causes and consequences. *Canadian Journal of Zoology*: 83, 1297– 1305
- Espí, A. 2011. Las garrapatas como agentes transmisores de enfermedades para los animales y el hombre. *Tecnología Agroalimentaria*. (9): 21-24
- Flores J. y Espejel I. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*, Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. 135 pp.
- Gamonal, J., Martínez, J., Palomares, L. y Escudero, M. 2004. Tasas de ocupación de cajas nido para passeriformes en pinares y robledales de la Sierra de Guadarrama. *Grupo Ornitológico SEO-MONTICOLA*, Universidad Autónoma de Madrid. 96-109.
- González, F. 2011. Capítulo 4: Métodos para contar aves terrestres. 32 páginas In Gallina S., C. López. *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro- Instituto de ecología, Querétaro, México.
- Guzmán-Cornejo, C., Robbins, R., Guglielmone, A., Montiel-Parra, G. y Pérez, T. 2011. The *Amblyomma* (Acari: Ixodida: Ixodidae) of Mexico: Identification keys, distribution and hosts. *Zootaxa*: 2998, 16-38.
- Harper, M., McCarthy, M. y Van der Ree, R. 2005. The use of nest boxes in urban natural vegetation remnants by vertebrate fauna. *Wildlife Research*: 32, 509-516.
- Harvey, C., Guindon, C., Harber, W., Hamilton, D. y Murray, K. 2008. Importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional de Monteverde, Costa Rica. En: *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Eds. C.A. Harvey & J.C. Sáenz. Instituto Nacional de Biodiversidad. INBIO
- Howell, S. y Webbs, S. 2013. *The birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851pp.
- Janzen, D. 1986. The eternal external threat. En: M. E. Soulé (ed.), *Conservation Biology. The science of scarcity and diversity*: 286-303.
- Jones, J., Harris, M. y Siefferman, L. 2014. Physical habitat quality and interspecific competition interact to influence territory settlement and reproductive success in a cavity nesting bird. *Frontiers in Ecology and Evolution* (Eds.) Lawler, J., O'Connor, R., Hunsaker, C., Jones, K., Loveland, T. y White, D. 2004. The effects of habitat resolution on models of avian diversity and distributions: A comparison of two land-cover classifications. *Landscape Ecology*: 19, 515–530



- Leena, C. 2018. Efecto de la instalación de cajas nidos en la abundancia de chercán (*Troglodytes aedon*) y su depredación sobre larvas de *Lobesia botrana* (Lepidóptera) en viñas orgánicas de la zona costera de la Región de Valparaíso, Chile. Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Universidad Católica De Valparaíso, Quillota, Chile, 28 pp.
- Linnane, M., Brereton, A. y Giller, P. (2001). Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos Taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*: 71 (4), 277–292.
- Martin, K., Aitken, K. Y Wiebe, K. 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: Nest characteristics and niche partitioning. *The Condor*: 106 (5), 5-19.
- Mccomb, W. y Noble, R. 1982. Invertebrate Use of Natural Tree Cavities and Vertebrate Nest Boxes. *The American Midland Naturalist*: 107 (1), 163-172.
- Medina, C. 2016. Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. *Remediaciones. Revista Colombiana de Ciencia Animal*: 8 (1), 88-93.
- Milligan, M. y Dickinson, J. 2016. Habitat quality and nest-box occupancy by five species of oak woodland birds. *The auk*: 133, 429–438
- Miranda, F. y Hernández, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*: 28, 29-179.
- Moreno-Casasola, P. y Paradowska, K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*: 15 (3), 21-44.
- Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*: 70, 265–276.
- Rodríguez, J., Avilés, J. y Parejo, D. 2011. The value of nestboxes in the conservation of Eurasian Rollers *Coracias garrulus* in southern Spain. *Ibis*: 153, 735-745
- Rodríguez-Vivas, R., Pérez-Cogollo, L., Rosado-Aguilar, J., Ojeda-Chi, M., Trinidad-Martinez, I., Miller, J. *et al.*, 2014. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistant to acaricides and ivermectin in cattle farms of Mexico. *Braz. J. Vet. Parasitol*: 23, 113-122.
- Ruíz, J. 2017. Instalación y monitoreo de nidos artificiales para la conservación del Loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*) en la vereda El Vergel Alto del Municipio de Cubarral, Meta. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias y Educación Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá. 112 pp.



Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 505 pp.

SEGOB. 2016. Áreas Privadas para la Conservación. Recuperado el 23 de julio de 2021 de: <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/espacios-naturales-protegidas/areas-privadas-de-conservacionapcs/>

Sybley, D. 2014. The Sibley Guide to Birds, 2<sup>a</sup> Ed. Konopf. 599 pp.

VanPerlo, Ber 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton Illustrated Checklists. Princeton New Jersey. E.U.A.

Williams-Linera, G. y Lorea, F. 2009. Tree species diversity driven by enviromental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, México. Biodiversity and Conservation: Vol. 18, 3269-3293.



# CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE UN BIOCOMPUESTO DE FIBRA DE BAGAZO DE *Agave angustifolia* Haw Y LÁTEX

Marco Antonio Ramírez Sorroza<sup>1</sup>, Magdaleno Caballero Caballero<sup>1</sup>, José Luis Montes Bernabé<sup>1\*</sup> y María Eugenia Silva Rivera<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo presenta los resultados de la investigación de las propiedades térmicas (conductividad térmica, resistividad térmica y calor específico) de un panel biocompuesto, con fibra de bagazo de *Agave angustifolia* Haw y matriz de resina polimérica. Se obtuvieron los coeficientes térmicos para la fibra en greña, evaluando con diferentes tamaños: de 5 cm con densidades de 46.17 a 48.48 kg/m<sup>3</sup>; de 2 cm con densidades de 124.65 a 132.96 kg/m<sup>3</sup> y de 1 cm con densidades de 246.23 a 277.01 kg/m<sup>3</sup>. En la etapa de desarrollo del biocompuesto se seleccionó el látex como matriz y se empleó una combinación de fibra con látex en 3 proporciones diferentes. En la evaluación del biocompuesto, la mejor conductividad térmica (0.037 W/m<sup>0</sup>k) se obtuvo en el panel de 60 % de fibra y 40 % de látex, con una densidad de 436 kg/m<sup>3</sup>. Al comparar el compuesto con los productos comerciales existentes, se encontró que los resultados encontrados fueron equiparables a los de los paneles de poliestireno expandido, cuya conductividad térmica es de 0.041 W/m<sup>0</sup>C. Los resultados obtenidos muestran la factibilidad de utilizar el desperdicio de la industria del mezcal (el bagazo de maguey) y una matriz orgánica (el látex) como alternativa para mejorar el confort térmico en viviendas o espacios productivos siendo un compuesto amigable con el ambiente desde su producción hasta su disposición final.

**Palabras clave:** conductividad térmica, temperatura, calor específico

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Autor por correspondencia: mbernabejoseluis@yahoo.com.mx





## Introducción

Actualmente, las construcciones de viviendas presentan la tendencia a ser menos capaces de controlar la temperatura interna, para que sea cómoda y adecuada para sus habitantes, sin la necesidad de sistemas mecánicos de aire acondicionado, que implica en climas extremos, el 20-25% del uso anual de energía eléctrica. En estos casos, existe una técnica adoptada que es el aislamiento térmico, la cual que se ha utilizado a modo de envoltura de la vivienda para reducir la energía consumida por el aire acondicionado (Panyakaew y Fotios, 2011).

Los productos de aislamiento térmico que se han usado comúnmente se fabrican con fibra de vidrio y espumas de lana o poliuretano, por concederles buenas propiedades físicas, como baja conductividad térmica, alta protección contra la humedad y resistencia al fuego, pero pueden ser peligrosos para la salud humana y el medio ambiente (Infante *et al.*, 1994; DHHS, 2004; Rahul, 2012)

Varios estudios se han centrado en encontrar alternativas que puedan ser utilizadas como reemplazo de los productos aislantes que son tóxicos al humano, como residuos de la industria y la agricultura, cuyos beneficios se puedan obtener mediante el reciclaje, la reutilización y la renovación (Aprianti *et al.*, 2015). El alto crecimiento del sector de la construcción ha incorporado el desarrollo de aislantes acústicos y térmicos buscando continuamente reducir el ruido y mejorar el confort (Velázquez *et al.*, 2016). Una solución, principalmente en los países del tercer mundo, ha sido el estudio de residuos agrícolas disponibles localmente para determinar si son idóneos para el aislamiento térmico y acústico (Zach *et al.*, 2016). El uso de materia prima procedente de fuentes agrícolas como el yute, el lino y el cáñamo se han convertido en buenos materiales aislantes (Kymäläinen and Sjöberg, 2008). También se han considerado la cáscara de coco y el bagazo y la fibra de caña de azúcar (Manohar *et al.*, 2006; Panyakaew y Fotios, 2011; Rahul, 2012). Las mazorcas de maíz, se han usado simultáneamente como material de relleno y material de aislamiento térmico, técnica encontrada en edificaciones antiguas (Pinto *et al.*, 2011). Existen aislamientos térmicos reforzando paredes dobles con residuos de tejido textiles (Briga-Sá *et al.*, 2012). Sin embargo, una limitante a tener en cuenta cuando se usan fibras naturales en matrices poliméricas en la industria de la construcción, es la tendencia a la degradación por exposición al medio ambiente, para lo cual se recomienda aplicar recubrimientos protectores o funcionalizar las



fibras (Velázquez *et al.*, 2016). En Oaxaca, México, durante el proceso de extracción del mezcal, al final de la etapa de fermentación y destilación del tallo o “piña”, se elimina el bagazo de maguey, el cual dependiendo del proceso artesanal de molienda se estima entre el 14 y 20% del peso total de la “piña” (Martínez *et al.*, 2012). Este residuo está compuesto de celulosa, lignina y hemicelulosa, el cual provoca un serio problema de contaminación, a consecuencia de los grandes volúmenes acumulados y su resistencia a la degradación, que se lleva entre dos y tres años (Rodríguez *et al.*, 2010). La disposición inadecuada de los desechos agrícolas no sólo da lugar a la contaminación ambiental, sino que también desperdicia una gran cantidad de valiosos recursos de biomasa. Se considera que el reciclaje y la utilización de los desechos agrícolas son un paso importante en la protección del medio ambiente, la estructura energética y el desarrollo agrícola (Wang *et al.*, 2016).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar térmicamente un biocompuesto con fibra de bagazo de *Agave angustifolia* Haw y látex para establecer un comparativo con las mismas propiedades de los aislamientos industriales.

## **Materiales y Métodos**

### **Selección y colecta de la fibra**

Se recolectaron 50 kg bagazo de *A. angustifolia* en un palenque de Santiago Matatlán, Tlacolula, Oaxaca, mediante el método de cuarteo, según la norma NMX-AA-015-1985. Posteriormente se realizó una selección de subproductos de acuerdo a la Norma NMX-AA-022.

### **Adecuación de la fibra**

Las fibras de bagazo obtenidas se expusieron al sol para su secado, y posterior limpieza y selección. Después del secado, la fibra se molió en un molino de martillos a razón de 1 kilogramo por hora, obteniéndose 2 tamaños de fibra, uno de 6 a 4 cm de longitud, con la criba de media pulgada, y otro de 2 a 3 centímetros; con la criba de 3/8 de pulgada. Posteriormente se procesaron las fibras de ambos tamaños en un molino marca Fritsch Pulverisette 19 de cuchillas con criba de 4 mm, con lo que se obtuvo una fibra de longitud de 0.5 a 1 cm.



## Propiedades termofísicas de la fibra de agave

### Determinación de la densidad de la fibra de agave sola (FAS)

Para determinar la densidad de FAS se utilizó el Principio de Arquímedes de volumen de agua desplazado.

### Determinación del peso volumétrico y absorción de humedad de la FAS

La determinación del peso volumétrico permitió calcular los volúmenes de FAS a utilizar.

Materiales usados: malla de gallinero de 6.35 mm de apertura usada para que la fibra en su interior no se disperse ni se pierda. Vasija de acero, fibra molida y seca, horno para el secado de los ejemplares (Figuras 1a, 1b, 1c, 1d).



Figura 1. Materiales para la determinación de densidad de FAS.

### Determinación de la conductividad térmica

Para la determinación de las propiedades térmicas de los especímenes se utilizó un conductímetro de placa caliente protegida con baño frío (Figuras 2a, 2b, 2c).

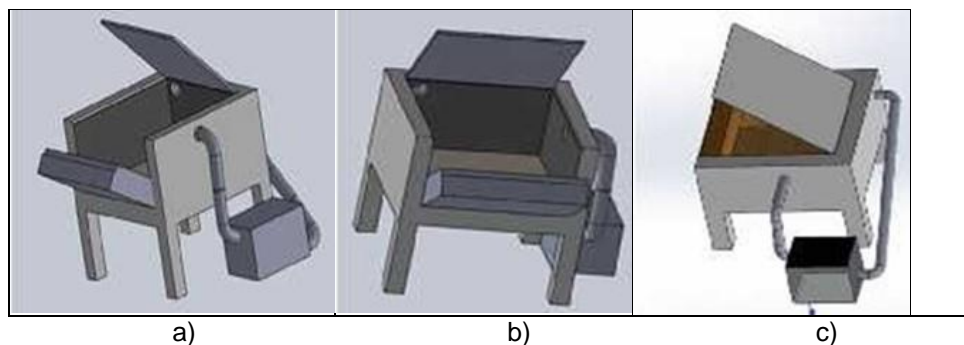


Figura 2. a) Vista lateral con el congelador, b) vista frontal con las dos tapas semiabiertas, c) vista posterior con la alimentación de aire frío.  
Caracterización térmica de la fibra

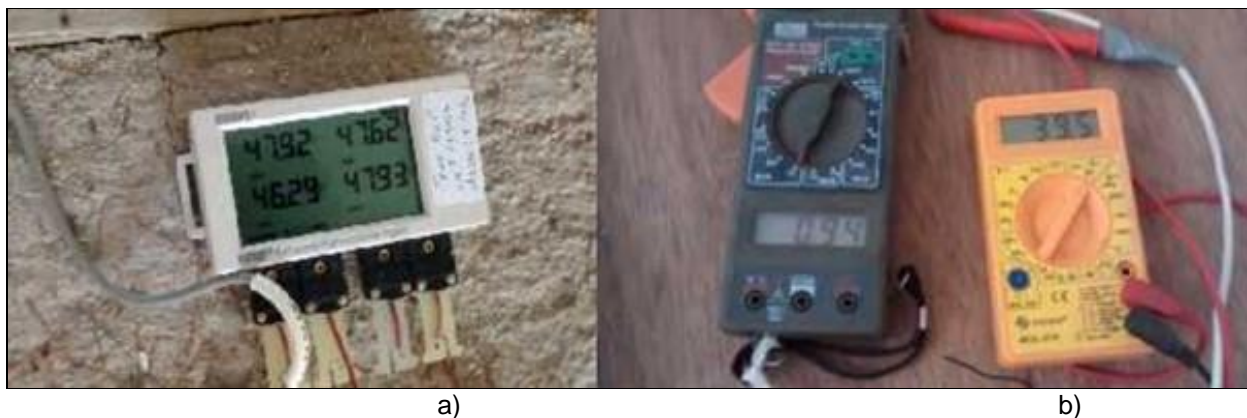


Se colocó la fibra uniformemente sobre la superficie de la resistencia del conductímetro, buscando un espesor uniforme de 1.27 centímetros, en las Figuras 3a y 3b se aprecia cómo se colocaron los termopares externos sobre la superficie de la fibra.



**Figura 3. a) Colocación de la fibra y b) termopares en el conductímetro.**

Se conectaron los termopares a los registradores, previamente programados en el software Hoboware plus, (Figura 4a). Se encendió la alimentación eléctrica, regulando la corriente que llega a la resistencia con el reóstato y dejando un promedio de 0.86 amperes de flujo eléctrico y 38 volts, lo que dio un consumo de 32.68 watts/hora en la resistencia. En la Figura 4b se aprecia la resistencia y el amperímetro con el que se aseguró el flujo de corriente.



**Figura 4. a) Instrumento de registro de temperatura y b) Medición de corriente alimentada.**



### Desarrollo del panel

Se realizó una mezcla manual de polímero con fibra de bagazo de *A. angustifolia*, con diferentes proporciones de resina para comparar su comportamiento. A la fibra se le incorporó la resina, dependiendo del tiempo de reacción, la más rápida fue la del látex, ya que solidifica en cuando el amoníaco se evapora, aproximadamente en 10 minutos empieza a formar grumos. La resina de pino y la urea formaldehído no tienen problema a ese respecto, tardaron mucho en solidificar; la resina formaldehído requirió 2 días expuesta al ambiente para un cristalizado total, bajo condiciones de presión y temperatura adecuadas ( $120^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{kg/cm}^2$ ) lo hace en 5 minutos. Una vez seleccionada la resina a emplear, en este caso látex, se iniciaron las pruebas de fabricación del biocompuesto, se seleccionó la técnica de capas de fibra y atomizado de látex con el fin de tener una forma homogénea de adherencia en el compuesto, (Figura 5a). En el molde ya limpio, encerado y con la película antiadherente, (Figura 5b), se espolvoreó la fibra molida en forma uniforme, se atomizó el látex en forma manual sobre la fibra, con una película uniforme, se repitió el procedimiento hasta llenar el molde y se dejó secar (Figura 5c).



**Figura 5. Fabricación del panel biocompuesto por capas y atomización.**

### Determinación de las propiedades térmicas del biocompuesto fibra/látex (BFAL)

Se propusieron 3 formulaciones diferentes de proporción de refuerzo y matriz. Se tomó como base del experimento la norma internacional ASTM C177 Método de prueba estándar para la determinación del flujo de calor en estado estacionario y propiedades de transmisión térmica mediante el aparato de placa caliente con guarda.



## Determinación de la red fibrosa del BFAL

Dentro de la evaluación del biocompuesto, se proyectó la observación a nivel micrométrico, tanto de la fibra como del biocompuesto para poder apreciar los huecos en el conjunto de fibras y en el biocompuesto también el sellado de la matriz del biocompuesto. Se observaron muestras tanto de la fibra sola como del BFAL en el microscopio electrónico de barrido (MEB), para contrastar los materiales, observar la geometría de la fibra y medir los huecos dejados por la fibra y el consiguiente paso de aire y transferencia de calor.

## Resultados y Discusión

### Propiedades termofísicas de la fibra de agave

#### Densidad de la fibra

El valor de la densidad obtenido de la fibra de bagazo sola fue de  $302 \text{ kg/m}^3$ , el cual es inferior al de bagazo de caña o a la fibra de coco, pero superior a la lana de roca (Rahul, 2012).

#### Conductividad térmica de la fibra de agave sola

En la Figura 6 se trazó la línea de tendencia y de acuerdo con los datos se pudo observar que es poca la variación de la conductividad térmica con mayor peso volumétrico.

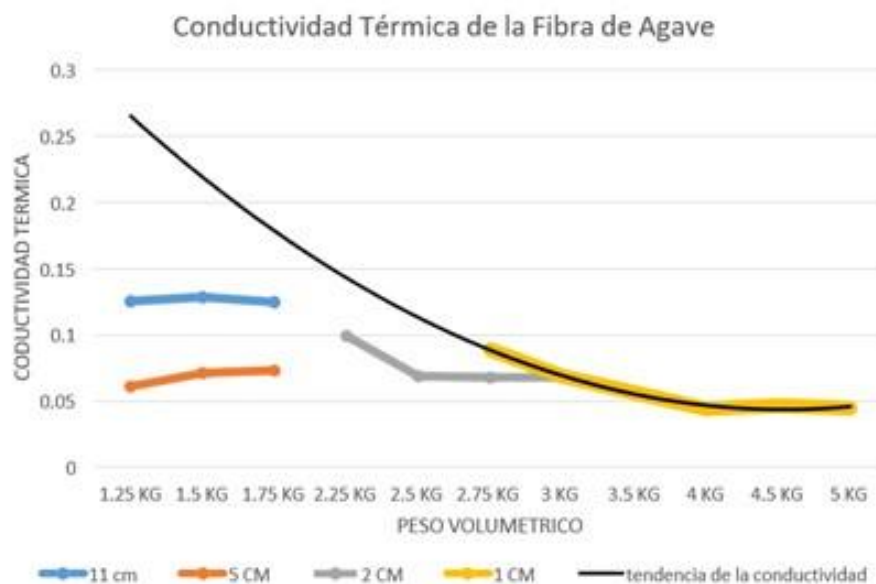


Figura 6. Resumen de caracterización de conductividad térmica de FAS.



En el Cuadro 1, se reporta la relación entre los tamaños y las densidades de la fibra de agave.

**Cuadro 1. Tamaños y densidades de la fibra de agave.**

Peso		Tamaño de fibra			Volumen	Densidad
FIBRA	GREÑA	5 cm	2 cm	1 cm	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1.25 kg	0.1255	0.061			0.03	46.17
1.5 kg	0.1285	0.071			0.03	47.49
1.75 kg	0.125	0.073			0.04	48.48
2.25 kg			0.0995		0.02	124.65
2.5 kg			0.069		0.02	125.91
2.75 kg			0.068	0.089	0.02	121.88
3 kg			0.068	0.069	0.01	261.74
3.5 kg				0.0565	0.01	277.01
4 kg				0.04455	0.02	246.23
4.5 kg				0.047	0.02	249.31
5 kg				0.045	0.02	251.83

La densidad del material también es muy importante, ya que, al reducir el volumen del cuerpo, reduce la circulación en su interior, disminuyendo la conductividad térmica. Al reducir el tamaño de la FAS, ésta tendió a comportarse como un sólido esponjoso, que redujo la circulación de aire y la vibración en su interior, característica muy deseable para un material aislante. El cuadro 2, muestra las características térmicas de la fibra de agave.

**Cuadro 2. Características térmicas de la fibra de agave.**

Tipo de fibra	m	k	R	Ce
	(masa)	(conductividad térmica)	(resistividad térmica)	(calor específico)
	kg	(W/m°C)	(m <sup>2</sup> °C/W)	(J/kg °C)
GREÑA	1.25	0.1255	0.23	11352.39
GREÑA	1.5	0.1285	0.40	5479.91
GREÑA	1.75	0.125	0.16	11296.59
5 cm	1.25	0.061	0.32	8047.12
5 cm	1.5	0.071	0.34	6363.37
5 cm	1.75	0.073	0.41	4539.36
2 cm	2.25	0.0995	0.15	9872.98
2 cm	2.5	0.069	0.43	2987.70



### Continúa Cuadro 2...

Tipo de fibra	m (masa) kg	k (conductividad térmica) (W/m°C)	R (resistividad térmica) (m <sup>2</sup> °C/W)	Ce (calor específico) (J/kg °C)
2 cm	2.75	0.068	0.26	4570.66
2 cm	3	0.068	0.16	6732.32
1 cm	2.75	0.089	0.14	8383.24
1 cm	3	0.069	0.17	6238.85
1 cm	3.5	0.0565	0.20	4544.12
1 cm	4	0.04455	0.20	4123.72
1 cm	4.5	0.047	0.26	2800.68
1 cm	5	0.045	0.27	2441.93

### Propiedades termofísicas del BFAL

En cuanto a conductividad térmica el mejor resultado lo presentó la combinación de 60 % de fibra y 40 % del látex con un valor de 0.037 W/m<sup>2</sup>K (Cuadro 3).

### Cuadro 3. Biocompuesto fibra de agave 1 cm/látex.

Mezcla	K (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	Ce (J/kg °C)
60/40	0.037	0.34	1905.59
50/50	0.040	0.31	2083.10
40/60	0.047	0.27	1995.45

Se observó que, a mayor contenido de látex, el BFAL presenta una mejor conductividad térmica, esto se puede explicar considerando las propiedades térmicas de los componentes, ya que el látex tiene una conductividad térmica más alta que la de la fibra, sin embargo, la conductividad térmica del BFAL se encuentra en el rango de los aislantes térmicos más utilizados.

### Propiedades térmicas

En el Cuadro 4 se presenta la conductividad térmica y la densidad del BFAL desarrollado en este estudio y se comparan con las de otros materiales aislantes usados. Se puede apreciar que el material desarrollado podría competir como aislante térmico ya que presentó características de conductividad térmica (0.037) muy cercanas a las de los aislantes más





utilizados comúnmente, solo abajo del poliestireno extruido (0.035), la lana de oveja (0.034) y de la espuma de poliuretano (0.027), se presentó mucho mejor que la vermiculita (0.07), fibra de coco (0.068), celulosa de madera (0.05), lana de roca (0.045), lana de vidrio (0.045), celulosa de papel (0.041) y poliestireno expandido (0.041), de los aislantes comerciales.

Sin embargo, en cuanto a las propiedades de aislamiento térmico, los materiales a base de fibras exhiben un comportamiento higrotérmico diferente debido a diferentes estructuras de los aislamientos y también una baja conductividad térmica de las fibras naturales en comparación con los de vidrio o minerales (Zach *et al.*, 2016).

**Cuadro 4. Materiales aislantes, usados y propuestos.**

Material aislante	K W/m <sup>°</sup> K	Densidad kg/m <sup>3</sup>
Espuma de poliuretano	0.027	80
Lino y cáñamo	0.033	39
Lana de oveja	0.034	40
Poliestireno extruido	0.035	80
<b>Agave/ látex</b>	<b>0.037</b>	<b>436</b>
Poliestireno expandido	0.041	50
Celulosa (papel reciclado)	0.041	30
Lana de vidrio	0.045	100
Lana de roca	0.045	180
Lino	0.045	100
Celulosa	0.05	45
Celulosa (fibra de madera)	0.05	30
Bagazo de caña	0.055	350
Kenaf	0.058	200
Hojas de papiro	0.0606	400
Fibra de coco	0.068	350
Vermiculita	0.07	160

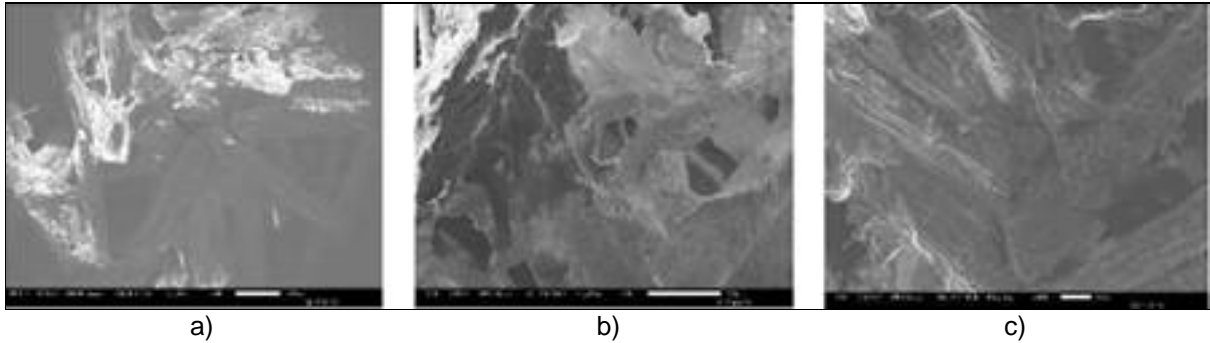
(Manohar, *et al.*, 2006; Panyakaew y Fotios, 2011; Rahul, 2012; Zach *et al.*, 2016).

#### **Evaluación de la estructura de la red del biocompuesto de fibra de agave y látex (BFAL)**

Se observan los huecos dejados por la fibra de bagazo de agave, del orden de hasta 150  $\mu$ m con un aumento de 30X (Figura 7a). Se tiene una fibra sola con aspecto de un tronco; se utilizó

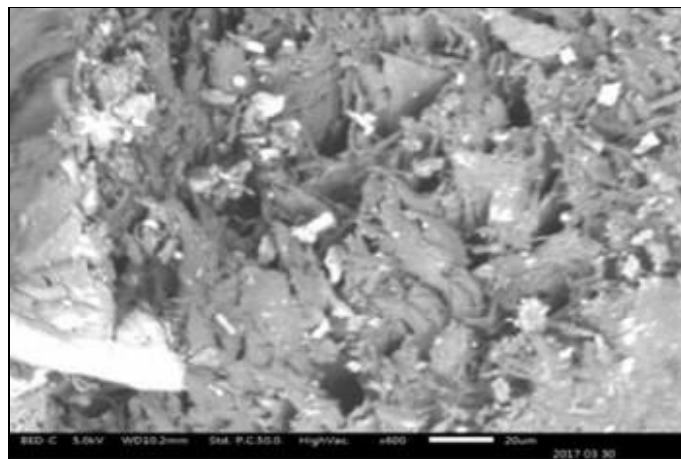


un aumento de 130 X (Figura 7b). Por último, se aprecia la forma de la fibra más a detalle con algunas estructuras huecas, con un aumento de 250 X (Figura 7c).



**Figura 7. Microfotografías del biocompuesto.**

El análisis de las microfotografías confirma la excelente adherencia del látex con la fibra y muestra los huecos dejados en el BFAL (Figura 8).



**Figura 8. BFAL a 50 X.**

## Discusión

El resultado de la de conductividad térmica del biocompuesto propuesto en este trabajo fue de  $0.037 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ , valor que favorece la característica de aislante térmico, y muy cercano al



reportado por Panyakew y Fotios (2011) para tableros de cascara de coco con un valor de 0.046 W/m<sup>°</sup>K. El valor encontrado de esta propuesta se encuentra dentro de las conductividades térmicas de aislantes comerciales como el poliestireno extruido con 0.035 W/m<sup>°</sup>K y el poliestireno expandido con 0.41 W/m<sup>°</sup>K, por lo que tendría la posibilidad de ser utilizado como reemplazo de productos aislantes que son tóxicos al humano.

## Conclusiones

Los resultados mostraron que se obtuvo una disminución significativa del valor de la conductividad térmica de la FAS desde un valor de 0.12 a 0.045 al reducir su longitud hasta la de 1 centímetro, esto dio una tendencia de reducir la longitud de la fibra para hacerla utilizable para los procesos industriales. Se probó la compatibilidad de adherencia de la FAS con las resinas, se determinó que se fabricaría con látex, ya que permitió una muy buena adherencia y manejabilidad al compuesto. La geometría de las FAS, formada por una serie de tubos huecos y microfibras, redujo favorablemente la vibración provocada por el calor, propiedad esta que lo hace aislante.

Se observó que el biocompuesto reducía aún más la conductividad del panel, siempre que el contenido de látex no supere al de fibra, ya que eso va en detrimento de las propiedades aislantes. El BFAL presentó favorables propiedades térmicas, superiores a los de muchos aislantes comerciales y de otras fibras naturales que se han evaluado con este fin.

## Literatura Citada

- Aprianti, E., P. Shafigh, S. Bahri and J. N. Farahani. 2015. Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes. A review. *Construction and Building Materials* 74:176–187.
- ASTM C177 -13. 2013. Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded- Hot-Plate Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA. DOI: 10.1520/C0177-13. <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C177-13.htm>



- ASTM D635-03. 2003. Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position, ASTM International, West Conshohocken, PA. DOI: 10.1520/D0635-03  
<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D635-03.htm>
- Briga-Sá, A., H. Varum, D. Nascimento, N. Teixeira, J. Pinto, F. Caldeira and A. Paiva. 2012. Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials* 38: 155–160
- DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, U. S. (DHHS). 2004. Toxicological profile for synthetic vitreous fibers. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Synthetic. Vitreous Fibers, Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services. 332 p.  
<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp161.pdf>
- Infante, P. F., L. Schuman, J. Dement, and J. Huff. 1994. Fibrous glass and cancer, *American Journal of Industrial Medicine* 26: 559-584. DOI: [10.1002/\(sici\)1097-0274\(199607\)30:1<113::aid-ajim21>3.0.co;2-#](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0274(199607)30:1<113::aid-ajim21>3.0.co;2-#)
- Jamaludin, M. A., S. A. Bahari, M. N. Zakaria and N. S. Saipolbahri. 2020. Influence of Rice Straw, Bagasse, and their Combination on the Properties of Binderless Particleboard. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 2020, 48(1): 22~31. ISSN: 1017-0715 ISSN: 2233-7180.  
<https://doi.org/10.5658/WOOD.2020.48.1.22>
- Kymäläinen, H-R., and A.M. Sjöberg. 2008. Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment*, 43(7): 1261-1269.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.03.006>
- Manohar, K., D. Ramlakhan, G. Kochhar and S. Haldar. 2006. Biodegradable Fibrous Thermal Insulation. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* XXVIII (1):45-47. DOI: 10.1590/S1678-58782006000100005
- Martínez, G. G. A., G. Zárate A., G. y M. Urrestarazu. 2012. Maguey bagasse waste: a sustainable substrate in soilless culture by melon and tomato crop. *J. Plant Nutr.* 35:2135-2144.
- NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente. Contaminación del suelo. Residuos sólidos municipales. Muestreo método e cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 8 p.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-015-1985.pdf> [consultado el 27 de agosto de 2021]



- NMX-AA-019. 1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales. Peso volumétrico *in situ*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 6 p. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-019-1985.pdf> [consultado el 27 de agosto de 2021].
- NMX-AA-22. 1985. Protección al ambiente. Contaminación del suelo Residuos sólidos municipales Selección y cuantificación de subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas. 7 p. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- Panyakaew, S. and S. Fotios. 2011. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, 43 (7): 1732-1739. ISSN 0378-7788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.015>
- Pinto, J., S. Pereira, A. Paiva, H. Varum, A. Costa, D.I Cruz, L. Fernandes, P. Tavares, J. Agarwal. 2011. Corn's cob as a potential ecological thermal insulation material. *Energy and Buildings* 43:1985–1990
- Rahul, A. 2012. State of de art insulation materials: a review. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2 (6). ISSN: 2277-3754 ISO 9001:2008
- Rodríguez M. R., E. G. Alcántar G., G. Íñiguez C., F. Zamora N., P- M. García L., M.A. Ruíz L. y E. Salcedo P. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia* 35(7):515-520. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/515-c-RODR%C3%8DGUEZ-MAC%C3%8DAS-7.pdf>
- Velásquez R. S. M., G. J. Pelaéz A. y D. H. Giraldo V. 2016. Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Informador Técnico (Colombia)* 80(1): 77-86. <https://biblat.unam.mx/es/revista/informador-tecnico/articulo/uso-de-fibras-vegetales-en-materiales-compuestos-de-matriz-polimerica-una-revision-con-miras-a-su-aplicacion-en-el-diseno-de-nuevos-productos>
- Wang, B., F. Dong, M. Chen, J. Zhu, J. Tan, X. Fu, Y. Wang, and S. Chen. 2016. Advances in Recycling and Utilization of Agricultural Wastes in China: Based on Environmental Risk, Crucial Pathways, Influencing Factors, Policy Mechanism. *Procedia Environmental Sciences* 31:12-17
- Zach, J., M. Reif and, J. Hroudová. 2016. Study of the properties and hygrothermal behaviour of alternative insulation materials based on natural fibres. *Materiali in tehnologije / Materials and technology* 50 (1): 137–140. ISSN 1580-2949



# ABSORCIÓN ACÚSTICA DE BIOCMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA Y FIBRAS DE BAGAZO DE *Agave angustifolia* Haw

Aurelio Martínez Ibarra<sup>1</sup>, Magdaleno Caballero Caballero<sup>1</sup>, José Luis Montes Bernabé<sup>1\*</sup> y María Eugenia Silva Rivera<sup>1</sup>

---

## Resumen

En la presente investigación se desarrolló el diseño de un panel modular biocompuesto reforzado con fibras de *Agave Angustifolia* Haw a base de dos matrices, una sintética y una natural, con la finalidad de evaluar su coeficiente de absorción acústica. En la primera fase del estudio se desarrolló un método de obtención y acondicionamiento de fibra cocida de agave y se obtuvieron las densidades aparentes de tres longitudes de fibra, de 10, 25 y 50 mm. Con base en los resultados, se seleccionó la fibra de agave corta (FC), para continuar la investigación en fases posteriores. Se elaboraron paneles compactados de 60 cm de ancho, 60 cm de largo, y 2.5 cm de espesor con la relación matriz-refuerzo de 2:1 y con un tiempo de curado de 28 días bajo condiciones ambientales.

Se llevaron a cabo pruebas de absorción acústica a escala real por el método de Cámara Reverberante con base en la norma ASTM C423-17, los valores obtenidos muestran que el panel biocompuesto con la matriz de hule natural (HU), obtuvo un valor del coeficiente de absorción acústica igual a 0.82, superando al obtenido para el panel con la matriz de urea formaldehído (UF), con un máximo valor de 0.75.

**Palabras clave:** evaluación acústica, coeficiente de reducción de ruido, panel modular

---

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Autor por correspondencia: mbernabejoseluis@yahoo.com.mx



## Introducción

El ruido es considerado uno de los contaminantes más grandes del mundo. En la década de 1990, la Organización Mundial de la Salud (OMS) proporcionó datos alarmantes sobre este tipo de contaminación en los Estados Unidos; alrededor del 40 % de la población estaba expuesta al ruido del tráfico con un nivel de presión sonora superior a 55 dB(A) durante el día y el 20 % estaban expuestos a niveles superiores a 65 dB(A) durante la noche. Más del 30 % de la población fue expuesta a niveles de presión sonora que exceden los 55 dB(A), lo que ocasiona una perturbación del sueño (WHO, 1999).

Los efectos en la salud humana debido a la exposición al ruido son bien conocidos, la mayoría de éstos son de tipo sensorial como el estrés, alteración del sueño, enfermedad cardiovascular, presión arterial alta, interferencia del habla, deterioro cognitivo, deterioro auditivo, y pérdida de productividad (WHO, 2011).

El aislamiento acústico es una de las técnicas utilizadas en la construcción para reducir los efectos del ruido en la salud humana (Bies *et al.*, 2017). La construcción ha sido acusada de causar problemas ambientales que van desde un consumo excesivo de los recursos mundiales no renovables, tanto en términos de operación y ejecución, hasta la contaminación del medio circundante (INIFED, 2014; Vargas, 2020). La introducción del concepto “sostenibilidad” en el sector de la construcción, ha llevado gradualmente a la producción de materiales absorbentes hechos de materiales naturales o reciclados (Asdrubali *et al.*, 2015), algunos presentes ya en el mercado y otros en etapas tempranas de investigación o producción. Actualmente estos materiales son muy eficientes, además se tienen nuevas composiciones y sus procesos se han investigado, desarrollado y aplicado en consecuencia (Aisyah *et al.*, 2013; El-Kassas Abdel-Hamid, 2013). La crisis del petróleo hizo que los biocompuestos tomaran un significado importante y se han convertido en materiales de ingeniería con una muy amplia gama de propiedades (Faruk *et al.*, 2012).

El bagazo es un residuo fibrovascular que se obtiene de la destilación de jugos fermentados de las piñas de agave. Este está compuesto por fibras, médula y residuos líquidos cuya calidad no permite su reincorporación al proceso de mezcal, por lo que es acumulado gradualmente en las mezcaleras y posteriormente es enviado a los campos de cultivo donde se vierten grandes volúmenes debido a la falta de espacios y procedimientos para confinar y tratarlo. En



menor cantidad se utiliza en las comunidades aledañas como combustible doméstico para la cocción de alimentos, forraje para animales, entre otros usos (Martínez *et al.*, 2013).

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el 2015 el estado de Oaxaca contaba con 7748.26 ha sembradas con agave mezcalero, con una superficie cosechada de 1199 ha, equivalentes a 72704.67 t de agave. Con el volumen cosechado se desecharon 17277.59 t de bagazo, es decir, por ha cosechada se obtuvieron 14.41 t de bagazo (SIAP, 2015; Martínez *et al.*, 2013).

La demanda de tableros de fibra de densidad media y densidad alta (MDF y HDF) está aumentando en muchas regiones del mundo (El-Kassas y Abdel-Hamid, 2013). Las fibras de madera refinadas son comúnmente empleadas como materia prima para la producción de estos paneles; sin embargo, la falta de material de madera en bruto, especialmente en países con deficiencia de madera, ha animado a las investigaciones sobre el uso de fibras vegetales para producir paneles compuestos no estructurales (Aisyah *et al.*, 2013; Biswas *et al.*, 2011; Fiorelli *et al.*, 2012). Por otra parte, también se ha combinado la biomasa de residuos con fibras de madera para la fabricación de paneles compuestos (Khalil *et al.*, 2010a).

El objetivo de este trabajo fue diseñar un panel modular biocompuesto desde el punto de vista acústico, usando como matriz resina biodegradable y reforzado con fibras de *Agave angustifolia* Haw para su uso en la industria de la construcción, considerándose dicho compuesto como una alternativa viable para sustituir materiales convencionales.

## **Materiales y Métodos**

El experimento se llevó a cabo en el año de 2017, en las instalaciones de la empresa “Colectivo Bagatech SPR de RL de CV”, en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR- Oaxaca-IPN) y en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET- UNAM). Se colectó bagazo de agave en la comunidad de Teotitlán del Valle, municipio perteneciente al distrito de Tlacolula en el estado de Oaxaca, México.

Esta investigación involucró tres fases: fase 1, determinación de densidades y pesos específicos de las fibras de agave a utilizar, fase 2, elaboración y selección de la mezcla óptima

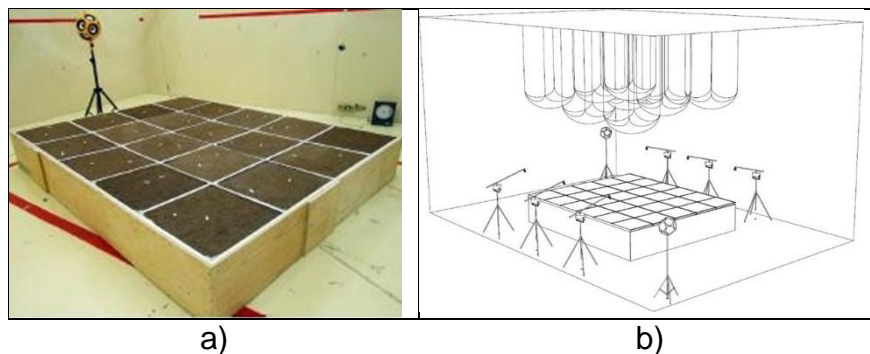




para la fabricación de paneles modulares, y la fase 3, evaluación del coeficiente de absorción acústica del panel modular. Todo lo anterior con el objetivo de obtener el conocimiento para desarrollar y caracterizar un panel modular biocompuesto, con fibras del bagazo cocido de agave, un polímero artificial y uno natural.

### **Fase 1. Determinación de densidades y pesos específicos de las fibras de agave.**

Se utilizó bagazo cocido de agave, el cual se obtuvo en un palenque artesanal llamado “Don Agave”, localizado en la carretera internacional km. 26.5 en el municipio de Teotitlán del Valle, Tlacolula, Oaxaca, México (Fig. 1).



**Figura 1. a) Montaje especial de las muestras y b) muestras en Cámara Reverberante.**

Con base en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985, correspondiente a residuos sólidos municipales, muestreo y método de cuarteo, se forma un montón sobre una superficie plana horizontal (4 x 4 m) de cemento pulido o similar y bajo techo. El montón, de residuos sólidos, se traspalea con pala y/o bieldo, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D. Se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg de residuos sólidos, en los cuales se hace una selección de subproductos de acuerdo a la Norma NMX-AA-022. De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 kg aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, fisicoquímicos y biológicos, además se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos “*In situ*” según Norma Oficial Mexicana NOM-AA-019-1985. El bagazo cocido de agave se trasladó y se extendió sobre una superficie plana bajo un invernadero para evitar la incidencia directa de los rayos solares sobre el material y se dejó secar bajo las condiciones ambientales del lugar, a una temperatura promedio de 30°C con



una humedad relativa de 25% durante 30 días o hasta alcanzar 4% de humedad. Las fibras se seleccionaron manualmente, separando una por una, y eliminando los residuos no deseados. Se seleccionaron las fibras útiles, ya que durante el proceso de molienda artesanal de los palenques mezcaleros quedan pedazos grandes de piña de agave, debido a que no se lograron machacar de una manera uniforme.

Para realizar la molienda se utilizó un molino triturador de cuchillas para fibras vegetales modelo especial, con un motor trifásico marca U.S Motors. Potencia 5 HP, 2 polos, velocidad 3600 rpm, 230/460 volts proporcionado por la empresa “Colectivo Bagatech”. Posteriormente la fibra se clasificó por tamaños (20, 30 y 50 No. de malla de tamices).

### **Obtención de las densidades fibras de bagazo de *Agave angustifolia* Haw.**

Se obtuvieron las densidades aparentes de las fibras de bagazo, fibra corta (FC), fibra mediana (FM) y fibra larga (FL), principalmente para el diseño de mezclas, el cual consistió en obtener la relación entre el peso seco suelto del material y su volumen, incluidos todos los poros (saturables y no saturables) con unidades  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{g/cm}^3$ . Para esta prueba se empleó un recipiente (molde) del cual se conocía su peso y su volumen, y una báscula digital con precisión de 5 gramos para poder determinar la densidad aparente mediante la relación (Moreno *et al.*, 2007):

$$\rho = \frac{\text{Masa de la fibra}}{\text{Volumen de la fibra}} \quad (1)$$

$\rho$  = Densidad aparente en  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{g/cm}^3$

### **Fase 2. Elaboración y selección de la mezcla óptima**

Se utilizó la resina urea formaldeído (matriz polimérica) fue obtenida en la empresa Poli Resinas Hüttenes Albertus, S.A de C.V., bajo el código de producto PRHA-805 con formaldeído libre bajo, viscosidad brookfield de 250-400 cps, formol libre de 1.3% máximo, pH de 7.5-8.5, densidad de  $1.25 \text{ g/cm}^3$ , y contenido de sólidos de 61-67%. Asimismo, también se utilizó hule natural, adquirido de un productor local, de Tuxtepec, Oaxaca.

El mezclado de los componentes: fibra, matriz polimérica, y agua se realizó en una tina de plástico, utilizando un taladro de piso marca Truper de 5/8”, a una velocidad de 300 rpm por alrededor de 10 minutos o hasta alcanzar una homogeneidad en la mezcla. El vaciado por gravedad se realizó sobre moldes que fueron fabricados en MDF de 12 mm y con medidas de 60 X 60 X 5.0 cm.



El moldeado se hizo por compresión manual aplicando una carga de 100 kg/cm<sup>2</sup>. La fabricación del panel compuesto se realizó en 2 capas para mejorar la compactibilidad del material y así reducir los espacios vacíos de aire. Para el curado del material compuesto, los paneles se dejaron secar bajo un invernadero durante 28 días y bajo las condiciones ambientales del lugar, a temperatura promedio de 30°C con humedad relativa de 25%.

### **Fase 3. Evaluación del coeficiente de absorción acústica del panel modular**

Las mediciones de tiempo de reverberación se efectuaron en tres días diferentes en la Cámara Reverberante del Laboratorio de Acústica y Vibraciones del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM, México., de acuerdo a la norma ASTM C 423. La cámara reverberante está construida con doble muro de concreto, cada muro con un espesor de 30 cm y tiene las siguientes dimensiones: una base de 5.74 m X 8.10 m y una altura de 4.66 m; teniendo un volumen total de 216.66 m<sup>3</sup>.

Las muestras a medir fueron colocadas en la parte superior de un bastidor de 3.05 x 2.45 x 0.40 m., dentro de la Cámara Reverberante, como se muestra en la figura 1a, así como lo indican los puntos 9.1.1 y 9.1.2 de la norma ASTM C 423, la cual, recomienda un área de 6.69 m<sup>2</sup> para las mediciones. Se midió el tiempo de reverberación con la muestra (los paneles montados en el bastidor) como se muestra en la figura 1b. bajo las siguientes condiciones de temperatura y humedad relativa: Temperatura promedio, T = 21°C ( $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ ) y humedad relativa promedio, HR = 58% ( $\Delta HR = 0\%$ ).

El área de absorción sonora equivalente  $A_2$ , de la cámara reverberante conteniendo la muestra se calculó con la fórmula siguiente.

$$A_2 = \frac{55.3V}{cT_2} - 4Vm_2 \quad (2)$$

Donde:

$V$  Es el volumen, en metros cúbicos, de la cámara reverberante vacía

$c$  Es la velocidad de propagación del sonido en el aire, en metros por segundo.

$T_2$  Es el tiempo de reverberación, en segundos, de la cámara reverberante con la muestra del ensayo.

$m_2$  Es el coeficiente de atenuación sonora, en metros recíprocos, calculado de acuerdo con la Norma Internacional ISO 9613-1 empleando las condiciones climáticas de la cámara



reverberante durante la medición. El valor de  $m$  puede calcularse a partir del coeficiente de atenuación,  $\alpha$ , empleado en la Norma Internacional ISO 9613-1 de acuerdo a la fórmula:

$$m = \frac{\alpha}{10 \lg(\epsilon)}$$

A partir de estos tiempos de reverberación, se calcula el área de absorción sonora equivalente a  $A_T$  por medio de la ecuación de Sabine.

$$A_T = A_2 - A_1 = 55,3 V \left( \frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4 V (m_2 - m_1) \quad (3)$$

Donde:

$c_1$  Es la velocidad de propagación del sonido en el aire a la temperatura  $t_1$ .

$c_2$  Es la velocidad de propagación del sonido en el aire a la temperatura  $t_2$ .

Finalmente se obtiene el cálculo del coeficiente de absorción acústica  $\alpha_s$  de un plano absorbente mediante la fórmula:

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S} \quad (4)$$

Donde:

$A_T$  Es el área de absorción sonora equivalente.

$S$  Es área, en metros cuadrados, de la muestra de ensayo.

## Resultados y Discusión

### Densidad de la fibra

Las diferentes fibras de agave obtenidas durante el proceso de selección y acondicionamiento fueron: fibra corta (FC), fibra mediana (FM) y fibra larga (FL). El valor de la densidad aparente del material se incrementa conforme la dimensión de la fibra disminuye, ya que, al ser más pequeña, se acomoda mejor en el recipiente y deja menos espacios de aire (Rodríguez *et al.*, 2010), como se observa en los resultados del cuadro 1, por lo que la fibra que se seleccionó para futuras pruebas de la investigación, fue la fibra (FC) de 10 mm.



**Cuadro 1. Densidad aparente de las fibras de agave.**

Tamaño de fibras	Dimension (mm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
FC	10-12	0.250
FM	23-25	0.150
FL	50	0.100

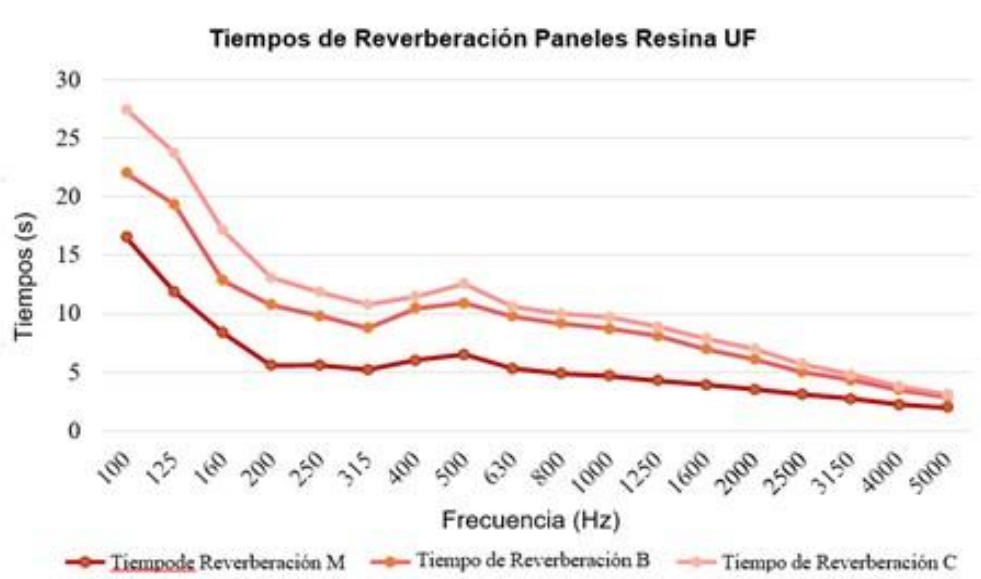
### Mezcla óptima para fabricar el panel modular

Con la fibra corta de 10 mm seleccionada en la fase previa, se realizó la mezcla con una proporción de 1:2 de fibra vs. matriz, la cual fue la que mejor adhesividad y manejabilidad presentó a la hora de producirla, tanto de la matriz sintética (UF) como de la matriz natural (HU).

### Tiempo de reverberación

#### Paneles resina urea formaldehído

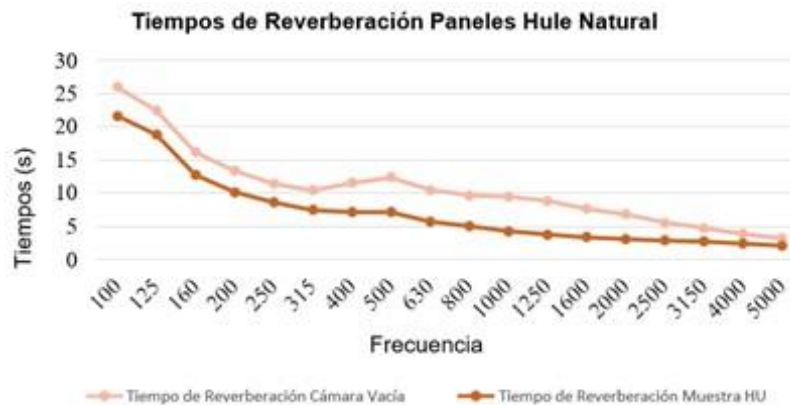
En la figura 2 se pueden observar los resultados de los tiempos de reverberación con tres diferentes condiciones, cámara reverberante vacía, cámara con bastidor y con muestra de urea formaldehído, iniciando con frecuencias desde 100 Hz hasta 5000 Hz, notándose que para las tres condiciones el tiempo de reverberación disminuye si aumenta el valor de la frecuencia.



**Figura 2. Tiempos de reverberación en la Cámara Reverberante, con muestra de resina urea formaldehído (M), cámara con bastidor (B) y con la cámara vacía (C). Paneles hule natural**



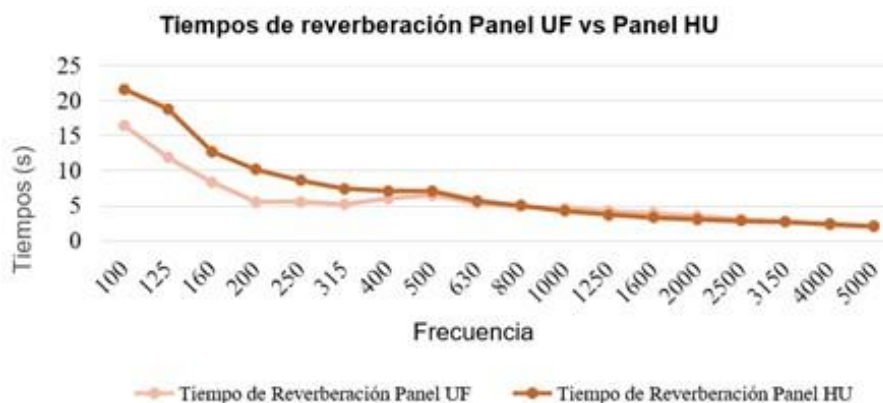
Se midió el tiempo de reverberación de la cámara reverberante vacía y posteriormente con los paneles de hule natural colocados en su interior, obteniéndose resultados de 25.98 segundos para 100 Hz hasta 3.20 segundos para 5000 Hz de frecuencia en la cámara vacía, y 21.685 hasta 2.12 segundos, con los paneles para 100 y 5000 Hz (Figura 3).



**Figura 3. Tiempos de reverberación con las muestras de hule natural (HU) y con la cámara vacía (C).**

#### Tiempos de reverberación Panel UF vs Panel HU

En la figura 4 se muestra la comparativa de los tiempos de reverberación de los paneles de resina urea formaldehido (UF) y los paneles de hule natural (HU), en el rango de frecuencias de 100 a 800 Hz el Panel UF presenta menores tiempos de reverberación y conforme la frecuencia va aumentando el Panel HU presenta menores tiempos de reverberación



**Figura 4. Tiempos de reverberación en Cámara Reverberante con muestras de (UF) y (HU).**



## Cálculo del coeficiente de absorción acústica

### Paneles resina urea formaldehido

El cálculo de los coeficientes de absorción se realiza con los tiempos de reverberación de la cámara vacía y de reverberación con la muestra. Como se utilizó un bastidor para colocar la muestra, el cálculo se realizó considerando los tiempos de reverberación de la cámara con espécimen y bastidor y dos condiciones de cámara vacía: 1) bastidor sin muestra y 2) sin bastidor. De acuerdo al punto 9.1.2 de la norma ASTM C 423, considerar como válidos los valores del coeficiente calculados con cámara vacía con bastidor, los cuales se pueden observar en la gráfica de la Figura 5.

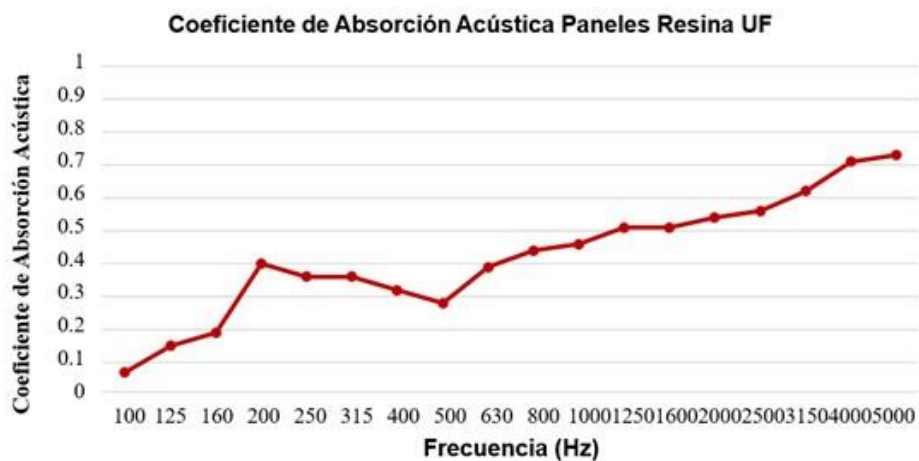


Figura 5. Coeficiente de absorción por 1/3 de octava de paneles, con Cámara Reverberante con bastidor.

### Paneles hule natural

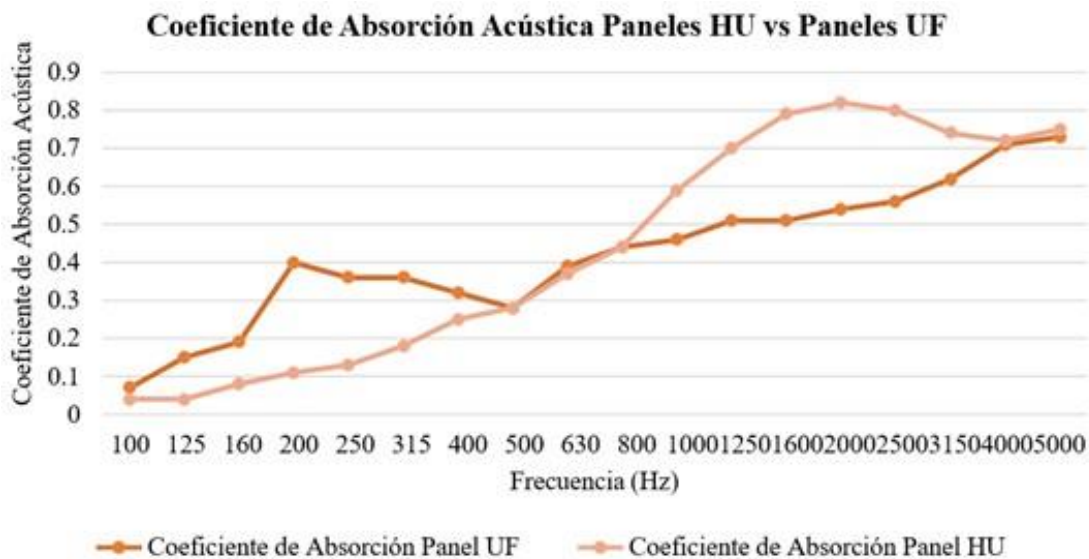
Con los tiempos de reverberación, el volumen de la cámara y el cálculo de la velocidad del sonido, se obtuvieron los coeficientes de absorción acústica con valores de 0.04, 0.82 y 0.75 correspondientes respectivamente a las frecuencias de 100, 2000 y 5000 Hz (Figura 6).



**Figura 6. Medición del coeficiente de absorción acústica por tercios de octava de los paneles bajo la norma ASTM C 423, en la condición de Cámara Reverberante.**

### Absorción Acústica Paneles Resina UF Vs Paneles Hule Natural HU

La Figura 7 muestra los coeficientes de absorción acústica de los paneles de hule natural y los de urea formaldehido. Como anteriormente se mostró en los tiempos de reverberación, en las frecuencias menores el Panel UF presenta mejor absorción acústica, pero si la frecuencia aumenta, el Panel HU presenta un coeficiente de absorción acústica mayor.



**Figura 7. Medición del coeficiente de absorción bajo la norma ASTM C 423.**





## Discusión

Mohanty y Fatima (2015), definen el valor del coeficiente de absorción acústica de paneles de caucho y yute como 0.92 con una frecuencia de 2000 Hz, por otra parte, Vargas (2020), para paneles de poliéster y fibra de coco da un valor de 0.3 en una frecuencia de 1000 Hz. En éste estudio el valor máximo obtenido en paneles de hule natural y fibra de bagazo de agave, fue de 0.82 en una frecuencia de 2000 Hz, considerándose que el panel propuesto está dentro de los rangos obtenidos en otros estudios, éste valor también está dentro de los manejados en materiales comerciales de 0.80, según Armstrong (2017).

## Conclusiones

Con base en el análisis de los resultados de la presente investigación se puede concluir que en cuanto al coeficiente de absorción acústica con respecto al panel UF, el mayor valor alcanzado fue de 0.75 en la frecuencia 5000 Hz donde la longitud de onda es muy pequeña; y con relación al panel HU el valor más alto del coeficiente de absorción acústica se obtuvo en la frecuencia de 2000 Hz, con un valor de 0.82, superando al valor de algunos aislantes acústicos comerciales, lográndose el objetivo de diseñar un panel modular biocompuesto, biodegradable, teniendo la posibilidad de ser utilizado como una alternativa para sustituir los materiales convencionales.

## Literatura Citada

Armstrong. 2017. Cementitious Wood Fiber Products For Ceilings, Walls, and Roof Deck. Course Number: AIA - ArmTEC098 IDCEC. Armstrong Ceilings & Wall Solutions, California USA  
<https://www.armstrongbuildingsolutions.com/content/dam/buildingsolutions/tectum-roof-deck/ceu/tectum-cementitious-wood-fiber-products-ceu.pdf> [Consultado el 27 de agosto de 2021].



- Aisyah, H. A., M. T. Paridah, M.H. Sahri, U. M. K. Anwar, and A. A. Astimar. 2013. Properties of medium density fibreboard (MDF) from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core as function of refining conditions. *Composites Part B: Engineering* 44 (1): 592-596
- Asdrubali, F., F. D'Alessandro and S. Schiavoni. 2015. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies* SUSMAT-00014: 17 p. DOI: 10.1016/j.susmat.2015.05.002
- ASTM C423-17. 2017. Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method, ASTM International, West Conshohocken, PA. DOI: 10.1520/C0423-17. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C423-17> [Consultado el 15 de marzo de 2020].
- Bies, D.A., C. H. Hansen and C.Q. Howard. 2017. *Engineering Noise Control*. Fifth Edition. Boca Raton, CRC Press, Taylor & Francis Group, London, New York. 808 p. ISBN 9781498724050, ISBN 9781498724067
- Biswas, D., S. C. Bose, and M. M. Hossain. 2011. Physical and mechanical properties of urea formaldehyde-bonded particleboard made from bamboo waste. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 31(2):84-87. DOI:10.1016/j.ijadhadh.2010.11.006
- El-Kassas, A., and M. Abdel-Hamid. 2013. Novel fibers preparation technique for manufacturing of rice straw based fiberboards and their characterization. *Materials & Design*. 50: 757–765. DOI: 10.1016/j.matdes.2013.03.057. [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- Faruk, O., A. K. Bledzki, H. Fink, and M. Sain. 2012. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science* 37:1552-1596. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- Fiorelli, J., D. Donizetti C., N. G. Barrero, H. Savastano Jr., E. M. J. Agnolon P. and R. Johnson. 2012. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. *Industrial Crops and Products* 40: 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.033> Get rights and content [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- INIFED (Infraestructura Educativa). 2014. Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. VOLUMEN 3 Habitabilidad y Funcionamiento. TOMO IV Acondicionamiento Acústico. Secretaria de Educación Pública, Gobierno de México. 29 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105400/Tomo4\\_Ac\\_stica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105400/Tomo4_Ac_stica.pdf) [Consultado el 27 de agosto de 2021].



- ISO 9613-1:1993. Acoustics Attenuation of sound during propagation outdoors Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. 1a Ed. Technical Committee: ISO/TC 43/SC 1 pp26. <https://www.iso.org/standard/17426.html> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- Khalil, H. P. S. A., Y. Maulana F., M. Jawaid, A. Mokhtar, R. Ramli, and A. R. Mohamed. 2010a. Development and material properties of new hybrid medium density fibreboard from empty fruit bunch and rubberwood. *Materials and Design*, 31:4229-4236.
- Martínez, G. G. A., Y. D. Ortiz-Hernández, G. Íñiguez C., J. Y. López-Cruz y M. A. Bautista C. 2013. Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 29 (3): 209-216
- Mohanty, A. R. y S. Fatima. 2015. Noise control using green materials. En *Sound and Vibration* Vol. 49 (): 13-15.
- Moreno, M.L.E., E. E. Trujillo y L. R. Osorio. 2007. Estudio de las características físicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. *Scientia et Technica* XIII (34):613-617. Universidad Tecnológica de Pereira. UTP. ISSN 0122-1701
- NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente. Contaminación del suelo. Residuos sólidos municipales. Muestreo método e cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 8 pp. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-015-1985.pdf> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente- Contaminación del suelo- Residuos sólidos municipales. Peso volumétrico *in situ*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 6 pp. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-019-1985.pdf> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente contaminación del suelo residuos sólidos municipales selección y cuantificación de subproductos. Dirección General de Normas. 7 pp <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- Rodríguez M. R., E. G. Alcántar G., G. Íñiguez C., F. Zamora N., P- M. García L., M.A. Ruíz y E. Salcedo P. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia* 35(7):515-520. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/515-c-RODR%C3%8DGUEZ-MAC%C3%8DAS-7.pdf>



- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015 Producción Agrícola por estado: Oaxaca. Acciones y Programas. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- Vargas, G. A. C. 2020. Materiales naturales alternativos a la fibra de vidrio en los PRFV en función de su aislamiento acústico. Monografía para Especialización. Fundación Universidad de América, Facultad de Educación Permanente y Avanzada, Especialización en Gestión Ambiental, Bogotá D.C., Colombia. 76 p.
- WHO (World Health Organization). 2011. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office, WHO Regional Office for Europe. ISBN: 978 92 890 0229 5. 126 pp [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/136466/e94888.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf) [Consultado el 27 de agosto de 2021].
- WHO (World Health Organization). 1999. Guidelines for community noise. Geneva, (<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>, accessed 21 July 2020). Edited by Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela. <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf> [Consultado el 27 de agosto de 2021].



# APROXIMACIÓN TEÓRICA PARA ANALIZAR LA VULNERABILIDAD SOCIOECOLÓGICA Y TRANSFORMACIÓN DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS EN PEQUEÑA ESCALA

*Liliana Huitrón Gutiérrez<sup>1</sup>, Julieta Gertrudis Estrada Flores<sup>1</sup>, León Gildardo Velázquez Beltrán<sup>2</sup> y Luis Brunett Pérez<sup>1</sup>*

---

## Resumen

La producción agropecuaria implica riesgos, el cambio climático en años recientes ha aumentado la posibilidad de desastres ambientales, incrementando el riesgo productivo, principalmente en las unidades de producción en pequeña escala (UPPE). Las cuales, son vulnerables por su alta dependencia hacia los recursos naturales. Por consiguiente, es necesario estudiar la vulnerabilidad agropecuaria desde diferentes ópticas, para generar soluciones de prevención y mitigación de los impactos ambientales en la producción de alimentos. El objetivo del trabajo es distinguir las principales aportaciones: teóricas conceptuales y metodológicas del enfoque de socioecosistemas, para analizar la vulnerabilidad, resiliencia y transformación de los sistemas agropecuarios. La vulnerabilidad agropecuaria se estudia desde sus tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Los estudios de vulnerabilidad son la fase diagnóstica en el análisis de los sistemas agropecuarios, después la resiliencia y por último la transformación. Para ello, el enfoque de socioecosistemas es una propuesta útil para abordar la vulnerabilidad desde la dimensión social y ambiental, integrando en el análisis el componente productivo. En conclusión, las propuestas teórico-conceptuales y metodológicas de la vulnerabilidad socioecológica permiten estimar de manera multidimensional y multidisciplinar a los sistemas agropecuarios a nivel local. La capacidad adaptativa es el componente de la vulnerabilidad que permite estimar la resiliencia e identificar la transformación de los sistemas agropecuarios.

---

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. UAEMEX. Autor por correspondencia: lilianahuitrong@hotmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAEMEX.



**Palabras clave:** resiliencia, exposición, sensibilidad, riesgo, capacidad adaptativa

## Introducción

En años recientes el nivel de riesgo de los sistemas agropecuarios se ha visto incrementado, situación que se atribuye principalmente a cambios climáticos y manejo inadecuado de los recursos naturales, al mismo tiempo, se suma el incremento de fenómenos sociales (pobreza, crecimiento poblacional, marginación, crimen organizado), aumentando la condición de sensibilidad de las personas dedicadas a la producción agrícola o pecuaria. Ante este escenario, las unidades de producción en pequeña escala (UPPE), a nivel mundial son el sector más vulnerable, debido a que, los recursos naturales son de acceso cada vez más restringido y se tienen que compartir, distribuir o vender, en el mejor de los casos, entre el mismo número de individuos. Con lo anterior se observa que, si los recursos son limitados, la vulnerabilidad de las unidades se incrementa, ante el alto nivel de dependencia que tienen hacia el ambiente (Altieri y Nicholls 2013; Rajesh *et al.*, 2018)

El estudio de la vulnerabilidad requiere un abordaje desde diferentes ópticas y disciplinas. Para entender su actuar en los sistemas agropecuarios, se necesita un enfoque integral que incluya componentes sociales y ambientales, ya que la interacción de sus elementos permite producir alimentos. En la última década problemáticas ambientales y productivas se han abordado desde el enfoque socioecológico, es decir, socioecosistemas (SSE) por su visión integral sociedad-naturaleza (Folke *et al.*, 2016; Preiser *et al.*, 2018). Desde esta perspectiva socioecosistémica la vulnerabilidad se entiende como: “el nivel de sensibilidad de un sistema socioecológico que está propenso a experimentar daños debido a perturbaciones o estreses y su capacidad de responder y recuperarse de los impactos del evento” (Rios *et al.*, 2015). La capacidad de hacer frente a una amenaza es lo que hace vulnerable o no, a un socioecosistema. Se consideran tres parámetros generales para medirla: *exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa*, mismos que son componentes principales de la vulnerabilidad (Adger, 2006; Taylor 2013).

La conjugación de tres componentes principales generan condiciones de vulnerabilidad en una persona o grupo, primera *exposición*: grado de estrés sobre una unidad de análisis particular,



segunda: *sensibilidad*: grado en que un sistema, personas, grupo o especies se ven afectados por el clima positiva o negativamente (Adger, 2006) y tercero, *capacidad de adaptación* opciones y estrategias generadas para finalizar, mitigar o adaptarse a los riesgos ambientales y sociales (Taylor, 2013). Cuando los factores que generan la vulnerabilidad implican condiciones sociales, geográficas y ambientales, como componente principal, se refiere a *vulnerabilidad socioecológica* (Ostrom, 2009; Reyna *et al.*, 2018).

La vulnerabilidad socioecológica se ha estudiado desde dos enfoques; el natural (riesgo de los ecosistemas) y el social (riesgo y desigualdad de los grupos humanos), también llamado vulnerabilidad social (Kwabena *et al.*, 2015). Cada enfoque permite analizar componentes y proponer índices o indicadores para medir efectos específicos. Sin embargo, la vulnerabilidad agropecuaria ha sido abordada por organismos oficiales principalmente, con el fin de, dar un panorama cuantitativo del sector. En la academia se estudia desde la comunidad o espacio rural con enfoque social, o separando lo agrícola (riesgo en cultivos) de lo pecuario (riesgo en producción animal), con escasa presencia de temáticas conjuntas y falta de información en la materia (Baquero, 2017).

Por lo tanto, es necesario ampliar la información para estimar la vulnerabilidad socioecológica en sistemas agropecuarios a nivel local. No existe un marco teórico y conceptual claro, que permita seleccionar indicadores y variables socio-ambientales con robustez, validez y relevancia que arrojen resultados acordes a la realidad, con el fin de, identificar quién o quiénes presentan condiciones de vulnerabilidad en el medio rural y en los procesos productivos. Así mismo, conocer la nueva gama de riesgo y amenazas que enfrentan y/o afrontan las unidades agropecuarias y comunidades rurales, que al superarlas permiten su permanencia y transformación. (Baggio y Calderón, 2017; Urquiza y Cardenas, 2015). Es decir, superar los estados de vulnerabilidad genera sistemas resilientes que pueden gestionar de forma eficiente perturbaciones y a su vez transformar el sistema (Tittonell, 2014).

Para ello, es necesario identificar elementos teórico-conceptuales y metodológicos claves, que permitan entender el proceso de transformación de los sistemas agropecuarios con vulnerabilidad socioecológica. Como conceptos del marco de los socioecosistemas, también entender la vulnerabilidad y resiliencia como elementos clave para la transformación de los SSE, comprender el enlace entre los sistemas agropecuarios con los socioecosistemas. Con



el fin de identificar los aportes que permitan construir una propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad socioecológica en sistemas agropecuarios a nivel local.

### **Vulnerabilidad, resiliencia y transformación**

Los sistemas socioecológicos se encuentran en estrés constante, *regulares* (sucesos constantes que forman parte de la dinámica continua) o *extraordinarias* (ocasionales y ajenos al sistema). Las regulares son con las que lidia continuamente el sistema y tiende a reorganizarse sin modificar su objetivo y función; las extraordinarias en general son perturbaciones intensas (ejem. muerte o pérdida total), donde el sistema busca otra función y objetivo, cambiando sus propiedades esenciales rebasa los límites de la resiliencia y tiene dos opciones de transformación: positivas o negativas (Holling, 1973; Salas *et al.*, 2012).

Las perturbaciones por factores climáticos: (lluvia intensa, fuertes vientos, largas heladas, prolongadas sequías, olas de calor), cada vez se presentan con mayor intensidad y frecuencia. Convirtiéndose en amenazas cuando aumenta la posibilidad de generar desequilibrios el sistema, causando incertidumbre y descontrol, alejando a la familia de la seguridad y bienestar cotidianos, poniendo en riesgo los diferentes recursos con que cuenta, reduciendo la capacidad-. La vulnerabilidad es “el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático” (Adger, 2006). Es un fenómeno multifactorial, resultado de la interacción de diferentes elementos, con el factor de estrés que impacta de manera desigual entre los diferentes sectores de la población (Rajesh *et al.*, 2018; Urquiza y Cárdenas, 2015).

Existen tres componentes de la vulnerabilidad que son: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, la estimación o medición de estos permite conocer los niveles de impacto generados por una perturbación en un individuo, grupo o sistemas. 1) Exposición: “es la naturaleza y el grado en que un sistema experimenta estrés ambiental” (Adger, 2006). Puede estar representada por cambios en las condiciones internas o externas. Sus características incluyen magnitud, frecuencia, duración y extensión del peligro. El nivel de exposición se relaciona con las características ambientales y geográficas, es decir, con elementos externos del sistema. 2) La sensibilidad “es el grado en que un sistema se modifica o afecta por perturbaciones” (Adger, 2006), positiva o negativamente por el clima. Se relaciona con las variables sociales, es decir, indican quién o quiénes son sensibles y presentan alta probabilidad de ser afectados. 3) La capacidad de adaptación “es la habilidad del sistema para





reducir impactos negativos y recuperarse” (Balvanera *et al.*, 2017). Es una condición donde las personas, los hogares y las poblaciones tienen opciones necesarias para finalizar, mitigar o adaptarse a los riesgos ambientales y sociales, reduciendo significativamente su vulnerabilidad (Matewos, 2020).

La exposición y la sensibilidad en conjunto indican el grado de afectación que puede llegar a tener un sistema. Por consiguiente, no debe verse como elementos separados dado que están entrelazados, guardan una estrecha relación, se complementan y retroalimentan en ocasiones con el factor riesgo (Balvanera *et al.*, 2017; Brown *et al.*, 2016). En contraste, con la capacidad de adaptación que indica resistencia, subsistencia, sobrevivencia, adaptación y transformación. Porque, garantizar el flujo ininterrumpido de energía, materiales, bienes y servicios al sistema (Baggio y Calderón, 2017; Urquiza y Cárdenas, 2015).

El análisis de la capacidad adaptativa se debe hacer en tres etapas de tiempo: en pasado: en su capacidad de respuesta ante el fenómeno; en presente la capacidad de acción y en futuro hacia diferentes escenarios. Es una característica fundamental en los sistemas socioecológicos y resilientes, cuya vulnerabilidad es intrínseca por su exposición a factores sociales y ambientales (Preiser *et al.*, 2018). Otra característica fundamental de los socioecosistemas es la *resiliencia*. Algunos trabajos la consideran como la antítesis de la vulnerabilidad, porque su función es opuesta, es un indicador dinámico del comportamiento de un socioecosistema después de sufrir una perturbación y tiene la capacidad de regenerar el sistema (Ashkenazy *et al.*, 2018; Baggio y Calderón, 2017). Es elemento clave para entender la vulnerabilidad, siendo el punto intermedio entre la vulnerabilidad y la transformación, la resiliencia es el conector de ambos estados, permitiendo la transición. Los estados resilientes pueden ser varios, un sistema puede pasar de un estado de menor resiliencia a otro, cada vez que logran superar las pequeñas y constantes perturbaciones y acoplarse a los cambios; por lo tanto, amplían sus umbrales e incrementan la zona resiliente (Ashkenazy *et al.*, 2018; Folke *et al.*, 2016).

La resiliencia mantiene la estabilidad durante el proceso de cambio, evitando que el sistema exceda los umbrales críticos, que lo llevarían a estados de quiebre si se sobrepasan. Rebasar el umbral inferior genera un impacto significativo, pero no una transformación, si se traspasa el umbral superior la capacidad de afrontamiento supera el límite, por lo que, el sistema no es capaz de recuperarse independientemente de sus recursos, alterando de manera permanente



al sistema. Existen eventos que llevan al sistema hacia sus umbrales de afrontamiento, si se rebasan, no se hay retroceso o recuperación. (Ashkenazy *et al.*, 2018; Folke *et al.*, 2016; Preiser *et al.*, 2018). La mayoría de las producciones de pequeña escala se acercan a los umbrales de tolerancia, entrando en constante estado de vulnerabilidad, el cual, puede ser tolerado, reducido y gestionado por el sistema. Es decir, tienden a estar dentro de un punto de equilibrio o a encontrar varios estados de equilibrio. Cuando se acercan al umbral superior, es cuando sufren algún impacto o perturbación poco común que rebasa su punto de inflexión; por lo tanto, son sistemas en desequilibrio, en un proceso de cambio dinámico. (Petrosillo *et al.*, 2015; Rathe, 2017).

### **Estimación de la vulnerabilidad socioecológica en sistemas agropecuarios**

Los agricultores son altamente vulnerables al cambio climático (Jamshidi *et al.*, 2019). En los últimos diez años, los factores de estrés climáticos se han vuelto constantes e intensos, (existiendo la posibilidad que en el futuro incrementen y se magnifiquen), generando un impacto negativo en los cultivos, debido a la variabilidad de humedad, lluvia, viento, hielo, temperatura, evitando que los agricultores puedan planificar las actividades agropecuarias, con base a sus estrategias tradicionales de prevención y afrontamiento. Dicha problemática, afecta su capacidad productiva, resultando en una baja productividad que trasciende a otros subsistemas y pone en riesgo el auto abasto de alimentos y la seguridad alimentaria de las UPPE, cuya autosuficiencia hasta hoy les ha permitido subsistir en el medio rural (Mubiru *et al.*, 2018).

Desde su origen la agricultura ha sido una actividad con riesgo constante. En la actualidad ser campesino implica vivir todos los días bajo incertidumbre, la posibilidad de pérdida productiva siempre está presente, reduciendo la seguridad de tener alimento para la familia y el ganado. (Kwabena *et al.*, 2015). No obstante, son los pequeños productores los que producen de manera sustentable, además de producir alimentos inocuos, saludables y con alto valor nutrimental, conservando su gama de recursos, lo que los lleva a trascender dentro del medio rural (Altieri y Nicholls, 2013; Ostrom, 2009).

Los sistemas agropecuarios pueden diferir en sus objetivos, escalas, estrategias productivas, tipos de producción, pero no en sus interacciones socioambientales, dado que, todos los sistemas trabajan bajo procesos productivos que implican la interacción del hombre con el ambiente. Las interacciones van a variar de sistema en sistema. Pero, las interacciones son



constantes. Debido a, que tienen un tienen un manejo socioecológico, derivado de sistema social y el sistema ambiental donde se desarrolla la producción. Producir plantas y animales, es una estrategia socioecológica, generada por los integrantes del sistema social a partir del acceso a los recursos naturales y la gama de conocimientos que poseen. Con base, en trabajo individual o colectivo y decisiones derivadas de experiencia personal y colectiva, para manejar, gestionar y utilizar los recursos inmersos en los procesos productivos. Implementar estrategias productivas implica tomar las mejores decisiones, basado en el sistema de creencias colectivo, en la práctica y experiencias personales, decidir en ausencia de los elementos previos, puede conllevar decisiones erróneas o menos adecuadas, y orillar al sistema a entrar en un estado vulnerable (Salas *et al.*, 2012)

El ser humano necesita buscar el bienestar y sentirse seguro reduciendo al máximo su grado de vulnerabilidad. Por consiguiente, es necesario conocer el grado de estrés que existe sobre las unidades de análisis en particular, así como el grado de afectación positiva o negativa que el clima ejerce sobre un sistema, especies o personas y dar opciones necesarias para finalizar, mitigar o adaptarse a los riesgos ambientales y sociales, se necesita conocer la sensibilidad y la capacidad adaptativa. Estos elementos en conjunto permiten hacer un acercamiento o estimación del grado de vulnerabilidad que presenta un sistema (Adger, 2006; Taylor, 2013; Kwabena *et al.*, 2015).

Estudios previos sobre vulnerabilidad se han enfocado principalmente en escalas regionales, dado que, los modelos e información sobre variación climática solo están disponibles a escalas estatales, nacionales o mundiales. A nivel local las aportaciones son escasas, por lo que, metodológicamente se tienen menos elementos para poder evaluar de manera integral y acertada la vulnerabilidad en escalas pequeñas, debido a que, los aportes metodológicos existentes no siempre son aplicables en otras escalas, dada la posibilidad de existir sesgo en los resultados. Por ello, es importante generar conocimiento que permita llenar vacíos de información y proponer herramientas de evaluación eficientes, la estimación en escalas locales, permite aportar detalles específicos y mediciones más efectivas (Adu *et al.*, 2018).

En general, los modelos para estimar la vulnerabilidad aportan información a nivel nacional y mundial, excluyendo escalas locales. Dificultando acceder a información relevante, que permita generar nueva información sobre los factores de riesgo de las producciones en pequeña escala. La ausencia de datos vuelve más complicado el proceso, por la variabilidad



de características socioeconómicas presentes en las unidades de análisis. (Adu *et al.*, 2018; Jamshidi *et al.*, 2019).

La vulnerabilidad es un fenómeno no observable, que opera en múltiples escalas espaciales y temporales, se presenta de forma diferente: de forma gradual o intermitente, en períodos cortos o largos. En consecuencia, es complejo proponer herramientas metodológicas para su estimación. Dada su condición dinámica, que cambia de estado en un tiempo indeterminado (Rios *et al.*, 2015). Por ello, cada marco teórico-metodológico, deberá adaptarse al contexto estudiado, desarrollando una gama de diferentes conceptos y enfoques, en donde, no existe una metodología universal para medir y estimar la vulnerabilidad (Lampis *et al.*, 2013).

Medir vulnerabilidad desde cualquier perspectiva no ha resultado fácil; las formas y técnicas de evaluación pueden arrojar diferentes resultados del mismo fenómeno, por eso, es importante considerar y delimitar desde un inicio, los alcances, propósitos y escala del estudio. Así mismo, las variables, categorías y factores, se deben definir, con base en, la función que se tiene dentro del estudio y la manera en que se van a analizar. Los estudios se pueden contraponer en resultados dependiendo las unidades y categorías de análisis. por ello, es importante establecer criterios de selección y tiempo. Dado que, los sistemas socioecológicos son vulnerables por lapsos de tiempo. Es necesario considerar que el estado de vulnerabilidad no es una constante (Mekonnen *et al.*, 2019).

Los aportes metodológicos en común se reducen a encontrar variables geográficas, ambientales y sociales relacionadas a un cambio o perturbación existente, con tiempo y espacio específicos y sintetizados en indicadores o en un índice de vulnerabilidad. Proceso que debe ser previamente documentado y alimentado de datos primarios y secundarios. A fin de, visualizar escenarios futuros donde se generen las condiciones necesarias para afrontar el cambio climático. Mediante monitorear condiciones preexistentes, identificar condiciones de riesgo, modelar escenarios futuros y crear sistemas de alerta temprana (Gibb, 2017; Metcalf *et al.*, 2015)

La síntesis previa del proceso para la estimación podría conceptualizar el trabajo muy simple, pero el manejo de múltiples variables, con naturaleza diversa y perteneciente a diferentes componentes, hace que su medición sea un proceso complejo. Por ejemplo, el factor tiempo: impacta en la variabilidad de la exposición y la sensibilidad, modificando las condiciones de riesgo, por lo tanto, los resultados cambian dependiendo del momento de recolección de datos



y el momento histórico en que se presenta el fenómeno. Las variables cambian si el socioecosistema se encuentra en proceso de transición o en estados críticos (después de ser perturbado), dado que el juego e interacción de variables tienden a ser distintas por el tiempo en el que se realiza el estudio (Brown *et al.*, 2016). Otras variables implícitas pueden ser de corto o largo plazo. Las ambientales son de corto plazo; las sociales mediano y las geográficas largo, debido a que sus condiciones no cambian momentáneamente, permanecen estables por largos intervalos de tiempo. Ellas son las que proporcionan estabilidad, en contraste, con las ambientales que producen la mayoría de las perturbaciones sistémicas. Por lo tanto, el análisis debe ser diferente (Dunford *et al.*, 2015).

El socioecosistema en estado vulnerable tiene que ser estudiado a través de las interacciones dadas con otros fenómenos para determinar su comportamiento. Por consiguiente, es necesaria una adecuada selección de variables. Con base, al peso que tienen para cumplir el objetivo de la investigación y la disponibilidad de los datos. Identificando las que tienen mayor control en el sistema o presentan mayor estabilidad, si las variables control llegasen a desestabilizarse pueden hacer inestable al sistema (Baggio y Calderón, 2017). Se deben identificar variables que elevan la vulnerabilidad de los sistemas. Porque, con base en ellas se generan estrategias, políticas públicas o planes a futuro, que les permitan prepararse y adaptarse mejor a los cambios climáticos a largo plazo. La mayoría de las estrategias agropecuarias y socioecológicas no están documentadas. Es importante su registro, para ser compartidas y aplicadas con otros productores (Mubiru *et al.*, 2018).

Estimar un sistema agropecuario con manejo socioecológico, implica seleccionar variables que integren los procesos productivos con la vulnerabilidad, con el fin de, demostrar la dinámica e integración generada entre componentes (sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa), dimensiones (social y ambiental) y procesos (agrícolas, pecuarios, forestales o acuícolas). Para identificar el estado de transición en un sistema vulnerado, se deben contemplar una segunda estimación, que integre indicadores de resiliencia (cambios del sistema), que permitan medir procesos dinámicos e identificar el nivel de resiliencia y/o transformación (Dunford *et al.*, 2015; Urquiza y Cardenas, 2015). La doble estimación permite obtener un panorama más amplio del estado de los socioecosistemas.

El análisis de los resultados puede ser mediante métodos diversos, la propuesta con mayor frecuencia ha sido *análisis de componentes o factorial*: un panel de expertos o el grupo de



investigación determina el peso que cada componente tendrá en el valor total, dependiendo la importancia que éste tenga dentro de la investigación (aplicarlo es complicado por la dificultad que implica llegar a un acuerdo), *ponderaciones iguales o pesos iguales*; se da el mismo valor, ya sea, a las variables, a los indicadores o a los componentes, cada uno contribuye con el mismo peso al valor final se considera un proceso subjetivo, dado que, por la particularidad de los estudios no todos los componentes influyen o impactan la misma manera (Wiréhn *et al.*, 2015).

### **Sistema resilientes y transformación**

La capacidad de adaptación crea sistemas resilientes. La resiliencia actúa en dos dimensiones la primera permite la resistencia a las perturbaciones y la segunda la recuperación del sistema (Tittonell, 2014). Los sistemas resilientes por lo general persisten, se recuperan y transforman ante una perturbación y los otros pueden experimentar daños irreversibles, causando un efecto severo en la estabilidad o desaparecen. Las perturbaciones pueden actuar a favor del sistema porque actuando como fuente de oportunidades permitiendo un cambio transformador. Los productores reevalúan sus posibilidades las cambian o combinan con otras generando mejoras al sistema (Ashkenazy *et al.*, 2018). Los sistemas pasan por procesos para alcanzar la transformación, primero son sistemas vulnerables, después resilientes y por último pueden alcanzar la transformación y si no solo su permanencia. Es decir, la vulnerabilidad es una condición previa y el elemento clave para que los sistemas generen resiliencia y transiten a otros estados. Para conocer la resiliencia de los sistemas agropecuarios, se analiza la capacidad de adaptación ante las perturbaciones, dicho análisis también permite identificar la transformación en los sistemas (Isaacs *et al.*, 2017).

### **Conclusiones**

Los elementos teóricos conceptuales para entender la vulnerabilidad son sus componentes: exposición sensibilidad y capacidad adaptativa.

Los componentes de vulnerabilidad integrados a la dimensión social y ambiental generan la “vulnerabilidad socioecológica”; la cual, es una herramienta útil para estimar sistemas agropecuarios a pequeña escala de manera multidimensional y multidisciplinar.



La herramienta metodológica, que permite estimar la vulnerabilidad socioecológica y conocer la resiliencia de los sistemas agropecuarios a nivel local. Es donde se construyen indicadores integrados por componentes (sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa), dimensiones (social y ambiental) y procesos (agrícolas, pecuarios, forestales o acuícolas). Dando el peso requerido a cada indicador con base al objetivo planteado y alimentando los indicadores principalmente con información de fuentes primas.

Se necesita una doble estimación para conocer la resiliencia de los sistemas agropecuarios. Se realiza integrando indicadores de resiliencia a la capacidad de adaptación.

### **Agradecimientos**

Al CONACYT por el apoyo a través de la beca para estudios de doctorado y a la DGETAYCM por el apoyo brindado para la investigación

### **Literatura Citada**

- Adger, W. N. 2006. Vulnerability. *Glob. Environ. Chang.* 16:268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006> [consultado el 12 de marzo 2020].
- Adu, D.T., J. K. M. Kuwornu, H. Anim-Somuah and N. Sasaki. 2018. Application of livelihood vulnerability index in assessing smallholder maize farming households vulnerability to climate change in Brong-Ahafo region of Ghana. *Kasetsart J. Soc. Sci.* 39:22–32. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.06.009> [Consultado 21 de abril de 2021).
- Altieri, M.A. y C.I. Nicholls. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8:7–20.
- Ashkenazy, A., T. Calvão Chebach, K. Knickel, S. Peter, B. Horowitz and R. Offenbach. 2018. Operationalising resilience in farms and rural regions-Findings from fourteen case studies. *J. Rural Stud.* 59:211–231.
- Baggio, J. y C.R. Calderón. 2017. *Socioecosistemas y resiliencia. Fundamentos para un marco analítico en Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio.* 1ª ed. Universidad Autónoma Metropolitana, México.



- Balvanera, P., M. Astier, F. D. Gurri e I. Zermeño. 2017. Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Rev. Mex. Biodivers.* <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005> [Consultado 12 de marzo de 2020]
- Baquero, J., 2017. Vulnerabilidad socioecológica y socioeconómica en cadenas de valor agrícola. El caso de la producción del plátano en Colombia. *Rev. Latinoam. Estud. Rural.* 2:96–128.
- Brown, B.J.R., D. Kluck, C. Mcnutt and M. Hayes. 2016. Assessing Drought Vulnerability Using a Socioecological Framework *Rangelands* 38:162–168. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2016.06.007> [Consultado el 23 de abril de 2020].
- Dunford, R., P. A. Harrison and J. Jäger. 2015. Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Clim. Change* 128: 339–354. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1162-8> [Consultado 24 de abril 2020].
- Folke, C., R. Biggs, A. V. Norström, B. Reyers and J. Rockström. 2016. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecol. Soc.* 21. <https://doi.org/10.5751/ES-08748-210341> [Consultado 17 de enero de 2021]
- Gibb, C., 2017. A critical analysis of vulnerability. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 28. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.11.007> [Consultado 17 de enero de 2021]
- Holling, C.S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:1–23.
- Isaacs S. N., N. Roman and S. Savahl. 2017. An exploration of the family resilience needs of a rural community in South Africa: A sequential explanatory mixed methodological study design. *Curr Psychol* <https://doi.org/10.1007/s12144-017-9722-5> [Consultado el 06 de mayo de 2020].
- Jamshidi, O., A. Asadi, K. Kalantari, H. Azadi and J. Scheffran. 2019. Vulnerability to climate change of smallholder farmers in the Hamadan province, Iran. *Clim. Risk Manag.* 23: 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.06.002> [Consultado 28 de mayo de 2020].
- Kwabena, E., J. D. Boakye, A. Barima, L. Kofi, D. Mensah, Y. Agyeman *et al.*, 2015. Community vulnerability assessment index for flood prone savannah agro-ecological zone: A case study of Wa West District, Ghana. *Weather and Climate Extremes* 10:56–69
- Lampis, A., 2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuad. Geogr.* 22: 17–33. <https://doi.org/DOI:10.15446/rcdg> [Consultado 18 de enero 2020].





- Matewos, T. 2020. Climate Risk Management The state of local adaptive capacity to climate change in drought- prone districts of rural Sidama, southern Ethiopia. *Clim. Risk Manag.* 27: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100209> [Consultado el 23 de febrero de 2020].
- Metcalf, S.J., E. I. Putten, S. Van Frusher, N. A. Marshall, M. Tull and M. Haward. 2015. Measuring the vulnerability of marine social-ecological systems: a prerequisite for the identification of climate change adaptations. *Ecology and Society* 20 (2):23-35.
- Mekonnen, Z., Woldeamanuel, T and H. Kassa. 2019. Socio-ecological vulnerability to climate change/variability in central rift valley, Ethiopia. *Advances in Climate Change*, 10:9-20.
- Mubiru, D.N., M. Radeny, F. B. Kyazze, A. Zziwa, J. Lwasa, J. Kinyangi *et al.*, 2018. Climate trends, risks and coping strategies in smallholder farming systems in Uganda". *Clim. Risk Manag.*, 22:4–21.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* (80):325: 419–422.
- Petrosillo I., R. Aretano and G. Zurlini. 2015. Socioecological Systems, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier. University of Salento, Lecce, Italy. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.09518-X [Consultado el 19 de junio de 2020].
- Preiser, R., R. Biggs, A. Vos and C. Folke. 2018. Social-ecological systems as complex adaptive systems: organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, 23 (4): 31-46.
- Rajesh, S., S. Jain and P. Sharma. 2018. Inherent vulnerability assessment of rural households based on socio-economic indicators using categorical principal component analysis: A case study of Kimsar region, Uttarakhand. *Ecol. Indic.* 85:93–104. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.014> [Consultado el 07 de abril de 2020].
- Rathe, L. 2017. La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos. *Utopía y Prax. Latinoamericana*, 22:65–78.
- Reyna F. M., A. Espinoza, G. Seingier, L. Ortiz e I. Espejel. 2018. De la evaluación ecológica a la socio-ecológica: la vulnerabilidad de los arrecifes de coral ante los factores de estrés asociados al cambio climático. *Sociedad y Ambiente*, 6 (17):59-92
- Rios, C.J.C.D.L., E. E. Filippi y L.D. Vélez. 2015. Desarrollo territorial, sistemas socio-ecológicos y vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático *Rev. Perspect. do Desenvol. un enfoque Multidimens.*, 03:1–22.
- Salas, Z.W., O. L. Ríos y J. Álvarez. 2012. Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Asoc. Argentina Ecol.* 22:74–79.



- Taylor, M. 2013. Climate change, relational vulnerability and human security: rethinking sustainable adaptation in agrarian environments. *Climate and Development*, 5(4):318-327.
- Tittonell, P. 2014. Livelihood strategies, resilience, and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126:3–14.
- Urquiza, G.A. y H. Cárdenas. 2015. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques*, 218:1–18.
- Wiréhn, L., A. Danielsson and T. S. Neset. 2015. Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *Journal of Environmental Management* 156:70-80.



## FACTORES RELACIONADOS CON EL MERCADO INFORMAL DE ORQUÍDEAS EN LA REGIÓN CAFETALERA DE COATEPEC

Rosalío López Morgado<sup>1\*</sup> y Rafael Alberto Guajardo Panes<sup>1</sup>

### Resumen

En México, más del 70% de los cafetales son cultivados bajo sistemas agroforestales con prácticas tradicionales de mínima tecnología en su manejo, destacándose un estrato arbóreo diversificado para el sombreado de los cafetos, cuyas funciones ambientales se asemejan a los tipos de vegetación que sustituyó el agroecosistema café. En esta cobertura arbórea, una de las familias botánicas con representación importante es la familia Orchidaceae, la cual está siendo objeto de prácticas extractivas de ejemplares. En este sentido, en el presente trabajo se planteó como objetivo tener conocimiento sobre las especies de mayor presión extractiva con base a su demanda en el mercado informal y los factores que influyen en éste. Considerándose que algunas especies se encuentran en bancos de germoplasma (BG) o colectas para su conservación ex situ, caso de ello, es el BG-Orquídeas del Sitio Experimental Teocelo (SETeo) del INIFAP. Adyacente a estas acciones de colecta, se realizó un estudio, en un transecto altitudinal de la región productora de café de Coatepec, a fin de saber qué especies de orquídeas sobresalen en el mercado local y los precios que prevalecen para el demandante final. Lo anterior, se realizó mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas a los actores de la cadena agroalimentaria café y con cierta dedicación al cultivo de orquídeas y su mercado. A los datos se les realizó análisis exploratorio y mediante la técnica multivariada de análisis canónico de correspondencias (ACC), se cuantificó la relación de las especies de orquídeas con indicadores ambientales, características topográficas y el precio de venta, encontrándose que son 75 especies comercializadas en total, entre las que destacan por su frecuencia 13 especies, cuyo listado lo encabeza *Prosthechea cochleata*, *Laelia anceps* y *Brassia verrucosa*. En cuanto al valor de venta de las orquídeas,

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Autor por correspondencia: [lopez.rosalio@inifap.gob.mx](mailto:lopez.rosalio@inifap.gob.mx)



se observó que los productores-vendedores del municipio de Teocelo son quienes establecen un mayor precio por ejemplar, siendo el grupo de hombres los que asignan precios más bajos comparados con los precios que asignan las mujeres.

**Palabras clave:** biodiversidad, ambiente, entrevistas, análisis multivariado

## Introducción

Las orquídeas son una familia conformada por alrededor de 25 mil especies, las cuales muestran un alto grado de adaptación, encontrándose en la mayoría de los ecosistemas terrestres; principalmente en las regiones tropicales (Díaz *et al.*, 2004; Lallana *et al.*, 2016; Tobar-Suárez *et al.*, 2018). En México, más del 60% de las especies de orquídeas se encuentra en el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM). Estos ecosistemas representan el 1% del territorio nacional y es uno de los más amenazados, siendo las orquídeas, en gran medida, frágiles ante perturbaciones del BMM (Tejeda *et al.*, 2017; García-Franco, 2017). Sin embargo, éste es el bioma del país con mayor aptitud para el cultivo de café bajo sombra, obteniéndose tanto productividad como calidad de este aromático (Challenger, 1998).

La mayor parte de las especies de orquídeas son epífitas, ya que crecen sobre arbustos y árboles como soporte o forófitos sin parasitarlos (Acebey y Krömer, 2001), aunque también existen terrestres y otras crecen sobre rocas conocidas como litófitas o rupícolas (Morales y Menchaca, 2021); no obstante, las que mejor pueden aprovecharse en el cafetal son las epífitas. La familia Orchidaceae, tiene una relevada importancia en la biodiversidad asociada a los cafetales (García-Franco, 2017 y Toledo-Aceves *et al.*, 2020) ya que de las 1300 especies de orquídeas que hay en México (Solano *et al.*, 2019), al menos el 18.5% de éstas están presentes en las zonas cafetaleras del país (Espejo-Serna *et al.*, 2005).

Dentro de la complejidad agroecológica y su diversidad de estructuras y arreglos del componente vegetal en el agroecosistema café (Hernández-Martínez, 2008), un total de 76 géneros de orquídeas tienen presencia, más de la mitad, tomándose en cuenta que en México se tienen registrados 146; de estos 76 géneros, 14 de ellos se encuentran con el 100% de sus especies, 17 con más del 50% y 45 con menos del 50% (Espejo-Serna *et al.*, 2005; García-



Franco y Toledo-Aceves, 2017). Esto se debe a que la presencia de cafetales es inherente al BMM, también conocido como Bosque de Niebla (Challenger, 1998). En este ambiente, se desarrolla parte de la cafecultura mexicana, caracterizada por su estrato de sombreado, lo cual le confiere atributos para ser hospedante de una diversidad alta de especies (López *et al.*, 2013), destacándose entre ellas las orquídeas. Sin embargo, estudios realizados por Krömer *et al.* (2021), muestran que en los cafetales la diversidad de epífitas vasculares tiene una reducción severa, perdiendo casi la mitad de las especies en comparación con los BMM conservados.

Aún con esta pérdida de diversidad de epífitas vasculares, la literatura asienta que en los cafetales se registró un alto nivel de diversidad de orquídeas, donde muchas de sus especies se han adaptado bastante bien a este ambiente agroforestal, que es lo más parecido al comportamiento que las orquídeas hacen en los bosques primarios que el agroecosistema café reemplazó, como los bosques de niebla, de pino-encino y selvas caducifolias y perennifolias (García-Franco, 2017; Toledo-Aceves *et al.*, 2020). Sin embargo, aunque el 22% de estas especies son endémicas de México, el 11.2% de las taxa representados en los cafetales se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, donde 5.6% están catalogadas como amenazadas y otro mismo 5.6% se enlistan en la categoría sujetas a protección especial (Espejo-Serna *et al.*, 2005), esto último conforme al status de los taxones en la norma oficial mexicana NOM-059ECOL-2000 que determina las especies amenazadas o en peligro.

Para el estado de Veracruz, se han reportado 432 especies de orquídeas lo cual representa casi el 32% de la riqueza nacional (Solano, 2021), sin embargo, el hábitat de estas orquídeas en el estado se ha visto sumamente reducido (Manson *et al.*, 2008), lo cual pone en riesgo las poblaciones de la orquideoflora en el estado. Otro factor de riesgo que ha cobrado importancia en los últimos años, es la presión extractiva de ejemplares de poblaciones silvestres para satisfacer la demanda de orquídeas en un mercado, principalmente informal y hasta ilegal. Solano (2021), con base en varias citas, expone este mercado desmedido en la ciudad de Xalapa y municipios en torno a la capital del estado, al grado que un 25% de las causas de status de riesgo de 60 especies de orquídeas nativas de Veracruz, por estar incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; se debe a la extracción de ejemplares silvestres, que presentan precios bajos, variando desde 50 centavos hasta 150 pesos, según la especie y condiciones del ejemplar. Es de resaltar que aun cuando Veracruz es el tercer estado de la República



Mexicana con mayor biodiversidad (Castañeda-Zárate *et al.*, 2012), ésta disminuye constantemente debido a la alta tasa de deforestación, con un escenario de transformación del 71.43% de selvas y bosques a uso agrícola y ganadero (Vázquez-Torres *et al.*, 2010). Así, es de enfatizar que la diversidad biológica de las orquídeas disminuye día a día, ya que, aunado a la desaparición de hábitats, escenarios de cambio climático entre otras, su tasa de reproducción es muy baja: “de manera natural sólo llega a ser adulta una de cada mil semillas” (Menchaca, 2009).

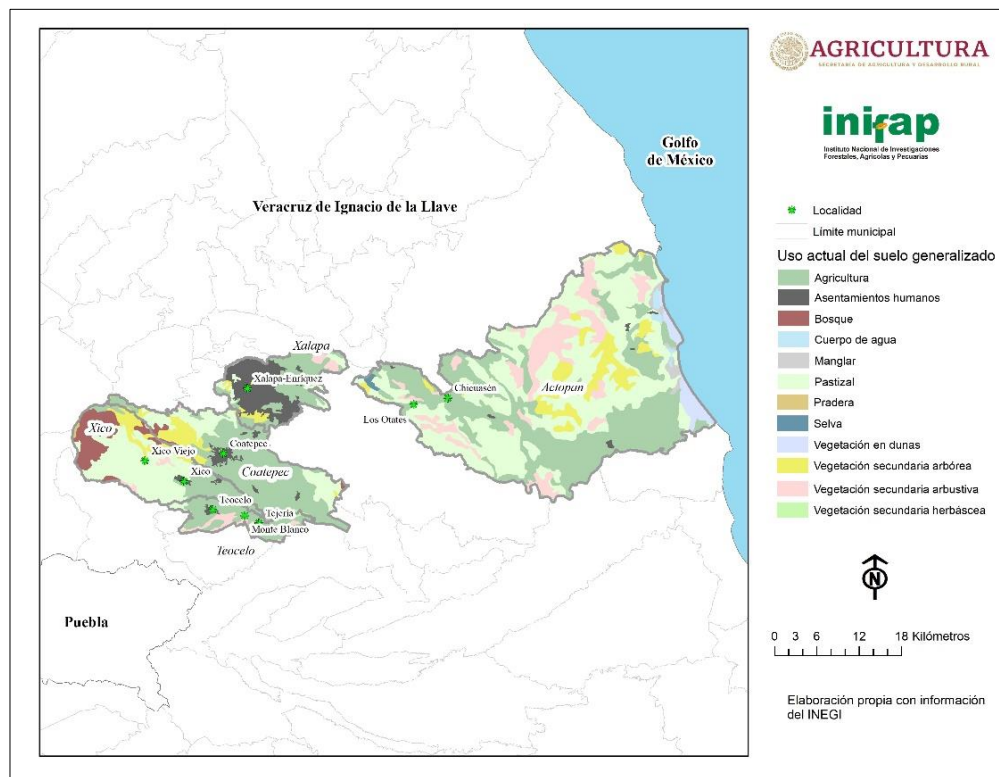
Ante lo que antecede, es un hecho que la valoración alta de las orquídeas las pone en una situación de vulnerabilidad ante actos de recolección inmoderada (Angel, 1995), haciéndose necesario su rescate y establecimiento *ex situ*. La conservación de las especies de orquídeas en condiciones parecidas al sitio donde fueron colectadas ofrece la ventaja de que los ejemplares continúen en una evolución dinámica, en tal forma que la adaptación evolutiva de las plantas puede dar lugar a nuevos caracteres (Reinhardt, 2004). Estas acciones de preservación de especies de orquídeas, podrían generar en el mediano plazo, métodos para obtener plantas cultivadas de alto valor ornamental y económico (López-Villalobos *et al.*, 2005), lo cual, además de diversificar actividades en los sistemas familiares de producción, permitiría fuentes de ingresos diversas al producir ejemplares de orquídeas para el mercado en forma constante. El material conservado *ex situ* puede ser la base para la propagación masiva, reintroducción de especies a fragmentos de bosque locales y un subsecuente potencial de comercialización de orquídeas, mediante la gestión de Unidades de Manejo Ambiental en un ámbito comunitario (Menchaca *et al.*, 2015; Menchaca *et al.*, 2021). Estas acciones podrían reducir y desalentar la colecta de ejemplares en el medio silvestre (Solano, 2021) y propiciar su cultivo tradicional *ex situ* en comunidades de aprendizaje, generándose una posible fuente de ingresos a personas interesadas en el uso sustentable y legal de este recurso (Toledo-Aceves *et al.*, 2020). Aprovechándose que el cultivo tradicional, no es un hecho nuevo en México; se tienen registros del cultivo tradicional de algunas especies de orquídeas, incluyéndose la vainilla, que datan desde la época prehispánica (Menchaca y Moreno, 2011). Una vez que se tiene la conservación *ex situ* mediante colecciones de plantas, el éxito del cultivo tradicional en este contexto de conservación suele ser amplio y las orquídeas no son la excepción, ya que prosperan en patios, jardines y viveros (Toledo-Aceves *et al.*, 2020). En este sentido, se realizó un recorrido a través de un transecto altitudinal, con el propósito de realizar



registros de fuentes directas sobre el origen de los ejemplares de orquídeas, especies de mayor preferencia en el mercado informal, los precios que éstas alcanzan y los puntos convencionales de venta. Así, en el presente trabajo se planteó como objetivo conocer qué especies están sujetas a mayor presión extractiva con base a su demanda en el mercado informal y los factores que influyen en éste.

## Materiales y Métodos

Se realizó un sondeo diagnóstico en una primera aproximación en el espacio geográfico conformado por la región productora de café de Coatepec, en la subzona centro-centro del estado de Veracruz. Este espacio lo conformaron cinco municipios caracterizados por producir café y contemplan en conjunto, por su ubicación, varios tipos de vegetación en los que predomina el BMM (Figura 1).



**Figura 1. Espacio geográfico donde se realizaron las entrevistas siguiendo un transecto altitudinal que cubrió varios tipos de vegetación.**



Las familias productoras de café representaron la población objetivo, trabajando con quienes ya producen y comercializan ejemplares de diversas especies de orquídeas bajo cultivo tradicional.

Se elaboró una entrevista semiestructurada, la cual contempló como factores a los productores que realizaban cultivo tradicional de ciertas especies de orquídeas, localidades en municipios, especies de orquídeas más frecuentes, el precio aproximado por ejemplar y principales puntos de venta; realizándose en total 15 entrevistas bajo un esquema de muestreo no probabilístico en donde las muestras de población fueron seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de entrevistados en las zonas donde se realizó la aplicación del instrumento de captación (Otzen y Manterola, 2017).

Para la sistematización de los datos registrados y su análisis, se diseñó una base de datos en Microsoft Excel® en la cual se hizo la captura de los datos obtenidos de las 15 entrevistas. Se ingresó cada una de las respuestas a fin de obtener resultados proporcionales de las variables de mayor interés de las regiones. Asimismo, se elaboraron tablas cruzadas con el fin de contar con una perspectiva del ámbito y comportamiento de los indicadores de mercado de orquídeas. Se realizó análisis exploratorio e implementó la técnica multivariada donde se consideraron variables relacionadas con la ubicación de los entrevistados, especies de orquídeas que manejaban y precios de éstas, asociándose a las localidades (municipios) variables de clima, altitud y tipos de vegetación. De esta manera, la estructura de la base de datos quedó conformada por las variables que se mencionan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Variables registradas por el instrumento de entrevista y que conformaron la base de datos.**

Variable	Tipo	Variable	Tipo
Localidad	Cualitativa (Nominal)	Especie	Cualitativa (Nominal)
Municipio	Cualitativa (Nominal)	Nombre común	Cualitativa (Nominal)
Sexo	Cualitativa (Nominal)	Origen de colecta	Cualitativa (Nominal)
Edad	Cuantitativa (Continua)	Precio de venta	Cuantitativa (Continua)

Con la finalidad de considerar información ambiental y topográfica de las zonas donde se aplicó el cuestionario semi-estructurado, mediante sistemas de información geográfica, se extrajeron indicadores de precipitación media anual histórica acumulada, temperatura media anual





histórica y altitud de las áreas aledañas a las localidades donde se registraron los datos. A fin de extraer la mayor cantidad posible de información a la base de datos, se realizó una reestructuración de la misma, en donde nueve filas quedaron conformadas por las localidades y 34 columnas en donde se registró el número de menciones que recibió cada especie de orquídea, agregándose tres columnas más para asentar el valor promedio de variables ambientales; finalmente se conformó una base de datos con las dimensiones de 9 filas y 38 columnas (Cuadro 2). Por la característica de la base de datos, se implementó el análisis canónico de correspondencias (ACC) desarrollado por Ter Braak (1986) para determinar la abundancia de las especies de orquídeas bajo cultivo tradicional. Las “rutas” seguidas para su comercialización y el rol de los hombres y las mujeres en el mercado informal de orquídeas, se analizó mediante el apoyo del complemento de XLStat® (2021) en su versión de prueba.

**Cuadro 2. Base de datos reestructurada con las diversas variables y su tipo a fin de aplicar el ACC.**

Variable	Tipo	Variable	Tipo
Localidades	Cualitativa nominal	Precio medio de venta	Cuantitativa continua
Especie 1	Cuantitativa discreta	Precipitación media anual histórica acumulada	Cuantitativa continua
...	...	Temperatura media anual histórica	Cuantitativa continua
Especie 34	Cuantitativa discreta	Altitud media sobre el nivel del mar	Cuantitativa continua

## Resultados y Discusión

**Análisis descriptivo.** La mayor cantidad de comercializadores se conforma por mujeres con edad promedio de 50 años, las cuales se concentran en el municipio de Teocelo y ofrecen alrededor de 16 especies de orquídeas. Comercializadores de los municipios de Actopan y Coatepec, suman un total de cuatro mujeres que registran edades de 35 a 38 años y que comercializan 21 especies de orquídeas entre ambos municipios; finalmente, con menor número de comercializadores, están los que provienen de los municipios de Xalapa y Xico,

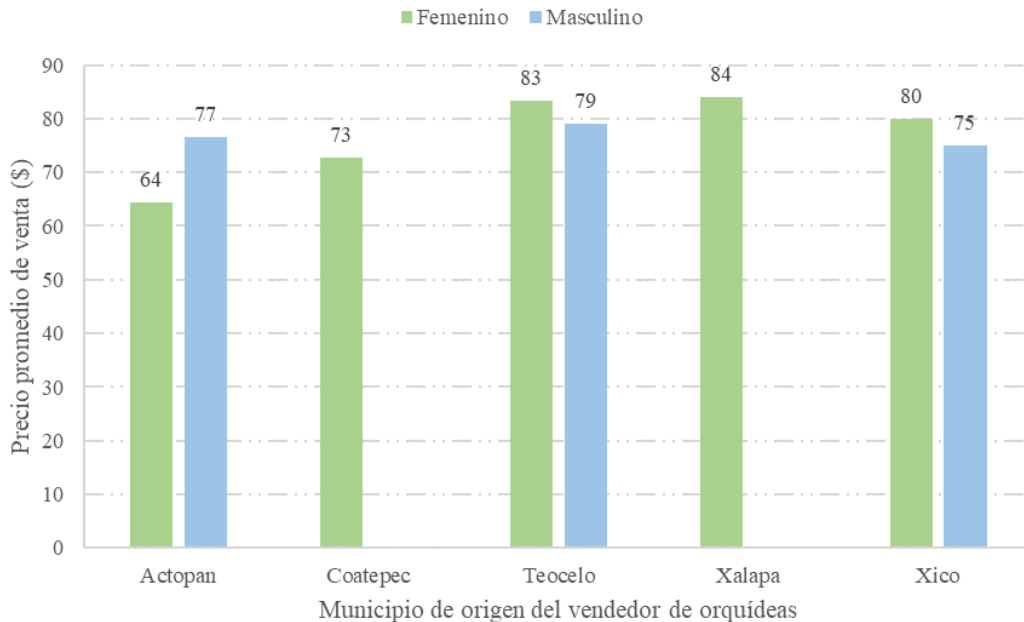


cuyas edades oscilan entre 50 y 70 años, y quienes en conjunto comercializan hasta nueve especies de orquídeas (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Número, edades promedio de “productores-vendedores” de orquídeas y cantidad de especies que se comercializan por mujeres y hombres.**

Municipio	Comercializadores		Edad promedio del comercializador		Especie que comercializan	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
Actopan	2	1	35	24	9	3
Coatepec	2		38		12	
Teocelo	5	2	50	39	16	11
Xalapa	1		70		5	
Xico	1	1	50	58	4	4
<b>Total o Promedio</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>49</b>	<b>40</b>	<b>31</b>	<b>18</b>

En cuanto al valor de venta de las especies de orquídeas, se observa que los productores-vendedores del municipio de Teocelo son quienes establecen un mayor precio por ejemplar, siendo el grupo de hombres los que asignan precios más bajos con cantidades promedio de \$79.00, en tanto que las mujeres establecen el precio de \$83.00 (Figura 2).



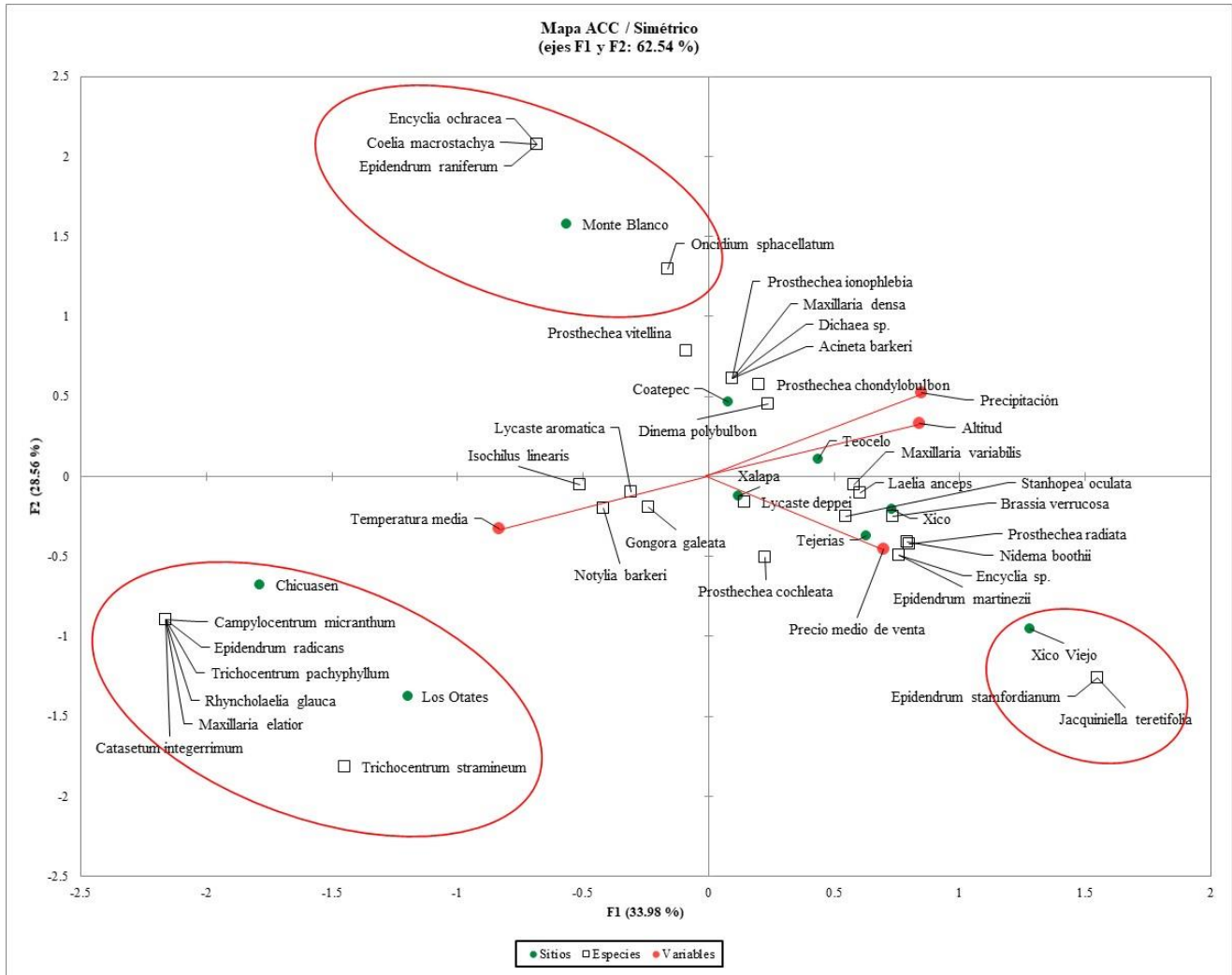
**Figura 2. Principales descriptores de la variabilidad del precio respecto a los entrevistados.**



Las especies de orquídeas en el mercado informal explorado, en una primera aproximación, en los cinco municipios que comprende este estudio suman 34 especies, de las cuales las más comercializadas son *Dinema polybulbon*, *Prosthechea radiata*, *Prosthechea cochleata*, *Prosthechea chondylobulbon*, *Prosthechea vitellina* (sujeta a protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT) *Maxillaria variabilis*, *Nidema boothii*, *Laelia anceps*, *Brassia verrucosa*, *Isochilus linearis*, *Lycaste aromatica*, *Oncidium sphacellatum*, *Gongora galeata* y *Stanhopea oculata* (Amenazada de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT). Su mayor concentración se registró en los municipios de Teocelo y Coatepec.

**Análisis multivariado.** A través del ACC, fue posible determinar que los datos de especies de orquídeas no se encuentran relacionados con las variables de altitud, precipitación media anual acumulada y temperatura media anual histórica promedio, así como con los precios de venta ( $valor-p = 0.218$ ). En lo referente a los resultados de los eigenvectores (varianzas de mayor peso por eje), se observó que la mayor parte de la inercia es explicada por el primer eje con una representación del 33.9%, lo cual, junto con el segundo eje, con representación del 28.6%, acumulan ambos el 62.5% de la inercia total.

En la Figura 3, se realiza una interpretación bidimensional del ACC, que se considera medianamente suficiente y cuya descripción hace referencia a las relaciones entre localidades de origen del vendedor, especies de orquídeas, las variables ambientales y el precio de venta. Se observó que, en las localidades de Chicoasén y Otates, pertenecientes al municipio de Actopan, sobresalen siete especies focalizadas, en donde se les asocia una temperatura media de 23.4°C; precipitación media anual acumulada de 951 mm; altitudes alrededor de los 437 msnm y los precios de venta varían entre los \$30.00 y \$100.00. En Xico Viejo, perteneciente al municipio de Xico, sobresalen dos especies cuya relación se encuentra asociada a temperaturas medias de 16.5°C; precipitaciones acumuladas de 1,673 mm; altitudes que rondan los 1,747 msnm y precios de venta que oscilan entre los \$ 50.00 y los \$ 150.00. En el caso de la localidad de Monte Blanco, perteneciente al municipio de Teocelo, figuran cuatro especies en donde se les asocia con una temperatura media de 19.8°C; precipitación anual acumulada de 1,671 mm; altitudes promedio de 1,131 msnm y con precios que fluctúan entre los \$ 40.00 y \$ 150.00.



**Figura 3. Plano bidimensional de representación de características ambientales de las especies de orquídeas en las localidades de origen de los productores-vendedores.**

En el resto de las localidades y con referencia a las especies restantes de orquídeas, se observó una concentración fuerte de puntos en el espacio continuo al cruce de los ejes X y Y, lo que indicó que este grupo de localidades cuentan con características semejantes en lo referente al número de especies, productores-vendedores y mayor variabilidad de ambientes.



## Conclusiones

Las orquídeas confrontan factores que ponen en riesgo la permanencia de sus poblaciones en medios de vegetación primaria o semiperturbada, ya que la pérdida de éstos entornos o bien su transformación para fines antrópicos, ha crecido en forma bastante notoria. Otro factor de riesgo importante se debe a la extracción de ejemplares silvestres para satisfacer la demanda de orquídeas en el mercado de ornamentales, mayormente en contextos de informalidad. En el espacio geográfico de estudio, las mujeres juegan el rol más importante tanto en la producción-recolección, como en el traslado y venta de ejemplares de orquídeas, concentrándose su mayor población en la cabecera municipal de Teocelo. Los precios, dependiendo de la calidad y tamaño del ejemplar de orquídea, así como su especie, variaron de \$ 50.00 hasta \$ 250.00. Un caso del precio más bajo fue la especie *Nidema boothii*, mientras los precios más altos fueron alcanzados por la especie *Stanhopea oculata*. Las especies de orquídeas con mayor preferencia regional en los mercados informales en el ámbito de estudio, conlleva a asumir que estas especies tienen la mayor presión de tasa extractiva en sus hábitats naturales, por lo que se entrevé una oportunidad de capacitación a los productores-vendedores de estas especies, con tecnologías de producción de orquídeas y manejo sustentable del hábitat silvestre comunitario. Lo logrado en este estudio, permite fundamentar una propuesta de capacitación integral para el aprovechamiento de la orquideoflora mediante la cual se propicie la reproducción controlada o semi-controlada, por parte de los productores-vendedores, de las especies locales de orquídeas.

## Literatura Citada

Acebey, A., y T. Krömer. 2001. Diversidad y distribución vertical de epífitas en los alrededores del campamento río Eslabón y de la laguna. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 3(1/2): 104-123.

Angel, A. J. 1995. Botánica de las orquídeas. p. 27-35. *In*: Introducción a las ornamentales tropicales. Fundación Hondureña de Investigación para la Agricultura. La Lima, Cortés, Honduras.



- Castañeda-Zarate, M., J. Vicoon E., S. E. Ramos C. y R. Solano G. 2012. Registros nuevos de Orchidaceae para Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (83):281-284.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM. Instituto de Biología. México, D. F. 847 p.
- Díaz, J.; Solano, F.; Sánchez, L.; y Espinosa, F. 2004. Riqueza y distribución de las Orquideaceae en la provincia de Pamplona. *Bistua* 2(1):106 - 112.
- Espejo-Serna, A., A. R. López F., R. Jiménez M., y L. Sánchez S. 2005. Las orquídeas de los cafetales en México: una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. *Revista de Biología Tropical* 53(1-2): 73-84.
- García-Franco, J. G. 2017. La fragmentación del bosque de niebla y su efecto en la comunidad de orquídeas (Orchidaceae). *Agroproductividad* 10(6): 13-18.
- García-Franco, F. J. G. y M. T. Toledo-Aceves. 2017. Diversidad de orquídeas (Orchidaceae) en agroecosistemas cafetaleros. *Agroproductividad* 10(6): 19-24.
- Hernández-Martínez, G. 2008. Clasificación agroecológica. p. 15-34. *In*: Manson, R., V. Hernández-Hortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (eds.). *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Instituto de Ecología, A. C. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Krömer, T., J. Viccon E. y J. A. Gómez D. 2021. Efectos antrópicos sobre la diversidad de epífitas vasculares y orquídeas en el centro de Veracruz.
- Lallana, V. H., C. Billard E., A. Martínez V., L. García F., M. Barsanti V., J. Di Persia F., C. Dalzotto., K. Scimpft M. y V. De la Cruz. 2016. Conservación de orquídeas nativas de Entre Ríos utilizando técnicas de cultivo de tejidos "in vitro". *Ciencia, Docencia y Tecnología – Suplemento* 6(6): 94-121.
- López, M. R., J. G. Salazar G., J. L. Martínez R., G. Díaz P. y L. E. García M. 2013. Producción de café bajo sistemas agroforestales (SAF-café): caso de la zona centro del estado de Veracruz. p. 313-346. *In*: López, M. R., G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (eds.). *El Sistema Producto Café en México: Problemática y Tecnología de Producción*. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México.
- López-Villalobos, A., J. Pérez F., C. Sosa-Moss, J. M. Mejía M. y L. Bucio A. 2005. El cultivo de plantas ornamentales tropicales. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tab., México. 117 p.



- Manson, R.H., A. Contreras-Hernández y F. López-Barrera. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. p. 1-14 *In*: Manson R.H., Hernández-Ortiz V., Gallina S. Y Mehltreter K. Eds. Agrosistema cafetalero de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación, 1-14, INECOL, INE-SEMARNAT. México, D.F.
- Menchaca, R. 2009. Obtiene UV 1.5 mdp para conservación de orquídeas. Universo: el periódico de los universitarios. Año 9. No. 359. (junio 15 de 2009). Xalapa, Ver., México.
- Menchaca G. R., D. Moreno M., L. Sánchez M., J. Y. Sageth R. y E. F. Ventura. 2015. Manual para el aprovechamiento sustentable de orquídeas en comunidades. COFUPRO. SINAREFI. UV-CITRO. Xalapa, Ver., México. 36p.
- Menchaca, R. A., y D. Moreno. 2011. Conservación de Orquídeas, una tarea de todos. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 43p.
- Menchaca, G. R. A., Krömer T., J. C. López A., M. C. Macswiney G., O. M. Sánchez S., N. Velázquez R. y R. Castro C. 2021. Contribuciones del Centro de Investigaciones Tropicales al estudio y manejo sustentable de las orquídeas. p. 289-308 *In*: Viccon, E. J., M. Castañeda Z., R. Castro, C. y W. Cetzal I. (coordinadores) Las Orquídeas de Veracruz. Universidad Veracruzana-Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Ver. México.
- Morales, L. J. y R. A. Menchaca, G. 2021. Orquídeas: generalidades y peculiaridades. p. 35-56 *In*: Viccon, E. J., M. Castañeda Z., R. Castro, C. y W. Cetzal I. (coordinadores) Las Orquídeas de Veracruz. Universidad Veracruzana-Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Ver. México.
- Otzen, T. y Manterola, C. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*. 35(1): 227-232.
- Reinhardt, S. 2004. Huertos familiares: tesoros de diversidad. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Proyecto Sectorial "People and Biodiversity in Rural Areas". Postfach, Eschborn, Alemania. <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5108a4.pdf> (Consultado el 5 de octubre de 2008).
- Solano, G. R., G. A Salazar CH., H. Huerta E., E. Hágsater y R. Jiménez M. 2019. Diversity of mexican orchids: synopsis of richness and distribution patterns. p. 255-270. *In*: Pridgeon, A. M. y A. Arosemena R. (Ed.) 22nd World Orchid Conference. 8-12 november. Gauayaquil, Ecuador.
- Solano, R. 2021. Pérdida de diversidad y amenazas para orquídeas en riesgo de Veracruz. p. 211-234 *In*: Viccon, E. J., M. Castañeda Z., R. Castro, C. y W. Cetzal I. (coordinadores) Las Orquídeas de Veracruz. Universidad Veracruzana-Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Ver. México.



- Tejeda, S. O., M. A. A. Téllez V., y J. J. Escobar A. 2017. Estado de conservación de orquídeas silvestres (Orchidaceae). *Agroproductividad*, 10(6): 3-12.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179.
- Tobar-Suárez, M., D. Yanouch, F. Fernández, M. Hirtz, M. Gálvez, C. Peñafiel y E. Freire. 2018. Capítulo III. Orchidaceae juss. p. 77-316 In: Fernández, F. D., Tobar S. F., Garzón, S. C., Yáñez, M. M., Mena, J. J. y González, R. D. (Eds.). *Orquídeas y bromelias de la provincia de El Oro: una guía de identificación para los principales géneros y especies del páramo al manglar*. Publicación Miscelánea N° 9. Serie de Publicaciones GADPEO-INABIO. Quito, Ecuador.
- Toledo-Aceves, T., M. Mata R., M. H. Díaz T., K. Mehlreter y J. G. García-Franco. 2020. Manejo de epífitas de los cafetales de sombra para la diversificación productiva y como fuente alternativa de ingresos. p. 239-258 In: López, M. R. y G. Díaz P. (comp.) *Diagnóstico, productividad y ambiente en cafetales: estudios regionales y de caso*. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla/Sitio Experimental Teocelo. Medellín, Ver., México.
- Vázquez-Torres, S. M., C. I. Carvajal H. y A. M. Aquino Z. 2010. Áreas naturales protegidas. p. 249-274. In: Benítez B. G., y C. Welsh R. (eds.). *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz (Vol.I): Patrimonio Natural*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México.
- XLStat, 2021. [Software de computadora en <http://www.xlstat.com/es/>]. New York. Addinsoft SARL.





## EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DEL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ

*Raúl Alejandro Limón Hernández<sup>1\*</sup>, Verónica López Hernández<sup>1</sup>, Iriana Hernández Martínez<sup>1</sup>, Fidel Alejandro Aguilar Aguilar<sup>1</sup>, Jesús Emmanuel García Valencia<sup>1</sup> y Myrka Celeste Cano Blanco<sup>1</sup>*

---

### Resumen

En el proceso del beneficio húmedo de café, el agua se utiliza principalmente en la etapa de lavado cuyo objetivo es remover el mucílago del grano procedente de la etapa de fermentación. Sin embargo, debido a las características del mucílago y del proceso de producción del beneficio que provee el agua residual, se requiere entre 5000 y 7000 L de agua por tonelada de café. Esto ocasiona un volumen alto de agua residual con propiedades fisicoquímicas tales como materia flotante, sólidos sedimentables, nitrógeno, fósforo, grasas y aceites, además de presentar un olor desagradable. Actualmente, en el proceso del beneficio húmedo de una empresa localizada en Huatusco, Veracruz; no se aplica un tratamiento del agua residual, debido a que es vertida en pequeños canales que desembocan a un arroyo, sin cumplir con la Norma NOM-001-SEMARNAT-1996. Una parte del agua descargada se filtra en el suelo y otra desemboca en un arroyo afluente del río Jamapa, generando un impacto ambiental negativo sobre el cuerpo de agua, ya que disminuye el pH y aumenta el DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y SST (sólidos suspendidos totales). El agua descargada afecta a las localidades aledañas que toman al arroyo como fuente de abastecimiento para consumo humano y que debido a múltiples descargas no controladas, la calidad del agua recibida por la población se ve disminuida en color y olor. En el presente proyecto se realizó un monitoreo y caracterización fisicoquímica de agua residual del efluente de descarga del beneficio. Se encontró que los valores de SST ( $731.333 \pm 10.598$  mg/L) y de DBO<sub>5</sub> ( $888.433 \pm 16.742$  mg/L) incumplen los límites máximos permisibles señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que especifica un valor máximo de 75 mg/L para ambos

---

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Programa Educativo de Química, Área Industrial. Autor por correspondencia: raul.limon@utgz.edu.mx



parámetros en descargas de agua residual a ríos utilizados como suministro de agua público urbano. En el caso del análisis de biodegradabilidad, se encontró un factor DQO/DBO<sub>5</sub> de 1.60 lo que permite establecer que la fracción biodegradable es elevada y brinda la oportunidad de continuar el proyecto con una evaluación de métodos biológicos de depuración del agua residual.

**Palabras clave:** tratamiento, medio ambiente, contaminación, sustentabilidad

## Introducción

El beneficio húmedo del café es la transformación del café cortado de la planta hacia café pergamino seco (Mejía, 2018). El proceso de producción consta de 5 etapas. La primera etapa consiste en la recolección del café donde se cortan los frutos maduros (café cereza), posteriormente, continua el despulpado con la finalidad de eliminar la cáscara roja externa y la mayor parte de la pulpa adherida a los granos (epicarpio del fruto). Después sigue el fermentado y remoción del mucílago, por consiguiente, se dejan fermentar los granos en un tiempo de 8 a 14 horas en depósitos llenos de agua facilitando la descomposición de los azúcares que forman parte de los restos de pulpa. En el proceso, se remueve la miel adherida al grano, donde se utiliza abundante agua en circulación. En el siguiente paso, se procede al secado del grano del café, utilizando la luz natural y/o a través de máquinas secadoras. Finalmente, estos granos se trasladan a una máquina descascarilladora para eliminar el pergamino y obtener el grano, posteriormente es tostado, molido, empaquetado y etiquetado. El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en agua residual comúnmente conocida como agua miel. Estas tienden a ser muy ácidas y ricas en materia orgánica, pueden ser particularmente nocivas si se descargan en cuerpos de agua o si se retienen en fosas o lagunas, ya que se corre el riesgo de contaminar el agua subterránea (Torres *et al.*, 2019). La composición química de esta agua residual se relaciona con la composición fisicoquímica de la pulpa y mucilago, ya que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento con el agua limpia (Contreras *et al.*, 2015). Para que un beneficio de café realice descargas de agua residual a un cuerpo de agua, se debe tener una concesión



de descargas y cumplir con los lineamientos de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Es por esto que es necesario realizar una caracterización de agua residual de manera periódica para conocer las propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua residual, sin embargo, debido al proceso de beneficio es difícil que se cumplan los lineamientos de la norma sin un tratamiento previo del agua residual, por lo que se debe plantear un proceso de depuración.

Para poder desarrollar una propuesta de depuración de agua se debe conocer un parámetro denominado biodegradabilidad, ya que permitirá conocer si el agua residual es factible de ser tratada por medios biológicos, o por lo contrario deberá ser tratada por medios físicos o químicos. Una forma de calcular la biodegradabilidad es mediante la relación de DQO/DBO<sub>5</sub> (Pire *et al.*, 2011). La DQO se refiere a la cantidad de oxígeno necesario para poder oxidar y descomponer la totalidad de la materia orgánica que contiene el agua, mientras que la DBO<sub>5</sub> se relaciona a la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren durante 5 días para procesar la materia orgánica. Generalmente el valor de DQO es superior al de DBO<sub>5</sub>.

Si la relación DQO/DBO<sub>5</sub> es baja (<2.5), la fracción biodegradable es elevada y es posible el uso biológico como medio de depuración. Mientras que si es intermedia (2.5 - 4) la fracción biodegradable no es elevada y se requieren pruebas para conocer si es factible un tratamiento biológico. Finalmente, si la relación es elevada (>4), entonces la fracción no biodegradable es elevada y se recomendaría utilizar otro tipo de tratamiento para el efluente (Dinçer, 2020; Pire *et al.*, 2011; Samudro y Mangkoedlhardjo, 2010).

Por lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la biodegradabilidad del efluente de agua residual de un beneficio de café con la finalidad de conocer qué tipo de tratamiento es viable para disminuir el impacto ambiental.

## **Materiales y Métodos**

El presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora en el periodo de octubre 2019 a marzo 2020.

### **Muestreo de agua residual**

Las muestras de agua residual se recolectaron del dren de descarga del proceso de fermentación y lavado de café de un beneficio de café localizado en la ciudad de Huatusco,



Veracruz. Se utilizaron recipientes de polietileno de alta densidad de 10 L y se almacenaron en refrigeración a 4°C hasta su procesamiento en el laboratorio. Se realizaron tres muestreos durante tres meses diferentes con la finalidad de evaluar la variabilidad temporal de las propiedades fisicoquímicas, las muestras se realizaron por triplicado, con un total de 27 experimentaciones.

### **Caracterización del agua residual**

Las muestras de agua residual cruda fueron analizadas mediante los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO). Las metodologías de cada análisis se muestran a continuación.

### **Determinación de pH, conductividad eléctrica, TDS y temperatura**

Se empleó un potenciómetro portátil modelo HI 98129. Primeramente, se calibró con soluciones patrón de 20 mL (modelo HI 70031) cuyos valores especificados de pH fueron de 4.1 y 7.1 y de conductividad eléctrica de 1413 mS/cm. Se tomaron 100 mL de agua residual en un vaso de precipitado de 250 mL y se sumergió el electrodo. En la pantalla se visualizaron los resultados. Cabe señalar que las unidades arrojadas fueron: para TDS ppm, para temperatura °C, para conductividad eléctrica mS/cm y resaltar que el pH es adimensional y se maneja en escala de 1 a 14.

### **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Se calcularon mediante los lineamientos de la NMX-AA-034-SCFI-2015. Se homogeneizó la muestra mediante agitación vigorosa del envase, se tomó un volumen de 100 mL con una probeta, se filtró por medio de un papel filtro colocado en un crisol Gooch y se pesó para registrar la masa inicial ( $m_1$ ). Posteriormente se introdujo el filtro a un horno de secado a 105° ± 2°C durante 1 hora como mínimo y se pesó y registró la masa obtenida ( $m_2$ ). Los SST se calcularon mediante la siguiente ecuación 1:

$$SST = \frac{n_2 - m_1}{V} * 1000000$$

Ecuación 1. Fórmula para cálculo de SST

Donde:

SST: sólidos suspendidos totales (mg/L)

$m_1$ : masa de la cápsula a peso constante (g)



m<sub>2</sub>: masa de la cápsula después del secado de la muestra de agua (g)

V: volumen de la muestra de agua (mL)

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La metodología para cuantificar la DBO<sub>5</sub> se basó en los lineamientos de la NMX-AA-028-SCFI-2001 para análisis de agua con factor de dilución y sin inóculo mediante la incubación en 5 días de la muestra de agua enriquecida con sales nutrientes. Se utilizó una dilución 1:30 (FD=0.033) de la muestra a analizar, después se añadió por cada litro 1 mL de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, y FeCl<sub>3</sub>. Se enriqueció el agua con oxígeno mediante burbujeo de aire por 1 hora para saturar y se cuantificó el oxígeno disuelto (OD<sub>0</sub>) mediante un medidor de oxígeno portátil. Se envasó el agua en frascos Winkler y se sellaron con parafilm. Finalmente se incubaron a 20°C por 5 días. Al terminar el periodo se midió el oxígeno disuelto presente (OD<sub>f</sub>). El parámetro DBO<sub>5</sub> en mg/L se calculó con la ecuación 2:

$$DBO_5 = \frac{OD_0 - OD_f}{FD}$$

Ecuación 2. Fórmula para cuantificar el DBO<sub>5</sub>

Donde:

DBO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

OD<sub>0</sub>: Oxígeno disuelto inicial del agua saturada (% v/v)

OD<sub>f</sub>: Oxígeno disuelto al final de los 5 días de incubación (% v/v)

FD: Factor de dilución correspondiente a 0.033

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Se utilizó un método fotocolorimétrico estandarizado por el equipo Hach que consistirá en introducir 2 mL de la muestra de agua en un vial que contiene una solución oxidante, se incubó por 2 horas en un reactor a temperatura constante preestablecida y después se dejará enfriar a temperatura ambiente. Finalmente, las muestras se leyeron en el espectrofotómetro con el software 8000, el cual arrojará el valor de la DQO en mg/L.

### **Análisis de resultados**

Se realizó un análisis de varianza para conocer si las propiedades del agua eran estadísticamente diferentes o iguales en cada mes de muestreo. De igual forma se calcularon




los factores de DQO/DBO<sub>5</sub> en cada muestreo y se analizó una propuesta de tratamiento de agua residual (Dinçer, 2020; Pire *et al.*, 2011).

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se muestran las características fisicoquímicas promedio de todas las muestras de agua residual tomadas en el periodo de estudio. Se puede apreciar un alto contenido en materia orgánica presente en los valores de SST, DBO<sub>5</sub> y DQO. De igual forma se observa una imagen de una muestra de agua residual cruda (derecha).

**Cuadro 5. Resultados de caracterización del agua residual de octubre 2019 a marzo 2020.**

Parámetro	Valor	Unidad	Foto de la muestra
Temperatura	12.3 ± 0.332	°C	
pH	4.831 ± 0.208	-----	
CE	580.841 ± 3.836	mS/cm	
TDS	323.75 ± 4.911	ppm	
SST	731.333 ± 10.598	mg/L	
DBO <sub>5</sub>	888.433 ± 16.742	mg/L	
DQO	1428.946 ± 41.266	mg/L	

De acuerdo con los resultados el agua es considerada como ácida debido a los valores de pH encontrados ( $4.831 \pm 0.208$ ) además que no hay una alta carga de contaminantes inorgánicos presentes en sales por los valores de CE ( $580.841 \pm 3.836$  mS/cm) y TDS ( $323.75 \pm 4.911$  ppm) presentados. Cabe resaltar que en los valores de SST ( $731.333 \pm 10.598$  mg/L) y de DBO<sub>5</sub> ( $888.433 \pm 16.742$  mg/L) se encuentran muy por arriba de los valores señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 cuyos parámetros son 75 mg/L para ambos casos, si es que se descargan a un río que sea utilizado como suministro de agua público urbano. Los resultados de pH y DQO coincidieron con Torres *et al.* (2019) quien reportó valores de pH de  $4.025 \pm 0.035$  y DQO de  $>1500$  mg/L, sin embargo, fueron menores en SST y conductividad eléctrica,



lo que indica que el agua tratada por el autor se encontraba con mayor contaminante inorgánicos en forma de sales. Se resalta que no se encontraron trabajos donde la mayoría de los parámetros coincidiera, de hecho, la mayoría de los trabajos reportan cantidades muy superiores de DBO<sub>5</sub> y DQO en rangos de 5000-30000 mg/L lo que sugiere que el agua del beneficio analizado cuenta con menor carga orgánica en comparación con las muestras de otros beneficios de café (Ortíz y Montes, 2018; Campos y Durán, 2019; Salazar *et al.*, 2013). En el Cuadro 2 se muestra un análisis de varianza para determinar la variabilidad DQO y DBO<sub>5</sub> a lo largo de los meses de muestreo. Al evaluar la variación de DBO<sub>5</sub> en las muestras de agua mediante un ANOVA de un factor, se encontró que no existieron diferencias significativas en los muestreos ( $p > 0.05$ ), el valor de F, valor estadístico de prueba (1.96) para las muestras en el caso de ambos parámetros indican que no existe diferencia significativa de los datos por lo que no hay un efecto de interacción entre las variables. El mismo efecto se observó en el análisis de DQO ( $p > 0.05$ ,  $F = 2.91$ ) por lo que de igual forma no existen diferencias estadísticas en las propiedades del agua residual generada en el beneficio en los meses de muestreo. Este análisis permite determinar que las propiedades de biodegradabilidad serán estadísticamente similares a lo largo de los meses lo que es bueno para poder en un futuro diseñar un proceso de depuración del agua ya que en caso de que, si existiese diferencia estadística, se tendría que trabajar con máximas y mínimas cargas orgánicas y por ende el control del proceso podría ser más complejo.

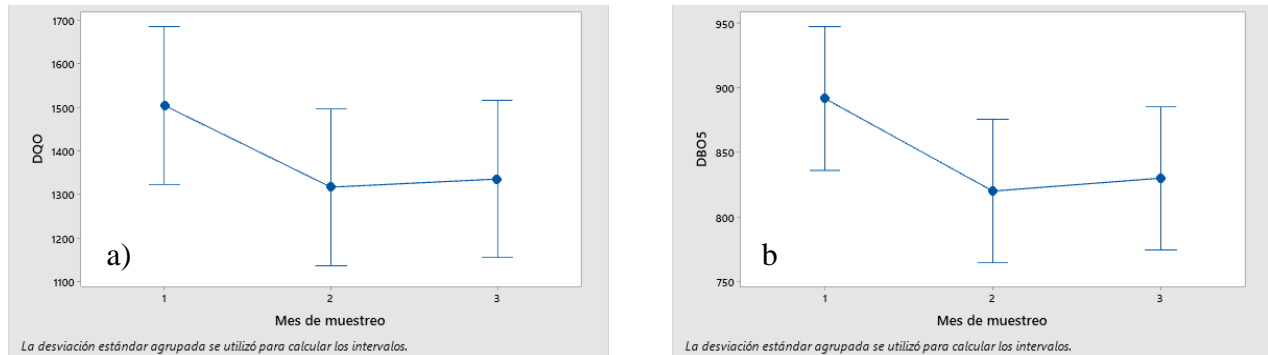
**Cuadro 6. Análisis de varianza de DBO<sub>5</sub> y DQO de acuerdo a la temporalidad de muestreo.**

Parámetro	Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
DBO <sub>5</sub>	Mes	2	64128	32064	1.96	0.222
	Error	6	98270	16378		
	Total	8	162398			
DQO	Mes	2	9039	4519	2.91	0.131
	Error	6	9305	1551		
	Total	8	18344			

Aunado a los resultados del estadístico p, se muestra en las figuras 1a y 1b las gráficas de intervalos vs mes de muestreo que sirven para evaluar los intervalos de confianza de las



medias de los grupos utilizando un intervalo de confianza del 95%. Se muestra un comportamiento similar en relación al DQO y el DBO<sub>5</sub>, esto es debido a que los intervalos de confianza se superponen e indica que la diferencia probablemente no es estadística. Si se toma la desviación estándar agrupada se puede concluir que no hay diferencia estadística en los valores ya que los rangos de las desviaciones coinciden en valores de respuesta.



**Figura 4. a) Gráfica de intervalos de DQO vs mes de muestreo y b) Gráfica de intervalos de DBO<sub>5</sub> vs mes de muestreo. Ambos con un 95% de intervalo de confianza para la media**

Al analizar la relación DQO/DBO<sub>5</sub> se encontró un valor 1.60 por lo que se concluye que la fracción biodegradable es elevada y es posible el uso biológico como medio de depuración debido a que es fácilmente removible por acción bacteriana y con oxigenación adecuada. Este resultado obtenido se encuentra en el rango reportado en la literatura, coincide con los reportados por Ortiz y Montes (2018) quienes encontraron una relación de 1.47, de igual forma coincide con Salazar *et al.* (2013) quienes encontraron una relación de 1.85 al evaluar la fracción de materia orgánica biodegradable de una unidad de tratamiento de aguas mieles. Por otro lado, la relación experimental resultó estar por debajo de relaciones reportadas por autores como Campos y Durán (2019) quienes reportaron una relación de 2.5 y Cristancho (2011) quien reportó una relación de 2.51. Se pudo observar que entre mayores sean los valores de DQO (>30000) en las muestras analizadas, la relación DQO/DBO<sub>5</sub> comienza a variar de baja a media por lo que la biodegradabilidad se ve de igual forma afectada. Los resultados encontrados en el presente proyecto indican que el agua residual de proceso húmedo de café se cataloga como relación baja (<2.5) y por ende la fracción biodegradable es elevada. Por lo anterior, se recomiendan tratamientos aerobios para tener mayores eficiencias, aunque los





anaerobios de igual forma podrían mostrar ventajas como generación de productos de interés comercial como biogás, por lo anterior, podría ser viable el uso de un biofiltro para la depuración del agua residual, un humedal artificial o la implementación de un biorreactor aerobio que permita el crecimiento de un microorganismo que genera biomasa al consumir la carga orgánica del agua residual.

## Conclusiones

Después de realizar los resultados, se puede concluir que el nivel de biodegradabilidad de la fracción biodegradable es elevada y es posible el uso biológico como medio de depuración. Esto permitirá a futuro evaluar procesos de tratamiento adecuados para que las características del efluente puedan cumplir la normatividad NOM-001-SEMARNAT-1996 en caso de ser descargadas en un cuerpo de agua superficial como lo es un río o incluso si después del tratamiento cumple los lineamientos de la NOM-003-SEMARNAT-1997, el agua incluso podría ser rehusada como riego en los cafetales y de esta manera disminuir la demanda de agua del beneficio.

## Literatura Citada

- Campos, L. y D. Durán. 2019. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales agrícolas generadas en el beneficio húmedo del café en la finca Buena Vista; Planadas Tolima, 2019. Tesis de ingeniería ambiental. Universidad del Bosque, Bogotá, Colombia. 101 p.
- Contreas, K., Y. Mendoza, G. Salcedo, R. Oliviero and G.Y Mendoza. 2015. El nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación del agua. *Producción + Limpia* 10(1):40-50.
- Cristancho, F. 2011. Diseño de un tratamiento de las aguas residuales del proceso de desmucilagínación del café con extractos vegetales en la finca “La Pedregosa” Municipio de Anolaima-Cundinamarca. Tesis de ingeniería ambiental. Universidad distrital Francisco José Caldas, Bogotá, Colombia. 124 p.



- Dinçer, A. 2020. Increasing BOD<sub>5</sub>/COD ratio of non biodegradable compound (reactive black 5) with ozone and catalase enzyme combination. *Appl. Sci.* 2(736):3-13.
- Mejía, S. 2018. Manejo de aguas residuales provenientes del beneficio húmedo del café en la zona cafetera central de Colombia. Monografía en línea. Universidad nacional abierta y a distancia UNAD. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. Medellín, Colombia. 101 p.
- Norma mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua – medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 18 de abril de 2016.
- Norma mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis de agua – Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Diario Oficial de la Federación, 17 de abril de 2001.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Límites máximos permisibles de contaminantes para las de aguas residuales tratadas que se reusen en servicio público. Diario Oficial de la Federación, 20 de noviembre de 1998.
- Ortíz, N. y C. Montes. 2018. Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo impacto ambiental para una finca cafetalera en el municipio de El Pital-Huila. Tesis de ingeniería civil. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. 59 p.
- Pire, M., K. Rodríguez, M. Fuenmayor, Y. Fuenmayor, H. Acevedo, S. Carrasquero y M. Díaz. 2011. Biodegradabilidad de las diferentes fracciones de agua residual producidas en una tenería. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 21(2):5-19.
- Salazar L., R. Quiroga, L. Castillo y H. Vega. 2013. Diagnóstico del tratamiento de aguas residuales mediante los sistemas Cenicafé y Majavita del beneficio de café con módulo Becolsub en la Hacienda Majavita. *Innovando en la U.* 5(4):22-32.
- Samudro, G. and S. Mangkoedhardjo. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: a triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels. *International Journal of Academic Research* 2(4): 235-239.
- Torres, L., A. Sanín, A. Arango y J. Serna. 2019. Caracterización fisicoquímica y microbiología de aguas mieles del beneficio del café. *Revista ION* 32(2):59-66.



# MANEJO DE AGUA COMO INDICADOR DE CULTURA AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS DE ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ

*Loida Melgarejo Galindo<sup>1</sup>, Doreidy Melgarejo Galindo<sup>1</sup>, Rosalía Janeth Castro Lara<sup>1</sup> y Carmen Montserrat Calleja Morales<sup>1</sup>*

---

## Resumen

La adecuada relación del hombre con su entorno y el cuidado de los recursos naturales reflejan la cultura ambiental. La conservación de nuestro entorno, depende preservación del medio y sus recursos naturales, incluyendo el sector empresarial. En este caso como recurso indispensable, se identifica el manejo del agua que se realiza en empresas del municipio de Úrsulo Galván a través de la evaluación de las actividades referentes al almacenamiento de agua, programas de ahorro de agua, reutilización del agua en las distintas empresas, uso de agua reciclada en las zonas con jardín. Se empleó una investigación descriptiva mediante la técnica entrevista. Se obtuvieron los siguientes resultados: evaluación del manejo de agua como indicador de cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz y el determinar que frecuentemente el manejo del agua no se implementa de forma adecuada en las empresas del lugar de estudio.

**Palabras clave:** concientización, medio ambiente, organizaciones, recursos naturales

## Introducción

El deterioro del medio ambiente es un problema que aqueja a nivel mundial, debido a su determinante relevancia para la subsistencia. Por ello, la importancia de su conservación y adecuado cuidado, así como de los recursos que nos provee, como lo es el agua, “La importancia del agua se inscribe en la cadena de las necesidades absolutas para la

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.



conservación de todas las especies vivientes. Recurso vital no sustituible, es por naturaleza el elemento más irremplazable de la vida. Recurso circular, toda utilización implica una alteración de todo el ecosistema. Recurso fluido, desafía las fronteras tanto naturales como artificiales. Recurso de múltiples usos, suscita intereses diversos y a menudo divergentes. Rolland *et al.*, (2010).

El agua se establece como un recurso indispensable y su uso y manejo debe ser prioridad en la individualidad así como en los entes sociales, políticos y económicos; éste último abarca el sector empresarial, las cuales no deben exentar la preocupación de generar una adecuada cultura ambiental, además de ser una actividad normativa requerida por parte de las autoridades, cumplir normativas en pro del cuidado de medio ambiente, a fin de no tener problemáticas de índole legal, así, “La gestión del agua debe ser una preocupación de todas las organizaciones, en cualquier actividad productiva. La responsabilidad ambiental de la empresa debe superar el deber legal, implementando acciones de producción más limpia, control de calidad del agua y aprovechamiento adecuado del agua, en procura del desarrollo sostenible” Bernal (2011).

Es importante mencionar debemos considerar que el cuidado del medio ambiente y de los recursos es importante a nivel mundial. Algunos organismos han establecido diversas estrategias para el cuidado del medio ambiente, como lo establece la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019), donde especifica que la meta de la educación ambiental es “formar una población mundial consciente y preocupada con el medio ambiente y con los problemas asociados, que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos”.

Actualmente, existen proyectos y campañas que buscan el cuidado del medio ambiente, los cuales inician con la concientización de las personas, situación que ha llevado a realizar estudios respecto a manejo y cuidado del entorno. Asimismo, se ha evaluado la cultura ambiental (Monroy, 2013). En ese sentido se han realizado actividades en pro de su preservación y cuidado, como es el del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (Vilariño, 2018).

En apego a la investigación, se torna importante definir manejo de agua: “proceso mediante el cual se promueve la gestión coordinada y planificada del agua, el suelo y los recursos



relacionados a fin de optimizar los beneficios económicos y el bienestar social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. Por lo tanto, el aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles” (UICN, 2021).

En el Municipio de Úrsulo Galván, al ser cabecera municipal, aun cuando está catalogado como zona rural, la cultura ambiental toma relevancia por ser un lugar estratégico de la región, por su enfoque de captación de turismo regional, estatal y nacional; que conlleva a ser un lugar que marca el potencial económico de la zona, aunado a la localidad de Cempoala, que pertenece al mismo municipio.

Lo anterior, denota la importancia de evaluar la cultura ambiental de la zona y generar interés sobre las organizaciones, con el objetivo de evaluar del manejo de agua como indicador de cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

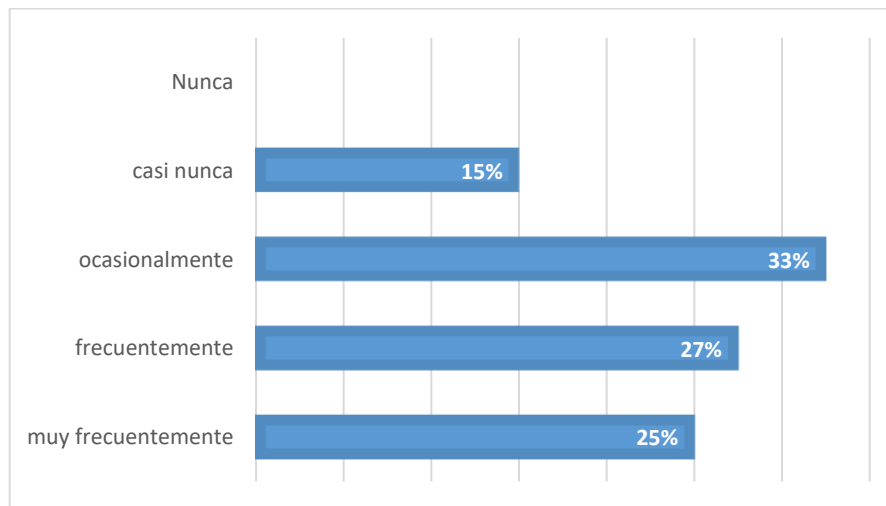
Se realizó una entrevista a los microempresarios de la localidad de Úrsulo Galván. Como técnica se empleó la entrevista, utilizando como instrumento un cuestionario estructurado, tipo escala de Likert con escala de valoración, lo anterior con la intención de cumplir con el objetivo de evaluar el manejo de agua como indicador de cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. La hipótesis de trabajo refiere a que El manejo de agua se implementa de forma adecuada muy frecuente en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

El instrumento fue aplicado de acuerdo a las 127 empresas registradas en la lista de la dirección de desarrollo económico. La aplicación se realizó en el periodo de septiembre a noviembre de 2019. Finalmente, la información fue recopilada en una base de datos Excel para su análisis.



## Resultados y Discusión

La investigación revela respecto al almacenamiento de agua que el 33% de los empresarios realizan ocasionalmente dicho almacenamiento, seguido del el 27% que realiza dicha actividad de manera frecuente, el 25% de los empresarios lo realizan muy frecuentemente y solo el 15% casi nunca almacena agua, como se muestra en la Figura 1.



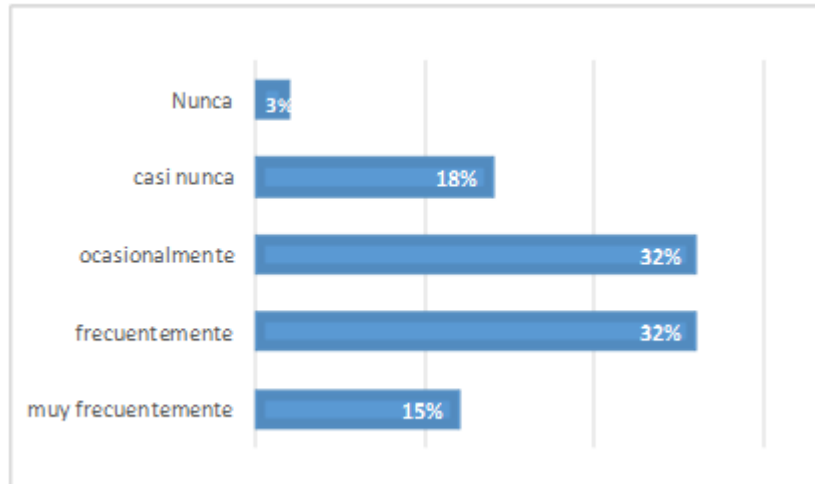
**Figura 5. Almacenamiento de agua.**

Así mismo, el ahorro y cuidado de agua al ser otro aspecto de cultura ambiental, fue otro aspecto a considerar en el estudio, en el que con igual porcentaje (32%) de empresarios manifestaron que frecuentemente y ocasionalmente implementa un programa de ahorro de agua, seguido del 18% de empresarios que indicaron casi nunca implementar programas de ahorro de agua, 15% que muy frecuentemente establecen de programa de ahorro y solo 3% nunca lo han realizado (Figura 2).

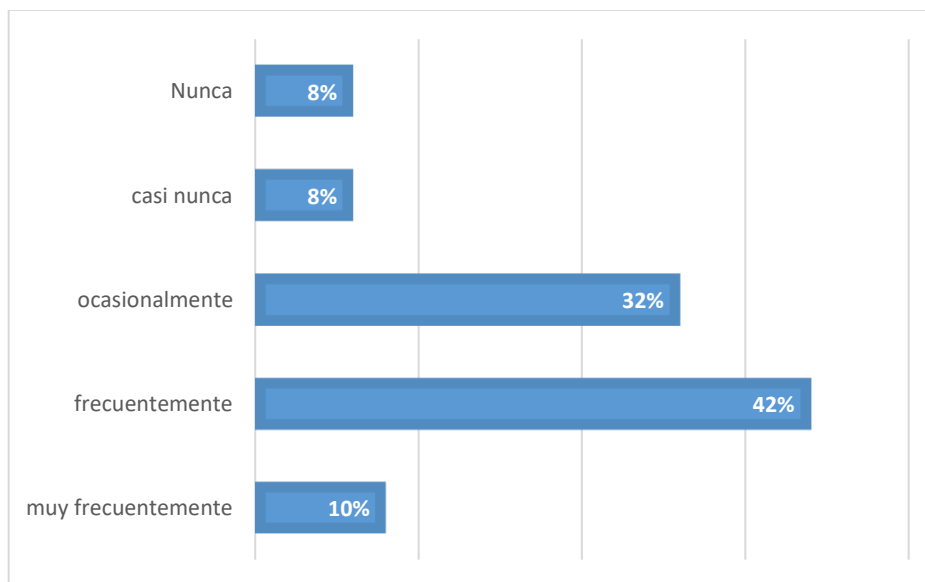
En relación a la concientización al personal sobre el manejo y clasificación del agua es relevante para el cuidado de la misma, al respecto el 42% de los negociantes indican que frecuentemente tratan de realizar conciencia entre el personal del manejo y clasificación de dicho elemento, seguido del 32% que ocasionalmente realizan dicha concientización, 10% manifiestan que tratan de concientizar de manera muy frecuente, finalmente en un mismo



porcentaje de 8%, casi nunca y nunca tocan este tema con el personal, tal como en la Figura 3 se representa.



**Figura 6 Programa de ahorro de agua.**

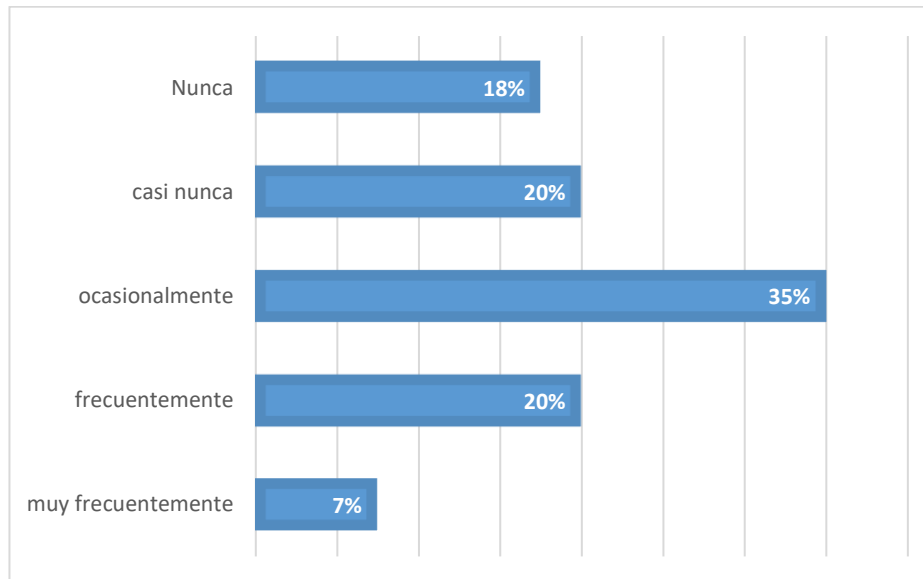


**Figura 3. Concientización al personal sobre el manejo del agua.**

Respecto a la reutilización de del agua para optimizar su uso, el 35% no indica que ocasionalmente realiza esta actividad, seguido de 20% lo realiza frecuentemente y con igual



porcentaje los manifiestan casi nunca realizarla, cantidad similar el 18% que declaró nunca reutilizar el agua y únicamente 7% indicaron realizarla muy frecuentemente (Figura 4).



**Figura 4. Reutilización del agua de la empresa.**

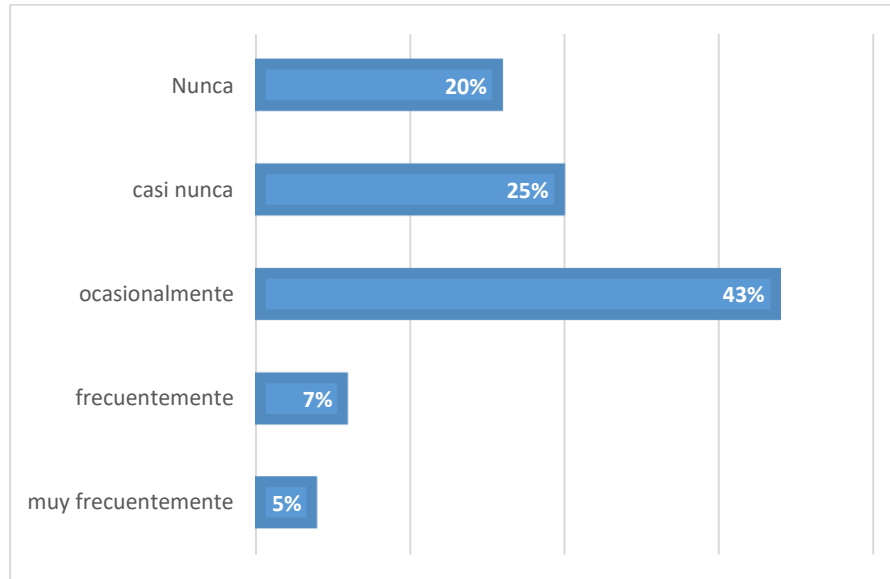
Finalmente, respecto al uso del agua reciclada para destinarlas a las zonas ajardinadas, el 43% indica que realiza dicha actividad ocasionalmente, seguido del 25% manifiestan casi nunca llevarlo a cabo, 20% que nunca lo han realizado, 7% que frecuentemente lo realiza y 5% de manera muy frecuente, tal como se muestra en la Figura 5.

De acuerdo a los resultados establecidos, Se coincide con UICN en que el “... *manejo de agua: “proceso mediante el cual se promueve la gestión coordinada y planificada del agua, el suelo y los recursos relacionados a fin de optimizar los beneficios económicos y el bienestar social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. Por lo tanto, el aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles”* ya que el manejo del agua, tal como se evalúa en la presente investigación, contempla en gran medida el hábito del almacenamiento del agua y con ello el planificar su uso racional, generando beneficios económicos para las empresas al reducir la cuotas de pago por consumo de tal elemento natural; así mismo, el que es necesarios que la organizaciones como en la del lugar





de estudio implemente programas sobre el uso racional del agua, que beneficia a la sociedad al contribuir a reducir la escasez de tal líquido vital.



**Figura 5. El agua reciclada se utiliza en las zonas ajardinadas.**

Así sí mismo, se concuerda con Bernal (2011), en que *“La gestión del agua debe ser una preocupación de todas las organizaciones, en cualquier actividad productiva. La responsabilidad ambiental de la empresa debe superar el deber legal, implementando acciones de producción más limpia, control de calidad del agua y aprovechamiento adecuado del agua, en procura del desarrollo sostenible”*, ya que no solo es responsabilidad de la sociedad en general sino también de las empresas el gestionar el uso adecuado del agua, a través de programas de almacenamiento, uso y ahorro del agua que contribuya al desarrollo sostenible dicho recurso.

Finalmente, se concurre con lo indicado por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019) *“que especifica que la meta de la educación ambiental es “formar una población mundial consciente y preocupada con el medio ambiente y con los problemas asociados, que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos”* ya que es fundamental generar una cultura ambiental no solo entre la población sino en las empresas, sobre el cuidado del medio ambiente y uso racional de los



recursos naturales, tal como lo es el agua, el cual actualmente se está volviendo recursos escaso, por lo que es de gran importancia su cuidado; para ello, las empresas deben contribuir a la generación conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso sobre el uso y ahorro del mismo, a través de la implementación de programas de concientización, reciclaje y reutilización de tal elemento que es vital para sociedad.

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos, se concluye que la mayoría de los empresarios (52%) tiene el hábito del almacenamiento del agua y con ello el prever el uso de dicho elemento, como se muestra. Así mismo, se logró el objetivo de investigación de *“Evaluar del manejo de agua como indicador de cultura ambiental en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz”* al evaluar la frecuencia con la que las empresas del lugar realizan almacenamiento del agua para la optimización de uso, así como el evaluar la frecuencia de implementación de programas de ahorro del agua, la frecuencia de concientización del personal sobre el manejo y ahorro del agua, del reciclaje y reutilización del agua que utilizan las organizaciones de estudio, los cuales son aspectos a de evaluación del manejo de agua, el cual es indicador que de cultura ambiental. También se rechaza la hipótesis *“El manejo de agua se implementa de forma adecuada muy frecuentemente en las empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.”* que como se muestra en la Figura 1, solo el 25% realiza muy frecuentemente almacenamiento del agua para su optimización, a la par, solo el 15% de la organizaciones implementan muy frecuentemente programas de ahorro (Figura 2), así como, el que únicamente 10% de las empresas concientizan a su personal sobre el adecuado manejo del agua (Figura 3), y solo 7% y 5% respectivamente, realizan actividades de reutilización y reclame del agua (Figura 4 y 5), lo que conlleva a que a una emitente necesidad que la empresa del lugar implementen estrategias tendientes a un adecuado manejo y uso del agua para su optimización y aprovechamiento. Finalmente, en lo sucesivo, es necesario sensibilizar a las empresas del lugar de estudio sobre la importancia de adecuado manejo del agua en cada una de las actividades en la que se dispone de ella.



## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México Campus Úrsulo Galván por las facilidades para realizar la presente investigación, y al personal de las empresas encuestadas.

## Literatura Citada

- Álvarez, G., y J. Delgado. 2015. Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf> [Consultado 10 de julio de 2021]
- Bernal, A. Y. 2011. Gestión del agua – una preocupación de las empresas ambientalmente responsables. *Revista Universidad Y Empresa*, 12(19), 87-106. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/1300> [Consultado 07 de julio de 2021]
- Hernandez, R., Fernández, C., y Baptista, M. D. 2010. *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Cd. de México: México.
- Monroy, H. O. 2013. Manejo sustentable del agua en México. *Revista digital universitaria*. 14(10).
- Rolland, L. y C. Y. Vega. 2010. La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2), 155-188. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-23332010000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006&lng=es&tlng=es). [Consultado 15 de julio de 2021]
- UICN. 2021. Manejo integral del agua. Portal sobre conservación y equidad social. <https://www.portalces.org/biblioteca/manejo-integral-del-agua> [Consultado 09 de julio de 2021]
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. México, larga experiencia en educación y cultura ambiental. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-larga-experiencia-en-educacion-y-cultura-ambiental?idiom=es>. [Consultado 01 de julio de 2021]
- Vilariño, A. 2018. La gestión responsable del agua en las empresas: riesgos y oportunidades, <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/08/la-gestion-responsable-del-agua-en-las-empresas-riesgos-y-oportunidades/> [Consultado 05 de julio de 2021]



## MANEJO AMBIENTAL DE TEQUILA Y MIXTLA DE ALTAMIRANO, VERACRUZ CON TÉCNICAS DIGITALES DSS-RSMOV

*Finlandia Barbosa Moreno<sup>1\*</sup>, Luis Eduardo García Mayoral<sup>1</sup>, Verónica Mariles Flores<sup>1</sup>,  
Miguel Ángel Cano García<sup>1</sup> y Luis Antonio Gálvez Marroquín<sup>1</sup>*

---

### Resumen

En noviembre - diciembre de 2020 y enero de 2021, se definieron los problemas ambientales-agrícolas que tienen las localidades de los municipios de Tequila y Mixtla de Altamirano, para lo cual se hicieron dinámicas grupales de preguntas y respuestas con los participantes locales ubicados en la parte alta, media y baja del área geográfica municipal. El objetivo del presente trabajo fue la ordenación de dicha problemática con el uso del software Resource Management System Options Worksheet (RMSOW) y la clasificación de alternativas de solución con el Facilitator (DSS Tool) (Sistema de Soporte de Decisiones), para la definición de un plan de manejo a nivel municipal. Los resultados fueron: 1) los problemas frecuentes en los dos municipios: la falta de acceso a las localidades, la deforestación y la presencia constante de derrumbes; 2) el principal problema desde la perspectiva social en el municipio de Tequila es la escasez de agua y 3) en Mixtla de Altamirano la deforestación. Las recomendaciones para contribuir a disminuir estos problemas son: para Tequila a) Cubierta herbácea ribereña y b) Manejo de residuos; en Mixtla a) Plantación en áreas críticas y b) Cultivos de cobertura. Para ejecutar cada recomendación se proponen tecnologías INIFAP como: en Tequila a) “Importancia de la implementación de obras de conservación de agua y suelo” y b) “Impacto de la agricultura de conservación en propiedades físicas del suelo y rendimiento de la rotación maíz avena”; y en Mixtla de Altamirano a) “Establecimiento y manejo de especies forrajeras con el método de Mapeo de Rancho” y b) “Leguminosas de Cobertura para Mejorar y Sostener la Productividad de Maíz”. La implementación y monitoreo del plan de manejo basado en recomendaciones, se medirá con indicadores, estas actividades son útiles y aplicables para

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Autor por correspondencia: barbosa.finlandia@inifap.gob.mx



los municipios en cuestión, mientras que su impacto se medirá en el tiempo por la institución Fondo para la Paz.

**Palabras clave:** recursos Naturales, Gestión Social, Manejo Integral de Cuencas

## Introducción

Los municipios de Tequila y Mixtla de Altamirano pertenecen al estado de Veracruz y se ubican en los 18° 42', 18° 48' y los 96° 57', 97° 08' para el caso de Tequila y Mixtla en los 18° 33', 18° 39' y los 96° 56', 97° 02'; tienen una población promedio de 14648 a 10387 personas, con escolaridad de 5 a 3 años, la mayor parte de la cual habla náhuatl (INEGI, 2020). En el caso de indicadores ambientales, la principal actividad en Tequila es la producción forestal maderable, con un valor promedio de 230 miles de pesos, en Mixtla es de cero; hay descargas de aguas residuales sin tratamiento en ambos municipios y un promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados de 1000 y 400 kg respectivamente. Las unidades de producción en Tequila y Mixtla ocupan una superficie de 12394.64 a 6201.72 ha de las cuáles 10935.75 y 6022.07 ha son de propiedad privada; en estas unidades las áreas erosionadas van desde las 7.4 a 0.7 ha; la mayor parte de ellas son destinadas a la agricultura (SEFIPLAN, 2016).

El municipio de Tequila tiene 622 localidades y Mixtla 42 para hacer un total de 664 (INEGI, 2020) en donde la planificación y ordenación de las mismas depende las características del medio físico y de la población que lo habita; para ello, se han desarrollado múltiples técnicas de ordenamiento territorial, una de las cuáles es el Manejo Integral de Cuencas, en donde la meta es determinar los problemas tanto ambientales como socioeconómicos y atenderlos de acuerdo a la aptitud natural del medio físico, para lo cual la población es el principal agente activo y promotor en la realización de actividades y acciones.

El presente trabajo se realizó para los municipios mencionados con el objetivo de elaborar un plan de manejo basado en recomendaciones y alternativas de solución a los problemas ambientales-agrícolas de la zona, para lo cual se utilizaron programas digitales automatizados a nivel municipal; por lo que el presente estudio es uno de los pocos trabajos que usa dichos programas a este nivel y se confirma que este software es útil para áreas geográficas locales.



## **Materiales y Métodos**

En Tequila y Mixtla de Altamirano se elaboró un plan de manejo municipal basado en alternativas y recomendaciones; para el criterio técnico se realizó una descripción geográfica del medio físico utilizando la metodología de Manejo Integral de Cuencas (López, 2014), esta última es un conjunto de acciones y actividades realizadas por la población local para lograr el desarrollo rural sustentable; el criterio social y ambiental comprendió entrevistas en talleres presenciales con técnicos y habitantes de los municipios. Los resultados obtenidos se analizaron con Arc GIS Earth (ESRI, 2020) y mediante las aplicaciones digitales de Resource Management System Options Worksheet (RMSOW) (Dosskey *et al.*, 2012) y el Facilitator (DSS Tool) (Sistema de Soporte de Decisiones) (Plaza y Turetken, 2009 y Sánchez *et al.*, 2010).

## **Resultados y Discusión**

### *Área de Estudio*

#### 1. Vegetación

El municipio de Tequila tiene vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña y de pino en el 66% de su superficie, 20% está destinada para uso agrícola (agricultura manual y de temporal), 11% es de vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y la zona urbana solo abarca el 3%; por lo que el uso potencial del suelo es forestal, de forma predominante.

En Mixtla de Altamirano el 70% del área es destinada para agricultura de temporal anual, 23% para vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña, 4% zona urbana y 3% para vegetación secundaria de selva alta perennifolia; la agricultura que se practica es de subsistencia.

#### 2. Suelos

Las clases de suelo que tiene Tequila son Luvisoles-cambisoles en un 83%, Acrisoles-cambisoles en 13% y un poco de Regosoles-phaeozems (1%); en Mixtla de Altamirano también la predominancia es de Luvisoles-cambisoles en un 90% y Acrisoles-cambisoles-regosoles en 6%. Los luvisoles son suelos que se forman en suaves pendientes o llanuras y se caracterizan



por la presencia de arcillas lavadas provenientes de zonas de altitudes elevadas. Los acrisoles son los denominados suelos ácidos que tienen gran presencia de arcillas y se encuentran de forma principal en áreas con alta densidad vegetal como las zonas boscosas. Los cambisoles son suelos en formación o en desarrollo, mejor conocidos como suelos jóvenes, pueden tener un horizonte superficial con presencia de materia orgánica descompuesta o en proceso de descomposición.

### 3. Fisiografía

Tequila y Mixtla de Altamirano, se ubican en la Sierra Madre del Sur, las Sierras Orientales y la Sierra de cumbres tendidas con altitudes promedio que van desde los 400 a los 2700 msnm; la zona de baja altitud para Tequila inicia en los 600 msnm y la de alta hasta los 2700 msnm, mientras que en Mixtla de Altamirano la de baja es de 400 msnm y la de alta de 2400 msnm.

### 4. Hidrología

Los municipios se ubican en la región hidrológica del Papaloapan y en las subcuencas Río Blanco y Río Petlapa para Tequila y Mixtla de Altamirano respectivamente, las principales corrientes de agua son Xoxocotla, Popocatl y Pipitzocohtla (Tequila); y Apatlahuaya, Tonto y Moyotepec (Mixtla de Altamirano).

### 5. Clima

En Tequila el clima es templado húmedo con lluvias en verano en un 56% de su superficie, semicálido húmedo con lluvias en verano para el 32% y semicálido húmedo con lluvias todo el año en 12% de su área; el promedio de temperatura es de 14-22°C con un rango de precipitación de 1400-2600 mm. Para Mixtla de Altamirano predomina en el 82% de su área el clima semicálido húmedo con lluvias todo el año y el templado húmedo con lluvias en verano para una cobertura del 18%, la temperatura promedio es de 14-24°C y una precipitación de 2400-2600 mm.

### 6. Geología

La mayor parte de las rocas que se encuentran en los dos municipios son sedimentarias provenientes de los períodos Cretácico y Jurásico, entre estas rocas encontramos calizas en un 70% de la superficie promedio por cada municipio y lutitas-areniscas en un 24 al 11% de las áreas municipales



## 7. Sistemas de producción agrícola, forestal y pecuaria

En Tequila la mayor producción agrícola es de café cereza con un volumen promedio de 3162.5 ton, seguida del maíz para grano en 2186.7 ton y el frijol con 16.2 ton; en el ámbito pecuario los porcinos ocupan el primer lugar para un volumen de producción de 51.9 ton, después los caprinos con 9.4 ton y aves en 8.1 ton. Para el caso de Mixtla de Altamirano las condiciones de producción son un poco similares, solo que en este municipio se destaca la producción anual de maíz de grano con 1006.9 ton, café cereza en 712.8 ton y frijol con 24 ton; en ganadería el volumen de producción de porcinos es de 56.5 ton, ovinos con 16.1 ton y caprinos en 7.4 ton.

## 8. Erosión de suelos

En Tequila y para las siguientes localidades: Chapultepec el Grande, Mitepec, Xalxocotla, Coxititla, Poxcautla, Ocotempa, Atlajco, Oxtotitla, Popocatepec, Santa Cruz, Moxala, Tepapalotla, Zacatlamanca I, Zacatlamanca II, Ahuatepec, Atempa, La Cumbre, Buena Vista, Tolapa, Tlazacapixco y Las Tlaxcas; las tasas erosivas no son altas y por lo tanto no son representativas para considerarlas como áreas erosivas. En Mixtla de Altamirano para Tenexcalco, Capultitla, Teapa Ocotempa, Coximalco y Ahuacatla, la degradación del suelo es de tipo química (SEMARNAT, 2004).

A nivel municipal se determinó la erosión potencial para los dos municipios; en 854 has de Tequila se pierden de 50 a 200 t/ha/año de la clase de suelo luvisol, con un potencial de alto a muy alto y para pendientes del 15 al 45%. Mixtla de Altamirano tiene zonas de erosión moderada donde hay vegetación natural y secundaria, pero con pendiente alta; la erosión alta (50-200 t/ha/año) comprende áreas agrícolas, urbanas y caminos, con pendientes del 15 al 45%, esta última tasa erosiva es de atención prioritaria con fines de conservación de suelos.

## 9. Riesgos geológicos

En Tequila y Mixtla los riesgos más comunes son los deslaves (Mora *et al.*, 2010) y esto se debe a la presencia de rocas sedimentarias en ambos municipios; como lutitas, calizas y limolitas-areniscas; fallas geológicas inversas en cerca de 6000 metros; una fractura de 7000 metros en dirección noroeste-sureste y las altas precipitaciones de 1900 a 2000 mm anuales.

## 10. Recursos hídricos

Los municipios de Tequila y Mixtla, se ubican en una zona de climas templados-semicálidos húmedos, con una probabilidad del 10% de lluvias en el año, precipitaciones que van de los





1800 a 2000 mm, por lo cual hay una alta disponibilidad de agua de escurrimiento, que forma numerosas corrientes intermitentes que pueden aprovecharse.

#### *Problemática municipal*

En los planes de manejo a nivel de cuenca, el componente más activo es la población, para el presente trabajo el plan de manejo recomendado es a nivel municipal, por lo cual se hace importante considerar a la población local que habita en cada municipio, en este caso Tequila y Mixtla, ya que son los principales responsables en llevar a cabo todas las actividades y acciones que se proponen en el plan. En el mes de noviembre de 2020 se realizaron talleres en los municipios de Tequila y Mixtla de Altamirano con la finalidad de definir los problemas agrícolas-ambientales que se tienen en las diferentes localidades que forman parte de dichos municipios. Los resultados generales de los cuatro talleres realizados son los siguientes:

- 1) El total de usuarios participantes fue de 46; 36 del municipio de Tequila y 10 de Mixtla de Altamirano.
- 2) Las localidades de los participantes fueron Ayahualulco, Poxcautla, Coxititla, Xalxocotla, Popocatepec, Atlasco, Oxtotitla, Buenavista, Zacatlaman, Santa Cruz, Tolapa, Tlazacopiaco, Atempa, Miltepec, Ocotempa, Moxala, Tepapalotla, Los Tlaxcas, Tolapa, Capuititla, Tenexcalco, Coximalco y Ahuacatla.
- 3) Los problemas comunes en los dos municipios fueron: la falta de vías de comunicación, la deforestación y la presencia constante de derrumbes.
- 4) El principal problema desde la perspectiva social en el municipio de Tequila es la escasez de agua potable.
- 5) En el caso de Mixtla de Altamirano la deforestación (García *et al.*, 2020).
- 6) Los problemas con mayor presencia en Tequila son la escasez y distribución del agua, deforestación y cambio de uso de suelo, para Mixtla de Altamirano son la deforestación, contaminación del agua y baja producción de granos básicos (maíz, frijol y ejote).
- 7) Los problemas secundarios en Tequila son, falta de alternativas productivas agrícolas, azolve de sedimentos e incendios forestales, en Mixtla de Altamirano el deterioro de la vegetación natural, caza clandestina de animales silvestres y erosión de suelos.
- 8) La secuencia de problemas para los dos municipios es la siguiente: Factor humano>Condición de la Vegetación>Condición del Suelo.



9) En Tequila es Cantidad de Agua>Condición de la Vegetación>Factor humano; 10) Mixtla de Altamirano: Condición de la Vegetación>Calidad de agua> Factor humano.

En los meses de diciembre de 2020 a febrero de 2021 se analizaron los resultados de los talleres impartidos; para lo cual fue necesario elaborar una matriz de efectos físicos que incluyera los problemas más importantes observados por la población, que fueron: falta de vías de comunicación, deforestación y la presencia constante de derrumbes para ambos municipios. Las localidades de Tequila tienen como problema principal la escasez y distribución del agua y las de Mixtla la deforestación; de acuerdo con la valoración realizada por el DSS (Sistema de Soporte de Decisiones) (Kanakoudis *et al.*, 2014) el problema central en los dos municipios fue: “Pérdida de la cubierta vegetal por diversas causas con impacto negativo en el modus vivendi de la población aguas arriba de las subcuencas hidrológicas Río Blanco y Río Tonto bajo la hipótesis de que la deforestación es debida al desconocimiento de técnicas de manejo forestal sustentable y agrícolas, lo que además ocasiona erosión y derrumbes”. En referencia a dicho problema y a los problemas secundarios identificados en las localidades de los dos municipios, las recomendaciones o alternativas propuestas son las siguientes: barreras vegetativas; establecimiento de árboles o arbustos; terrazas; cultivo en franjas; barreras de rocas; cubierta herbácea en ríos; manejo de residuos; planificación de quemas; estanques; transporte de agua de ríos en tuberías, canales y zanjas; protección de áreas de uso intensivo; plantación en áreas críticas; cultivo de cobertura; agricultura de contorno; rotación de cultivos de conservación y caminos de acceso. Los criterios ambientales para cuantificar estas alternativas son: erosión laminar, erosión en barrancos, erosión en corrientes, erosión en caminos, deposición de sedimentos, escorrentía, uso ineficiente de agua en zonas de temporal, exceso de nutrientes en aguas subterráneas, incendios forestales y cambio de uso de suelo (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Matriz de efectos físicos para las localidades de Tequila y Mixtla de Altamirano.**

CRITERIOS	Erosión			Suelo			Contaminación de agua			Vegetación		Otros
	Laminar y en arroyos	En barrancos	Hídrica en corrientes	Del suelo en caminos	Daños por Depósito de sedimentos	Esorrentía excesiva, inundaciones o estanques	Uso ineficiente de agua en zonas de temporal	Exceso de nutrientes orgánicos en las aguas subterráneas	Incendios forestales	Cambio de uso de suelo	Bienestar de la comunidad	
<b>ALTERNATIVAS</b>												
Barreras Vegetativas	0.6	0.8	0	0	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0
Establecimiento de árboles / arbustos	0.6	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0.4	0	0.8	0.2	0.2
Terraza	0.6	0.6	0	0.6	0	0	0.4	0	0	0.2	0	0
Cultivo en franjas	0.8	0.4	0	0	0.6	0.2	0.4	0	0	0	0	0
Barrera de rocas	0.6	0.8	0.4	0.2	0.4	0	0.4	0	0	0	0	0
Cubierta herbácea ribereña	1	0.4	1	0	0.8	0	0.8	0.4	0	0.6	0.8	0.8
Manejo de residuos, labranza cero / labranza en franja / semilla directa	1	0.6	0	0	0.8	0.2	0.8	0	0	0	0	0
Planificación de quemas	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	1	0.4	0	0
Estanque	0	0	0	0	0.4	0.4	0	0	0.2	0.6	1	0.6
Transporte de agua de riego, tubería	0	0	0	0	0.8	0.4	0	0.6	0.2	0.4	0	0
Transporte de agua de riego, revestimiento de zanjas y canales	0	0	0	0	0.4	0.4	0	0.4	0.2	0.2	0	0
Protección de áreas de uso intensivo	0.2	0.6	1	1	0.2	0	0	0	0.6	0.8	0	0
Plantación en áreas críticas	1	1	0.8	1	0.6	0.2	0.2	0.2	0	1	0.6	0.6
Cultivo de cobertura	0.8	0.6	0	0	0.6	0.4	0.2	0.2	0	1	0	0
Agricultura de contorno	0.6	0.6	0	0	0.6	0.2	0.2	0	0	0	0	0
Rotación de cultivos de conservación	0.6	0.6	0	0	0.6	0.4	0.6	0.2	0	0.6	0	0
Camino de acceso	0	0.6	0.8	0.6	0	0	0	0	0.8	0.6	0.4	0.4



En el Cuadro 1 se muestra la matriz que se obtuvo como resultado de los talleres realizados en las localidades mencionadas de los dos municipios, en esta se observan los problemas identificados, así como las alternativas o recomendaciones que se proponen en valores que van de cero a uno (cero= ningún efecto y 1=valor máximo positivo); por ejemplo para la alternativa de barreras vegetativas cuando el criterio o problema es la erosión laminar y en arroyos el valor es de 0.6, esto quiere decir que una barrera vegetativa tiene un efecto positivo en el control de la erosión laminar de 0.6; los valores, criterios y alternativas se determinaron de acuerdo a las calificaciones que la población local le otorgo a cada uno de los problemas, mientras que la estructura y organización de la matriz se hizo utilizando el software RMSOW. La calificación de cada una de las alternativas o recomendaciones se realizó en función del criterio más importante con el que la población local quiso valorar la alternativa; en el caso de las localidades de Tequila el problema más importante es la escasez y distribución del agua potable, este problema está inmerso en el uso ineficiente de agua en zonas de riego, erosión y cambio de uso de suelo. La ordenación de alternativas o recomendaciones a realizarse que se obtuvieron con el Facilitador (DSS Tool) fueron : 1.- Cubierta herbácea ribereña, 2.- Manejo de residuos, 3.- Plantación en áreas críticas, 4.- Rotación de cultivos de conservación, 5.- Establecimiento de árboles o arbustos, 6.- Protección de áreas de uso intensivo, 7.- Barrera de rocas, 8.- Terrazas, 9.- Caminos de acceso, 10.- Cultivos de cobertura, 11.- Barreras vegetativas, 12.- Cultivo en franjas, 13.- Agricultura de contorno, 14.- Transporte de agua en tuberías, 15.- Estanques, 16.- Quemadas planificadas y 17.- Transporte de agua de riego, revestimiento de zanjas y canales.

A continuación, se describen las alternativas de mayor impacto por cada municipio, así como la tecnología propuesta por INIFAP para poder realizar dichas alternativas, esto de acuerdo con el nivel de organización y concientización de la población local y la disponibilidad de recursos económicos.

#### Alternativas Tequila:

1.- Cubierta herbácea ribereña: Las áreas ribereñas son ecosistemas que se encuentran a lo largo de cursos de agua o en la franja de cuerpos de agua. La cubierta herbácea ribereña consiste en pastos, plantas similares a pastos y hierbas.

Tecnología INIFAP: "Importancia de la implementación de obras de conservación de agua y suelo"



2.- Manejo de residuos, labranza cero / labranza en franja / semilla directa: Consiste en manejar la cantidad, orientación y distribución de los residuos de cultivos y otras plantas en la superficie del suelo durante todo el año mientras se limitan las actividades que alteran el suelo a solo las necesarias para adicionar nutrientes, acondicionar residuos y plantar cultivos.

Tecnología INIFAP: “Impacto de la agricultura de conservación en propiedades físicas del suelo y rendimiento de la rotación maíz avena”

3.- Plantación en áreas críticas: Establecer vegetación, como árboles, arbustos, enredaderas, pastos o leguminosas, en áreas altamente erosionables o críticamente erosionadas (no incluye la plantación de árboles principalmente para productos de madera).

Tecnología INIFAP: “Importancia de la cobertura vegetal en la conservación de los recursos agua y suelo en pastizales desérticos”

En Mixtla de Altamirano la deforestación es el principal problema ocasionado por el cambio de uso de suelo, por lo que el orden con el que se deben llevar a cabo las alternativas las prioritarias son: 1.- Plantación en áreas críticas, 2.- Cultivos de cobertura, 3.- Establecimiento de árboles o arbustos y 4.- Protección de áreas de uso intensivo; las intermedias son 5.- Cubierta herbácea ribereña, 6.- Estanques, 7.- Rotación de cultivos de conservación y 8.- Caminos de acceso; y las de menor atención son 9.- Transporte de agua en tuberías, 10.- Manejo de residuos, 11.- Barrera de rocas, 12.- Agricultura de contorno, 13.-Cultivo en franjas, 14.- Terrazas, 15.- Barreras vegetativas, 16.- Quemadas planificadas y 17.- Transporte de agua de riego, revestimiento en zanjas y canales.

Las recomendaciones para Mixtla se explican a continuación, así como la tecnología disponible de INIFAP para poder realizarlas; la implementación de estas depende de la población local y de su capacidad económica y organizacional.

Alternativas Mixtla de Altamirano:

1.- Plantación en áreas críticas: Establecer vegetación, como árboles, arbustos, enredaderas, pastos o leguminosas, en áreas altamente erosionables o críticamente erosionadas (no incluye la plantación de árboles principalmente para productos de madera).

Tecnología INIFAP: “Establecimiento y manejo de especies forrajeras con el método de Mapeo de Rancho”

2.- Cultivos de cobertura: Hierbas, leguminosas, herbáceas u otras plantas herbáceas establecidas para fines de conservación y cobertura estacional.



Tecnología INIFAP: “leguminosas de cobertera para mejorar y sostener la productividad de maíz”

3.- Establecimiento de árboles o arbustos: Establecimiento de plantas leñosas mediante la plantación de plántulas o esquejes, siembra directa o regeneración natural.

Tecnología INIFAP: “Modelo de gestión de cuencas hidrográficas para disminuir la vulnerabilidad de los recursos naturales ante desastres ocasionados por precipitaciones extremas en el estado de Chiapas”

#### *Zonificación de Recomendaciones*

El análisis del diagnóstico físico del medio geográfico y los resultados de los talleres, en donde se categorizaron los problemas desde el punto de vista de los usuarios locales, permitieron delimitar las áreas que requieren atención en un corto plazo de tiempo para ambos municipios. Las alternativas para estas zonas se muestran en los Cuadros 2 y 3.

La mayor parte de las recomendaciones tienen que ver con el establecimiento de la vegetación natural en la zona y un manejo de la distribución y densidad de cultivos para áreas agrícolas; la secuencia de ejecución de recomendaciones es desde la Zona I a la Zona III, por lo que la superficie de atención prioritaria es aquella con pendientes entre el 15 y 45%.

**Cuadro 2. Recomendaciones de manejo en Tequila.**

Zona	Uso del Suelo	Pendiente (%)	Recomendación
I	a) Pastizales	15-45	1. Cubierta herbácea ribereña 3. Plantación en áreas críticas 5. Establecimiento de árboles y arbustos
	b) Agrícola	15-30	2. Manejo de residuos 4. Rotación de cultivos
II	a) Pastizales	15-45	1. Cubierta herbácea ribereña 3. Plantación en áreas críticas 5. Establecimiento de árboles y arbustos
	b) Agrícola	15-30	2. Manejo de residuos 4. Rotación de cultivos
III	a) Pastizales	15-45	1. Cubierta herbácea ribereña 3. Plantación en áreas críticas 5. Establecimiento de árboles y arbustos



**Cuadro 3. Recomendaciones de manejo en Mixtla.**

Zona	Uso del Suelo	Pendiente (%)	Recomendación
I	a) Agrícola	15-30	2. Cultivos de cobertura 3. Establecimiento de árboles y arbustos 4. Protección de áreas de uso intensivo
	b) Pastizal	15-45	1. Plantación en áreas críticas 3. Establecimiento de árboles y arbustos 5. Cubierta herbácea ribereña
II	a) Agrícola	<8 y 15-30	2. Cultivos de cobertura 3. Establecimiento de árboles y arbustos 4. Protección de áreas de uso intensivo
	b) Vegetación natural y secundaria	15-45	1. Plantación en áreas críticas 3. Establecimiento de árboles y arbustos 5. Cubierta herbácea ribereña
III	a) Agrícola	<8 y 15-30	2. Cultivos de cobertura 3. Establecimiento de árboles y arbustos 4. Protección de áreas de uso intensivo

### Conclusiones

El uso del RMSOW y el Facilitator DSS Tool permitió ordenar los problemas ambientales y agrícolas observados por la población local de los municipios de Tequila y Mixtla de Altamirano, así como clasificar las alternativas técnicas de solución con criterios sociales y ambientales, de tal manera que el plan de manejo desarrollado con base en recomendaciones consideró las opiniones de los habitantes locales, especialistas técnicos y la aptitud natural de los ecosistemas en las diferentes comunidades lo que aumenta la precisión en el diseño del plan municipal.

### Agradecimientos

Los resultados son parte del proyecto “Generación de recomendaciones para un plan de desarrollo territorial comunitario en los municipios de Tequila y Mixtla de Altamirano, Veracruz” financiado por Fondo para la Paz IAP.



## Literatura Citada

- Dosskey, M., G. Wells, G. Bentrup and D. Wallace. 2012. Enhancing ecosystem services: Designing for multifunctionality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67(2): 37A-41A. <https://doi.org/10.2489/jswc.67.2.37a>
- ESRI. 2020. ArcGIS Earth for Desktop quick start guide.
- García-Núñez, R. M., S. Ugalde-Lezama, I. A. Sandoval-Pérez and C. Romero-Díaz. 2020. Sistemas agroforestales y mariposas diurnas en zonas con efecto de borde en bosque mesófilo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2): 353–363. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2306>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2020. Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). CUADERNILLOS MUNICIPALES 2020. Tequila. 11 p.
- Kanakoudis, V., S. Tsitsifli, M. Cerk, P. Banovec, P. Samaras and A. I. Zouboulis. 2014. Basic Principles of a DSS Tool Developed to Prioritize NRW Reduction Measures in Water Pipe Networks. *Water Quality, Exposure and Health*, 7(1): 39–51. <https://doi.org/10.1007/s12403-014-0111-0>
- López B. W. 2014. Análisis del Manejo de Cuencas como Herramienta para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 13 (2): 39-45 p.
- Mora G. I., W. V. Morales B. y S. R. Rodríguez E. 2010. Atlas, Peligros Geológicos e Hidrometeorológicos del estado de Veracruz. Secretaria de Protección Civil, Gobierno del Estado de Veracruz. 104 p.
- Plaza, M., and O. Turetken. 2009. A model-based DSS for integrating the impact of learning in project control. *Decision Support Systems*, 47(4):488–499. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.04.010>
- Sánchez C. I., F. Barbosa M., G. Díaz P. y R. A. Guajardo P. 2010. Aplicación de un Sistema de Toma de Decisiones para la ubicación de Zonas de Recarga de Agua en el estado de Puebla. V Reunión Nacional de Innovación Agrícola Campeche 2010. INIFAP. 4 p.
- SEFIPLAN (Secretaria de Finanzas y Planeación del estado de Veracruz). 2016. Sistema de Información Municipal, Cuadernillos Municipales, Mixtla de Altamirano y Tequila. Gobierno del Estado de Veracruz. 11 p.
- SEMARNAT. 2004. Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Dirección de Geomática.





# INFLUENCIA DE HUMEDALES, RÍOS Y SUELOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO, OAXACA

*Rafael Alberto Guajardo Panes<sup>1</sup>, Finlandia Barbosa Moreno<sup>2\*</sup>, José Antonio Cueto Wong<sup>3</sup>, Gabriel Díaz Padilla<sup>1</sup> e Ignacio Sánchez Cohen<sup>4</sup>*

---

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue medir la relación de indicadores físico- químicos de aguas establecidas en humedales, ríos y composición de los suelos, mediante el análisis de información recabada de muestras de agua en las lagunas de Chacahua y Pastoría; muestras de agua tomadas en diferentes puntos de los ríos San Francisco y Chacalapa; muestras de agua captadas en pozos y muestras de suelo recolectados al interior de la subcuenca del río San Francisco. Se revisaron estadísticas descriptivas y se aplicó la técnica de Componentes Principales para reducir el número de variables a considerar en un análisis de Correlación Canónica para contar con una primera aproximación en la relación de indicadores que tengan influencia en la composición físico-químicas del agua contenida en los pozos de la región. Los resultados del análisis de CP permitieron reducir de 57 variables a ocho variables, cuyas representaciones varían en un 61.5%, en promedio. Finalmente, con el análisis de CC, se obtuvo una correlación mediana ( $\rho = 0.8406$ ) entre indicadores registrados en las lagunas de Chacahua-Pastoría, la composición de suelos y las muestras de agua en los pozos.

**Palabras clave:** calidad de agua, multivariado, pozos, indicadores

---

<sup>1</sup> INIFAP. S.E. Teocelo / C.E. Cotaxtla, Veracruz

<sup>2</sup> INIFAP. C.E. Valles Centrales, Oaxaca. Autor por Correspondencia: [barbosa.finlandia@inifap.gob.mx](mailto:barbosa.finlandia@inifap.gob.mx)

<sup>3</sup> INIFAP. C.E. La Laguna, Coahuila

<sup>4</sup> INIFAP. CENID-RASPA, Durango



## Introducción

El agua subterránea es un líquido que contiene materiales sólidos en solución y su composición química depende de la naturaleza y composición de dichos sólidos disueltos (Peña-Hernández *et al.*, 2012).

Actualmente, una de las principales fuentes de abasto de agua en zonas de humedales de son los pozos subterráneos y la importancia de su composición química es de interés para destinarla al uso más adecuado. Dicha composición puede ser influida por la presencia de asentamientos en sus alrededores y por el manejo ambiental que se implemente en los hogares, pues es habitual que se depositen desechos, tanto sólidos como líquidos que pueden pasar por un proceso de absorción a través del suelo o se diseminen a lo largo de los ríos o de las orillas de los cuerpos de agua.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial, ya que con el crecimiento de la población, la expansión de la actividad agro-industrial y la amenaza del cambio climático causan importantes alteraciones en el ciclo hidrológico, el cual incide en la deposición del vital líquido a través de la precipitación en las cuencas y que a través de escurrimientos e infiltraciones se deposita en cuerpos de agua que pueden encontrarse a diferentes gradientes altitudinales e incluso en áreas que se encuentran conectadas al mar y que comúnmente se llaman humedales y/o manglares que son fuente de agua y sustento económico para los habitantes que se encuentran alrededor de dicho entorno y que debido a esto la calidad del agua debe ser regularmente monitoreada (Guajardo-Panes *et al.*, 2020).

De acuerdo a Espinosa *et al.* (2010) y Jiménez (2007), en México el Índice de Calidad del Agua (ICA) estableció de forma oficial considerar solo la materia orgánica cuantificado mediante la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o con la Demanda Química de Oxígeno (DQO) pero sin considerar la presencia de contaminación química y biológica.

Sin embargo, es necesario verificar si las actividades antrópicas sobre los ríos, humedales y la composición del suelo tienen influencia en la composición física y química de agua contenida en los pozos de agua ubicados en las inmediaciones de la subcuenca del río San Francisco, motivo por el cual se desarrollo la presente propuesta como un proceso preliminar a procesos que implican un mayor nivel de detalle.



## **Materiales y Métodos**

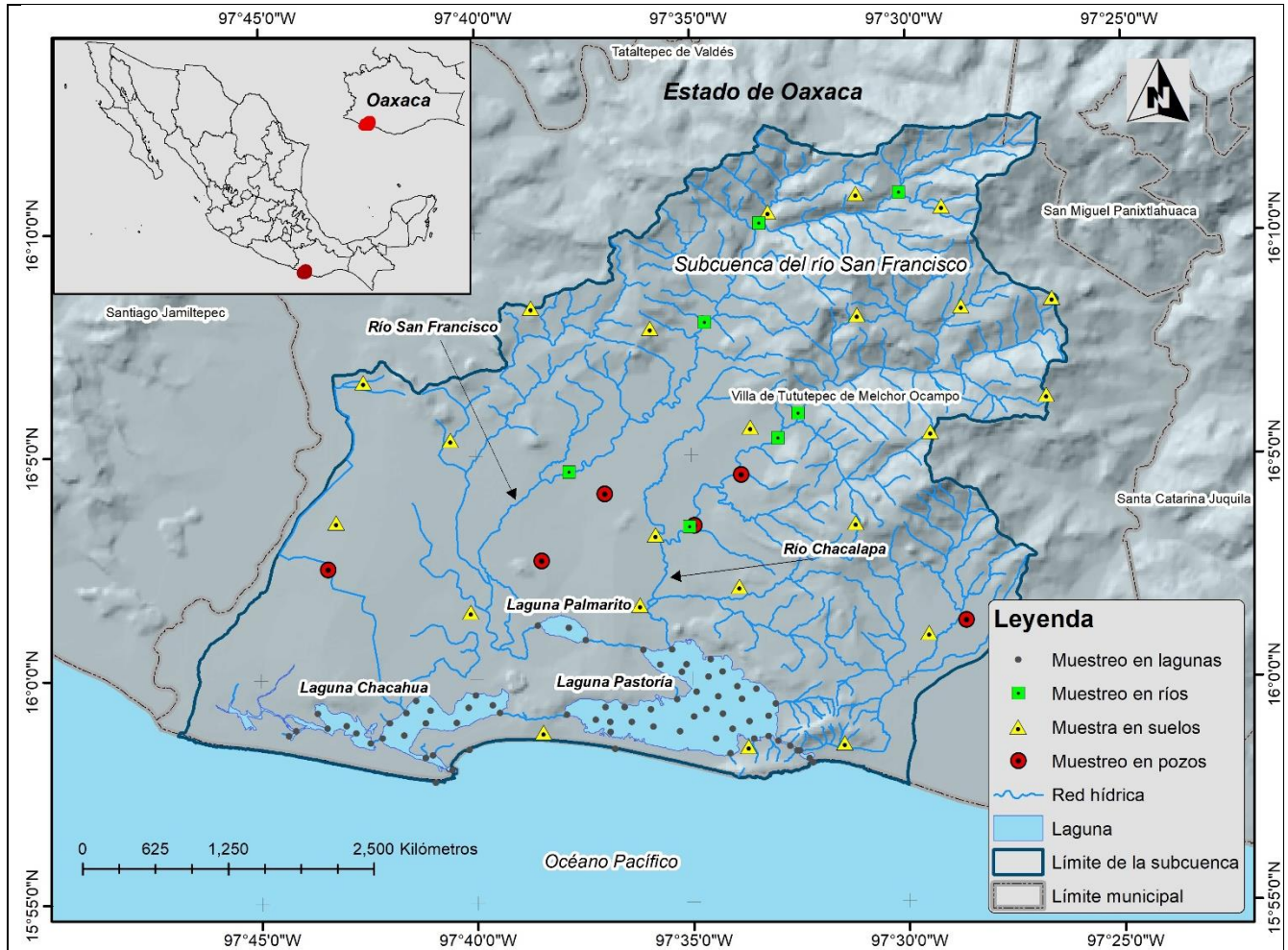
El área de estudio comprende la subcuenca del río San Francisco, dentro de la cuenca del río Colotepec de la región hidrológica Costa de Oaxaca; forman parte de un área natural protegida (RAMSAR) que se localiza entre los 97°46'12" y los 97°32'02" de longitud oeste y 15°57'47" y 16°00'58" de latitud norte. Dentro de la subcuenca se encuentra el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, la cual está compuesta de un gran humedal conformada por varios cuerpos de agua en los que sobresalen las lagunas de Chacahua y Pastoría, que en su conjunto comprenden 3,423 ha aproximadamente, además de contar con una gran cantidad de senderos con escurrimientos intermitentes y permanentes tales como son el río Grande y río Verde el en sus límites este y oeste, respectivamente. Al interior de la subcuenca inciden las vertientes del río San Francisco, Chacalapa y algunos arroyos temporales (Salinas Ordaz & Jiménez Fernández, 2008), (Figura 1).

Dentro de la subcuenca del río San Francisco, se realizó la recopilación de información en campo que comprendió 28 muestras de agua en puntos distribuidos en las lagunas de Chacahua y Pastoría; cinco muestras de agua dispersos en diferentes puntos de las vertientes de los ríos San Francisco y Chacalapa; siete muestras de agua en igual número de pozos y 23 muestras de suelo que se ubicaron a lo largo y ancho de la superficie que conforma la subcuenca del río San Francisco (Figura 1).

Las muestras fueron tomadas a lo largo del año; los indicadores registrados en cada una de las colectas de muestreo se enlistan en el Cuadro 1.

Muestreo de agua en lagunas. Se realizaron recorridos en lancha, con el apoyo de un sistema de geoposicionamiento (GPS) Garmin Etrex 30 ® se alcanzó el punto de muestreo y se recolectaron muestras superficiales dentro de los primeros 15 cm de profundidad.

Muestreo de agua en pozos. Tomando como base el padrón de pozos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, se seleccionaron aquellos que se encontraban en las inmediaciones la subcuenca del río San Francisco y en áreas aledañas a las lagunas de Chacahua y Pastoría, se observó que dichos pozos tienen como finalidad, proveer el vital líquido para diferentes usos que van desde el uso doméstico hasta el riego de áreas agrícolas de la región.



**Figura 7. Extensión de la subcuenca San Francisco y ubicación geográfica de los distintos puntos de muestreo en las lagunas, ríos, pozos y características de suelo.**

**Cuadro 4. Desagregación de indicadores cuantificadas en cada una de las muestras captadas en el estudio.**

Lagunas	Ríos	Suelos	Pozos
pH (UpH)	Sulfatos (mg/L)	Arena (%)	Temperatura (°C)
Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez	Arcilla (%)	pH (UpH)
Sólidos disueltos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Limo (%)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Oxígeno disuelto (mg/L)	Color	Contenido de fósforo (mg/kg)	Turbiedad
Sodio (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	pH (UpH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Calcio (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Ácido amoniacal



**Continúa Cuadro 1...**

Lagunas	Ríos	Suelos	Pozos
Fierro (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100mL)	Contenido de amonio (mg/kg)	Cloruros (mg/L)
Potasio (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Contenido de nitrato (mg/kg)	
Magnesio (mg/L)	€ Nitrógeno total (mg/L)	Materia orgánica	
Carbonatos (mg/L)	Potasio (mg/L)		
Bicarbonatos (mg/L)	Magnesio (mg/L)		
Sulfatos (mg/L)	Calcio (mg/L)		
Cloruros (mg/L)	Sodio (mg/L)		
Turbiedad (UNT)	Fierro (mg/L)		
Fósforo total (mg/L)			
€ Nitrógeno total (mg/L)			
Coliformes totales (NMP/100mL)			
Potencial Redox (mV)			
N-Nitritos (mg/L)			
N-Nitratos (mg/L)			
N-Amoniacal (mg/L)			
N-Orgánico (mg/L)			
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/L)			
Aluminio (mg/L)			

Muestreo de agua en ríos. Mediante recorridos de campo, se establecieron puntos de muestreo en ríos, dichos puntos cumplieron especificaciones de mínima perturbación y escurrimientos continuos a lo largo del año.

Las muestras de agua recabadas en las lagunas, ríos y pozos, se envasaron, etiquetaron y puestas en conservación para su posterior envío a un laboratorio certificado para su posterior análisis.

Muestreo de suelos. Con el apoyo de sistemas de información geográfica, se establecieron cuadrantes a lo largo y ancho de la extensión de la subcuenca del río San Francisco y mediante un esquema de aleatorización espacial se determinó la ubicación de cada uno de los puntos a muestrear, en donde se extrajeron muestras de suelo; las muestras fueron embazadas y etiquetadas para que fueran enviadas al laboratorio de análisis de suelos del C.E. La Laguna en el estado de Coahuila.



Análisis de muestras. Cada una de las muestras fueron tratadas y analizadas de acuerdo a estrictas normas de manejo establecidas por normas mexicanas en laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA), así como en laboratorios del INIFAP.

Bases de datos. Para la sistematización de los registros procedentes de los análisis de laboratorio se diseñó una base de datos en Microsoft Excel®, en el cual se realizó la captura de los datos obtenidos de las muestras de agua en lagunas, ríos y pozos, además de las muestras de suelo colectadas.

Análisis de datos. Se aplicaron análisis exploratorios y descriptivos para detectar datos atípicos o fuera de rango, posteriormente, se aplicaron metodologías de análisis multivariado tales como componentes principales (CP), para reducir e identificar las variables explicada en los primeros dos eigenvectores; en correlación canónica (CC), para cuantificar el nivel de asociación entre cada uno de los eigenvectores generados.

## **Resultados y Discusión**

Estadísticas descriptivas. Se realizó el cálculo de estadísticos descriptivos, los cuales comprenden medidas de tendencia central, dispersión y de intervalo de confianza al 95%. Debido a la densidad de información y para fines prácticos, se omite la descripción de las estadísticas en el texto, dejando al lector la inspección de estos (Cuadro 2).

El análisis de CP, es una técnica multivariada que permite realizar la transformación de un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas (Almenara *et al.*, 1998). A cada grupo de variables se aplicó esta técnica para reducir el número de variables que se estarán analizando, realizar una adecuada interpretación de los patrones de agrupación y la representación de cada una de las unidades de observación en un plano bidimensional en una escala única mediante el cálculo de índices.



**Cuadro 2. Despliegado de estadísticas descriptivas para muestras en lagunas, pozos, ríos y suelos.**

Muestras de agua en lagunas	Media	Desv.Std	LI-IC95%	LS-IC95%	Mínimo	Máximo
€ Nitrógeno total (mg/L)_L	0.70	0.56	0.48	0.91	0.02	1.68
Aluminio (mg/L)_L	0.48	0.37	0.34	0.62	0.29	1.92
Bicarbonatos (mg/L)_L	103.31	16.76	96.94	109.68	57.00	145.00
Calcio (mg/L)_L	171.14	118.16	126.19	216.09	22.44	430.89
Carbonatos (mg/L)_L	25.41	22.39	16.90	33.93	6.00	72.00
Cloruros (mg/L)_L	8,764.66	7,105.71	6,061.79	11,467.53	615.41	22,333.50
Coliformes Totales (NMP/100mL)_L	352.74	748.25	68.12	637.36	2.90	2,400.00
Conductividad (µS/cm)_L	23,325.66	16,868.72	16,909.14	29,742.17	1,810.00	57,243.00
Hierro (mg/L)_L	0.55	0.50	0.36	0.74	0.24	2.00
Fósforo Total (mg/L)_L	0.09	0.08	0.06	0.12	0.03	0.46
Magnesio (mg/L)_L	491.91	523.87	292.64	691.18	5.50	1,741.54
N-Amoniacal (mg/L)_L	0.20	0.23	0.11	0.29	0.02	1.00
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)_L	0.49	0.52	0.29	0.69	0.02	1.47
N-Nitratos (mg/L)_L	0.21	0.23	0.12	0.30	0.02	1.07
N-Nitritos (mg/L)_L	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
N-Orgánico (mg/L)_L	0.30	0.34	0.17	0.43	0.02	0.93
Oxígeno Disuelto (mg/L)_L	4.96	0.79	4.66	5.26	2.05	6.31
pH (UpH)_L	8.19	0.32	8.07	8.32	7.15	8.68
Potasio (mg/L)_L	114.63	106.04	74.29	154.97	1.08	334.64
Potencial Redox (mV)_L	0.07	5.72	-2.11	2.24	-8.90	17.40
Sodio (mg/L)_L	3,088.90	3,410.87	1,791.48	4,386.33	536.70	12,509.97
Sólidos disueltos totales (mg/L)_L	15,248.68	12,430.97	10,520.19	19,977.16	970.00	42,159.67
Sulfatos (mg/L)_L	660.07	648.81	413.27	906.86	5.00	2,214.63
Turbiedad (UNT)_L	24.08	16.19	17.92	30.24	3.75	55.60

Muestras de agua en pozos	Media	Desv. Std	LI-IC95%	LS-IC95%	Mínimo	Máximo
Cloruros (mg/L)_P	10.85	5.22	7.83	13.86	3.69	23.04
Conductividad (µS/cm)_P	425.93	194.17	313.82	538.04	241.00	832.00
N-Amoniacal (mg/L)_P	1.44	4.34	-1.07	3.94	0.02	16.43
Oxígeno Disuelto (mg/L)_P	3.09	0.94	2.54	3.63	1.65	4.91
pH (UpH)_P	7.07	0.29	6.90	7.24	6.69	7.60
Sulfatos (mg/L)_R	3.77	2.81	2.15	5.39	0.00	10.76
Temperatura (°C)_P	28.83	1.16	28.16	29.50	25.60	30.80
Turbiedad (UNT)_P	9.25	8.15	4.55	13.96	1.31	24.50
Turbiedad (UNT)_R	8.32	8.49	3.42	13.23	0.00	32.00

Muestras de ríos	Media	Desv. Std	LI-IC95%	LS-IC95%	Mínimo	Máximo
Bicarbonatos (mg/L)_R	65.62	32.25	47.00	84.24	0.00	106.00
Calcio (mg/L)_R	12.17	5.93	8.74	15.59	0.00	18.99
Carbonatos (mg/L)_R	2.98	3.09	1.19	4.76	0.00	6.00
Cloruros (mg/L)_R	210.24	442.13	-45.04	465.52	0.00	1,588.16
Coliformes totales_R	6,628.64	7,664.40	2,203.35	11,053.94	0.00	24,700.00
Color_R	7.43	4.97	4.56	10.30	0.00	17.00
Hierro (mg/L)_R	0.78	0.74	0.36	1.21	0.00	2.30
Fosfatos totales_R	0.31	0.55	-0.01	0.62	0.00	2.14
Magnesio (mg/L)_R	4.15	1.98	3.01	5.29	0.00	6.19
Nitrógenos totales_R	0.53	0.42	0.29	0.78	0.00	1.24
Potasio (mg/L)_R	1.26	0.58	0.93	1.60	0.00	1.84
Sodio (mg/L)_R	8.44	4.52	5.83	11.05	0.00	14.93

Muestras de suelos	Media	Desv. Std	LI-IC95%	LS-IC95%	Mínimo	Máximo
Amonio_S	15.77	5.17	13.53	18.00	9.34	30.57
Arcilla_S	11.96	8.54	8.27	15.65	2.00	34.00
Arena_S	72.83	13.58	66.95	78.70	40.00	98.00
Conductividad (µS/cm)_S	95.77	73.34	64.05	127.48	7.93	325.68
Conductividad (µS/cm)_S	0.98	1.94	0.14	1.82	0.27	8.90
Fósforo Total (mg/L)_S	6.67	7.78	3.31	10.04	0.54	37.83
Limo_S	15.22	6.37	12.46	17.97	0.00	26.00
Materia orgánica_S	1.51	1.27	0.96	2.06	0.07	5.34
Nitratos_S	13.66	6.50	10.85	16.47	7.64	37.36
pH (UpH)_S	6.04	0.84	5.67	6.40	5.07	7.69

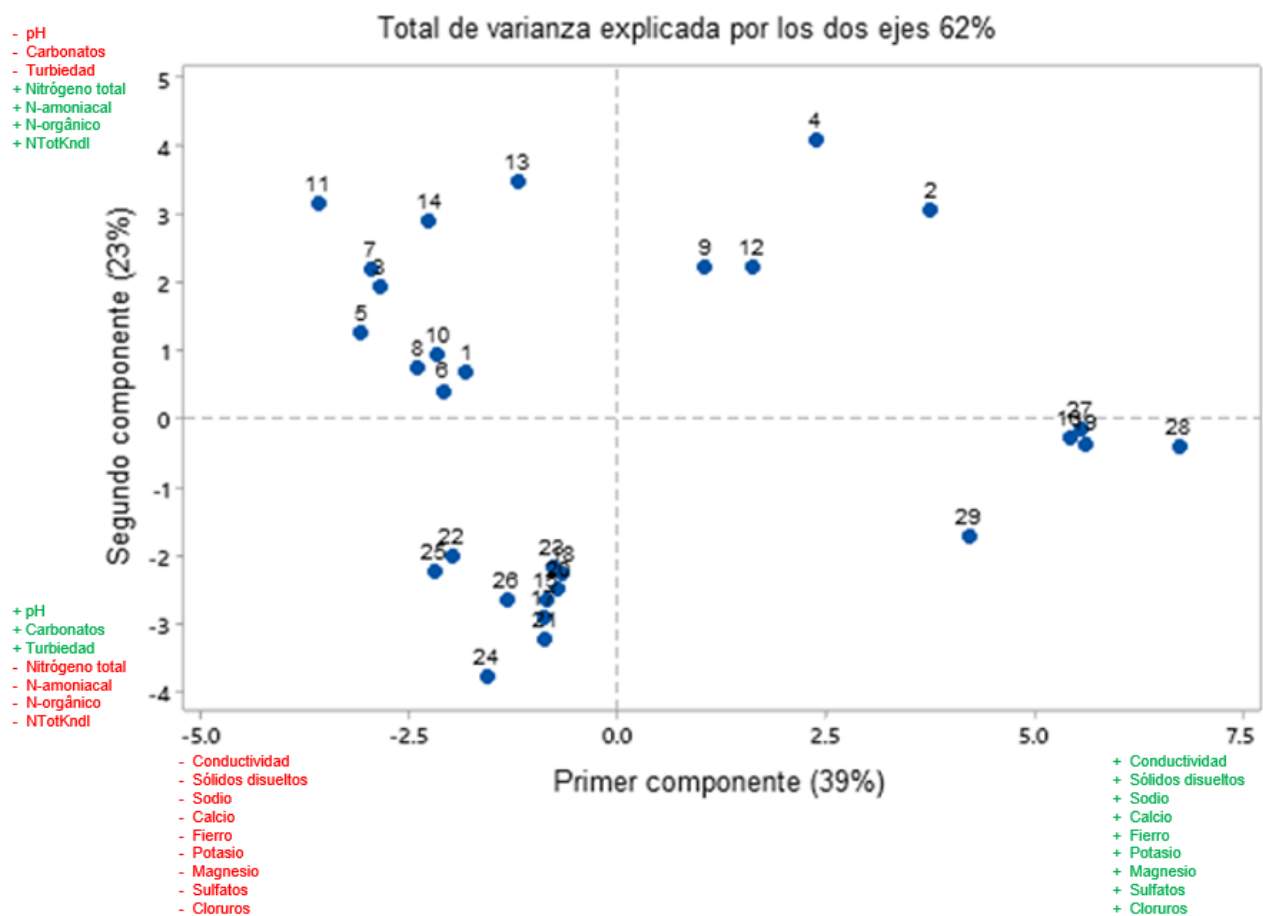
En el caso de las variables cuantificadas para las muestra de agua tomadas de las lagunas, se observó, que con los dos primeros eigenvalores se explica el 62% de la varianza total, en donde se consideran para el componente principal 1, se encuentran representadas las variables conductividad (µS/cm), sólidos disueltos totales (mg/L), sodio (mg/L), calcio (mg/L), fierro (mg/L), potasio (mg/L), magnesio (mg/L), sulfatos (mg/L) y cloruros (mg/L); en el componente principal 2, se encuentran representadas las variables pH (UpH), Carbonatos (mg/L), Turbiedad (UNT), € Nitrógeno total (mg/L), N-Amoniacal (mg/L), N-Orgánico (mg/L) y Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L). La tendencia de estos indicadores en cada componente principal, puede observarse en la Figura 2.

Una vez identificadas la representación de cada componente principal, es posible identificar que en el cuadrante IV, se agrupan las muestras de agua con menor nivel de eutrofización y menores niveles de salinidad, en tanto que en el cuadrante II, se encuentran las muestras de agua con mayor nivel de salinidad y mayor nivel de eutrofización.



En lo que se refiere a los resultados de CP generados para las variables medidas en aguas de pozos, se observó que con los dos primeros eigenvalores se explica el 63% de la varianza total, en donde se consideran para el componente principal 1, pH (UpH), Oxígeno disuelto (mg/L), Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Ácido amoniaco y Cloruros (mg/L); en el componente principal 2, se encuentran representadas las variables de Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Turbiedad. La tendencia de estos indicadores en cada componente principal, puede observarse en la Figura 3.

En esta gráfica también se puede identificar que en el cuadrante I, se agrupan las muestras de agua en pozos con menor nivel de solubilidad de oxígeno y mayor nivel de oxigenación, en tanto que en el cuadrante III, se encuentran las muestras de agua en pozos con mayor nivel de solubilidad de oxígeno y menor nivel de oxigenación.

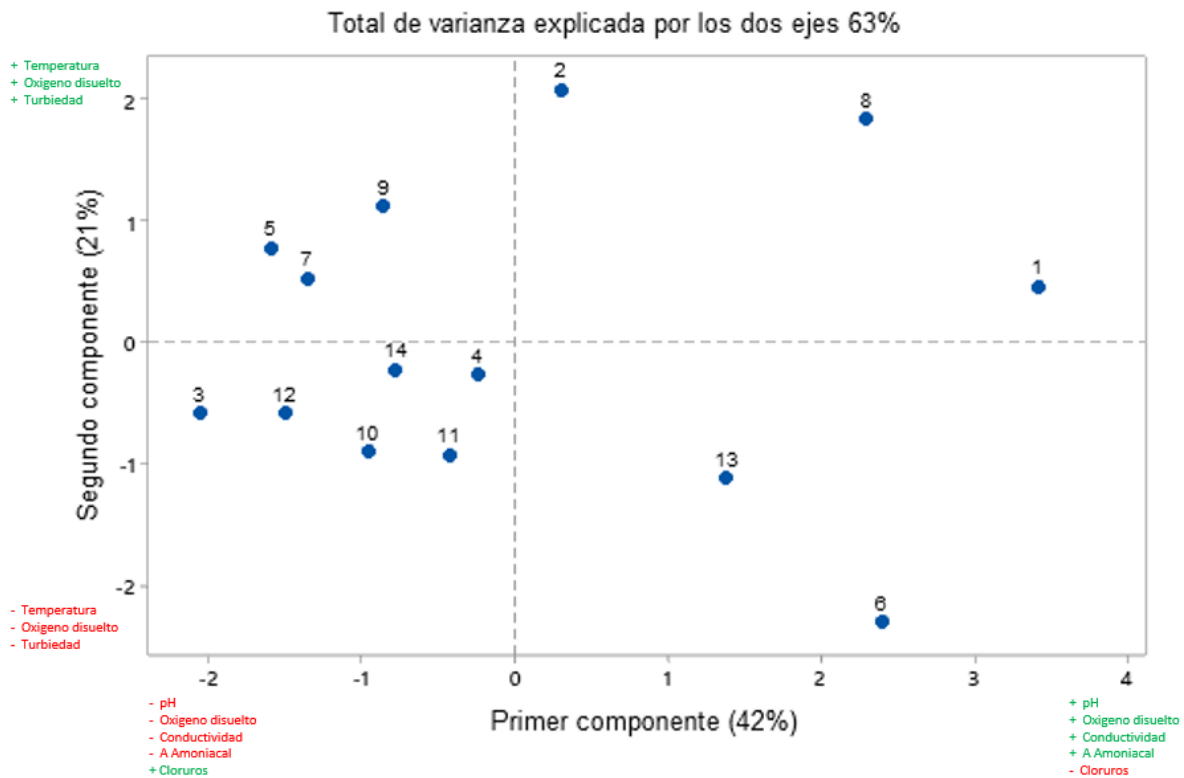


**Figura 8.** Dispersión de puntos en los primeros dos CP's y variables con mayor aportación a cada componente para variables captadas en muestras de agua en lagunas.





En relación con las muestras de agua en ríos, se observó que con los dos primeros eigenvalores se explica el 66% de la varianza total, en donde se consideran para el componente principal 1, Sulfatos (mg/L), Turbidez, Color, € Nitrógeno total (mg/L), Potasio (mg/L), Magnesio (mg/L), Calcio (mg/L) y Sodio (mg/L); en el componente principal 2 se encuentran representados, Cloruros (mg/L), Carbonatos (mg/L), Coliformes totales (NMP/100mL) y Fósforo total (mg/L). La tendencia de estos indicadores en cada componente principal, puede observarse en la figura 4.



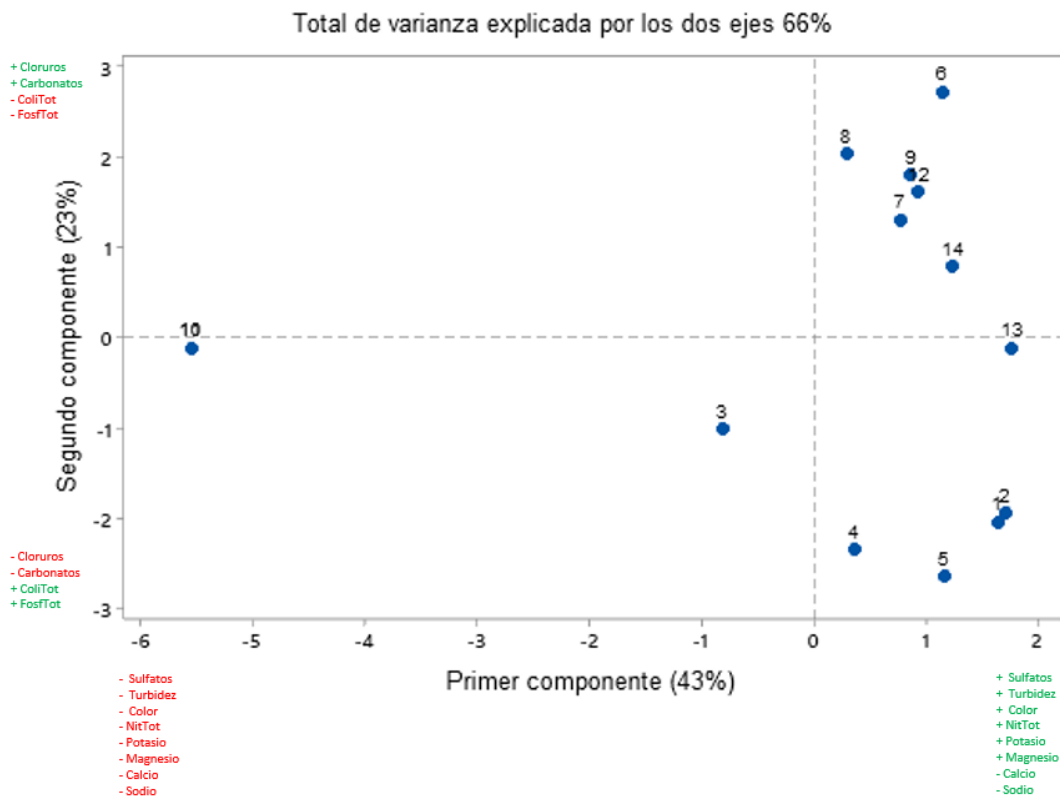
**Figura 9. Dispersión de puntos en los primeros dos componentes principales y variables con mayor aportación a cada componente para variables captadas en muestras de agua en pozos.**

Observe que la mayor cantidad de puntos se concentran en el cuadrante II y III, en donde se encuentran los indicadores con mayor alcalinidad, y llama la atención que las aguas muestreadas en el cuadrante III registran aguas con niveles de contaminación microbiológica considerable.



Finalmente, en la Figura 5 se muestra los ejes de los componentes principales de las muestras de suelo, en donde en su conjunto cuentan con el 56% de la variabilidad total. En el componente principal 1, Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), porcentaje de Arena, Arcilla y Limo, Materia orgánica y contenido de Amonio ( $\text{mg}/\text{kg}$ ); mientras que en el componente principal 2, se encuentra representada las variables Fósforo, Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y contenido de Nitratos ( $\text{mg}/\text{kg}$ ).

En el plano bidimensional de los componentes principales, se observa que la mayoría de las muestras de suelo, muestran contar con balances tanto en características de porosidad como de conductividad y contenidos de macronutrientes.



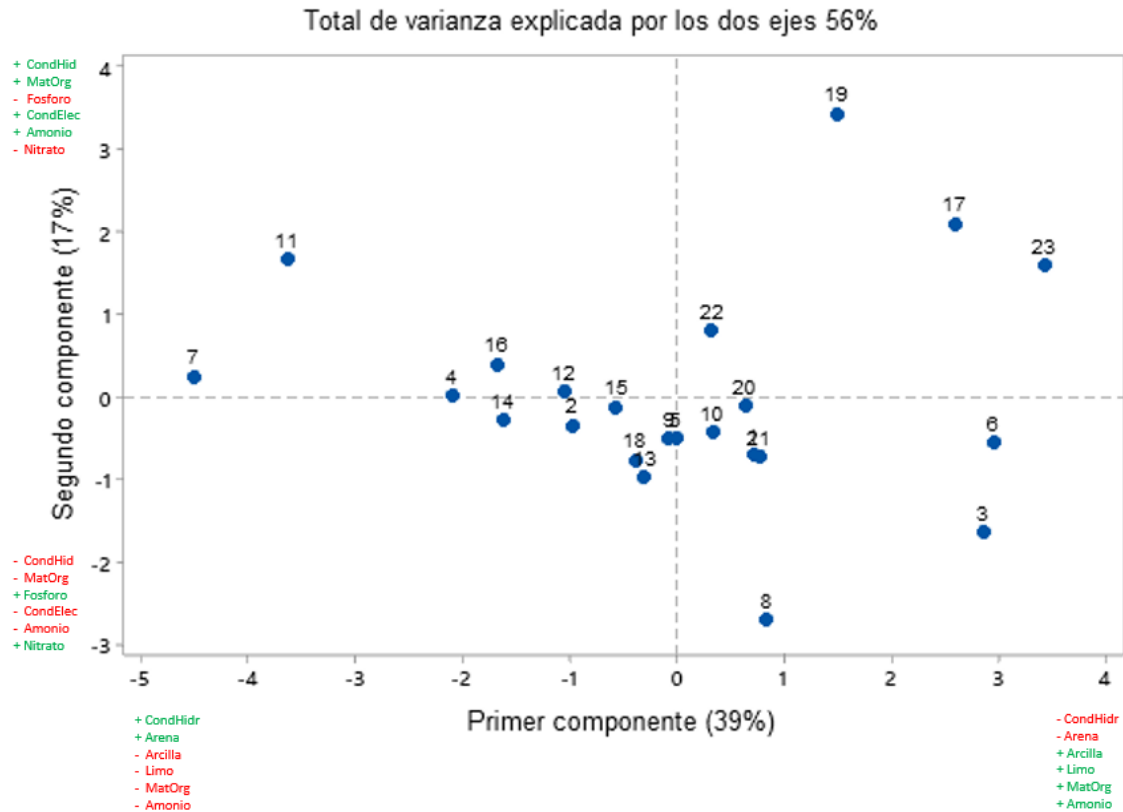
**Figura 10. Dispersión de puntos en los primeros dos componentes principales y variables con mayor aportación a cada componente para variables captadas en muestras de agua de ríos.**

Con la reducción de variables en cada uno de los resultados de las muestras de agua en lagunas, pozos, ríos y suelos, se conformó una base de datos con los pesos de las observaciones en cada uno de su par de componentes principales para aplicar análisis de CC.



El análisis de Correlación Canónica (CC), es una técnica multivariada empleada para cuantificar la asociación entre dos conjuntos de variables, mediante el nivel de asociación obteniendo la concentración de información en solo algunos pares de variables canónicas (Guajardo, 1999).

El primer grupo de variables independientes  $X$  quedó conformado por los dos primeros CP's de las muestras de agua en lagunas, muestras de agua en ríos y muestras de suelos; en tanto que el segundo grupo de variables  $Y$  quedó conformada por los primeros dos CP's de las muestras de agua en pozos. Note como ahora en lugar de realizar el análisis a 57 variables, ahora lo aplicamos a tan solo ocho variables, cuyas representaciones varían en un 61.5%, en promedio.

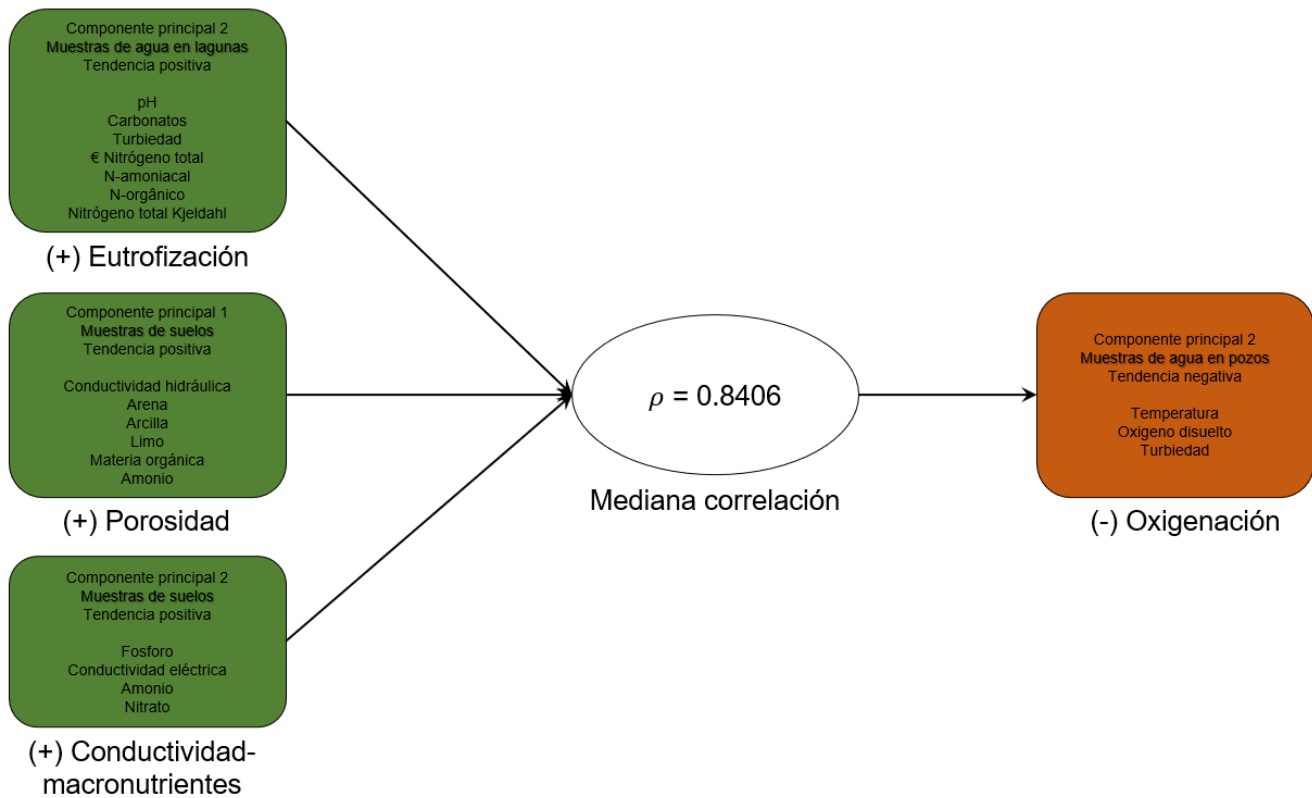


**Figura 11. Dispersión de puntos en los primeros dos componentes principales y variables con mayor aportación a cada componente para variables captadas en muestras de suelos.**

El resultado del análisis de CC, que visualiza en la figura 6, se observó que hay mediana correlación ( $\rho = 0.8406$ ) entre los indicadores del componente principal 2 de las muestras de



agua, los dos componentes principales de las muestras de suelo y el segundo componente principal de las muestra de agua en pozos, en donde se puede concluir que a mayor eutrofización de agua en las lagunas, de porosidad de suelos y conductividad-macronutrientes, la oxigenación del agua contenida en los pozos se ve disminuida.



**Figura 12. Red de asociación para el análisis de CC entre los CP generados de muestras de agua, ríos y suelos contra los CP de las muestras de agua en pozos.**

## Conclusiones

Los resultados del presente trabajo, permitieron establecer una relación entre las características de eutrofización del agua de las lagunas, la porosidad de los suelos, la conductividad de macronutrientes y la oxigenación del agua dentro de pozos, lo que puede considerarse como una primera aproximación. Finalmente, aún quedan preguntas por resolver, como modelar el grado de contaminación de acuíferos mediante el modelado de flujos de agua subterráneas y el alcance de sus indicadores.



## Agradecimientos

Al Fondo Sectorial CONACYT-CONAGUA mediante el desarrollo del proyecto 266193 “*Caracterización Biofísica y Estudio Hidrodinámico y Transporte de Sedimentos a nivel de cuenca del Complejo Lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca*”.

## Literatura Citada

- Almenara, J., J. L. González, C. García y P. Peña. 1998. ¿Qué es el análisis de Componentes Principales? *Jano* 1268:58-60.
- Espinosa-García, A., M. Aguilar-Medina y M. Mazari-Hiriart. 2010. Calidad, una limitante más para la disponibilidad del agua. *In* Alonso-Aguilar, I (coord.) *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, México. pp. 25-54.
- Guajardo-Panes, R.A., F. Barbosa-Moreno, G. Díaz-Padilla e I. Sánchez-Cohen. 2020. Cálculo de un índice de calidad del agua en un cuerpo de agua: estudio de caso lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca. *RINDERESU* 5 (2): 650-669.
- Guajardo-Panes, R. A. 1999. *Introducción al análisis multivariado usando el paquete STATISTICA: un enfoque metodológico con aplicaciones e interpretaciones*. Trabajo recepcional. Universidad Veracruzana. Facultad de Estadística e Informática. Xalapa, Veracruz. México. 110 p.
- Jiménez, B. 2007. Información y Calidad del Agua en México. *Revista Trayectorias*, 9 (24): 45-56.
- Peña-Hernández, Y., G. Santacruz de L. y H. Charcas S. 2012. Calidad del Agua en pozos de la Red de Monitoreo del Acuífero del valle de San Luis Potosí, México. *Aqua-LAC* 4(1): 49 - 59.
- Salinas Ordaz, D., y E. J. Jiménez Fernández. 2008. *Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Versión 2006-2008*. Puerto Escondido, Mixtepec Juquila, Oaxaca: RAMSAR.



# COMITÉS DE AGUA LOCALES: IMPORTANCIA Y TRASCENDENCIA EN LA VIDA RURAL DE LAS COMUNIDADES DE HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO

*Juan Pablo Hernández Sánchez<sup>1</sup>, Concepción Chicuéllar Sobal<sup>1</sup>, Salvador Partida Sedas<sup>1\*</sup>, Adán Cabal Prieto<sup>1</sup> y José de Jesús González Reséndiz<sup>1</sup>*

---

## Resumen

Las organizaciones comunitarias de agua adquieren una importancia particular en un contexto de promoción de principios de descentralización y participación ciudadana. La constitución de un organismo operador de agua se vuelve un elemento relevante y necesario para trabajar, ya que permite que los pobladores se involucren en las diversas fases de la creación y operación de comités de agua, estableciendo colaboración e intercambio permanente de ideas. En función a lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue elaborar un diagnóstico sobre el acceso y abastecimiento de agua potable en localidades rurales del municipio de Huatusco dentro de la región de las altas montañas del estado de Veracruz. Se aplicó una encuesta estructurada en 21 localidades pertenecientes a este municipio, todas cuentan con un comité de aguas, pero no todos con permiso de extracción. Las fuentes de abastecimiento de agua son variables, el 47.6% corresponde a un manantial, 33.3% se abastece mediante caja de agua y el 19.1% se abastece de aljibes, nacimiento de agua, represa y represas. Las problemáticas que enfrentan los comités son variadas, pero la búsqueda de soluciones es continua y satisfactoria. Los resultados indican que el acceso y abastecimiento del agua potable es eficiente, pero con pequeñas problemáticas en su organización, destaca la importancia de la participación de población de cada localidad para garantizar su abastecimiento; sin embargo, se debe garantizar la distribución del servicio y certeza en la calidad del agua para contribuir en la gobernanza del agua dentro del Municipio de Huatusco.

---

<sup>1</sup> División de Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Autor por correspondencia: [spartidas@huatusco.tecnm.mx](mailto:spartidas@huatusco.tecnm.mx)



**Palabras clave:** gobernanza del agua, acceso al agua potable, ruralidad

## **Introducción**

Las organizaciones comunitarias de agua adquieren una importancia particular en un contexto de promoción de los principios de descentralización, de participación, y del surgimiento de la cuestión medioambiental (Lankao, 2007). Es decir, surge la necesidad de una adecuada gestión del agua potable desde un enfoque descentralizado, es más, constituye una mayor eficacia en las estrategias de planificación e implementación de acciones por parte de los actores locales. Entorno a esto, Nicolas y Artero (2016) indican que la captación, distribución, abastecimiento, uso y conservación del líquido vital forma parte de las necesidades más significativas de una sociedad y por consiguiente, al estar conformados por los habitantes de una localidad rural concentrada, tienen como objetivo respetar los criterios de calidad, continuidad y asequibilidad del servicio, asegurando el abastecimiento oportuno a cada uno de los usuarios. Generalmente existe un sentido de cercanía entre los habitantes y esto permite que se organicen asambleas y juntas para llegar a acuerdos en torno de la gestión del agua (Casas, 2015).

De manera general, los comités de agua locales gestionan sus recursos a partir de la práctica de diversas capacidades para enfrentar intereses en conflicto, mantenerse como grupo y resolver el problema de distribución y control del servicio público del agua, excluyendo de la interacción al actor gubernamental municipal en el que legalmente está depositada la facultad de administración de este servicio (Cadena y Salgado, 2017). En función a lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue elaborar un diagnóstico sobre el acceso y abastecimiento de agua potable en localidades rurales del municipio de Huatusco dentro de la región de las altas montañas del estado de Veracruz, lo cual permita conocer la importancia y trascendencia de los comités de agua locales en este municipio.

### **Importancia, función y operación de los comités de agua locales**

La importancia de los comités de aguas en localidades rurales se basa en una responsabilidad social que surge a partir de la imposibilidad de los ayuntamientos para prestar el servicio de abastecimiento de agua potable debido a las precarias condiciones financieras y



administrativas en las que se encuentran (Casas, 2015). En la constitución de un organismo operador la participación social se vuelve un elemento relevante y necesario para trabajar, ya que permite que los pobladores se involucren en las diversas fases de la formación y operación del comité de agua, al mismo tiempo establece una colaboración e intercambio permanente de ideas.

Como comité, los representantes tienen diversas funciones que van desde hacer recorridos de manera conjunta por todo el sistema, verificar que la cantidad de agua que cae en la caja de almacenamiento sea la que por acuerdo le corresponde y organizar faenas con la participación equitativa de los habitantes de cada localidad (López, Martínez y Palerm, 2013); además de lo anterior, deben fijar las cuotas para la operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema rural, rendir informes cuando menos cada seis meses a los usuarios de los ingresos y egresos habidos, mantener actualizado el padrón de usuarios, imponer a los usuarios las sanciones correspondientes a las infracciones que cometan, entre otras (Comites Rurales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de las comunidades del Municipio de San José Iturbide, 2000).

La importancia general de los comités de agua radica en las relaciones que establecen los asentamientos humanos con el medio ambiente. Esto es porque las tecnologías y conocimientos asociados con el uso y manejo del agua, así como las relaciones sociales y de poder, determinan su aprovechamiento, acceso y apropiación. Igualmente, los elementos y procesos biofísicos determinan la disponibilidad y la calidad del agua evitando su sobreexplotación o escasez (Casas, 2015)

Para que la operación y organización del comité de agua funcione adecuadamente y con regularidad es necesario la elaboración de un reglamento interno para regular el uso y la explotación del agua. Según Cadena y Salgado (2017), las capacidades de crear reglamentos, actas constitutivas y redacción de convenios, dejan ver una capacidad mayor que consiste en conformar un organismo que pueda proveer un buen servicio de agua local. Por otra parte, no solo es la creación del reglamento lo que conlleva a mantener una estructura con una base firme en la operación y abastecimiento del agua, sino que es relevante la aplicación rutinaria del mismo para generar un ambiente de confianza en los usuarios, por ejemplo las reglas de aprobación y provisión, que son establecidas en las asambleas comunitarias tienen que ver





con el pago por el servicio y la utilización de los recursos en el mantenimiento del cuerpo de agua y el sistema de agua potable (Casas, 2015).

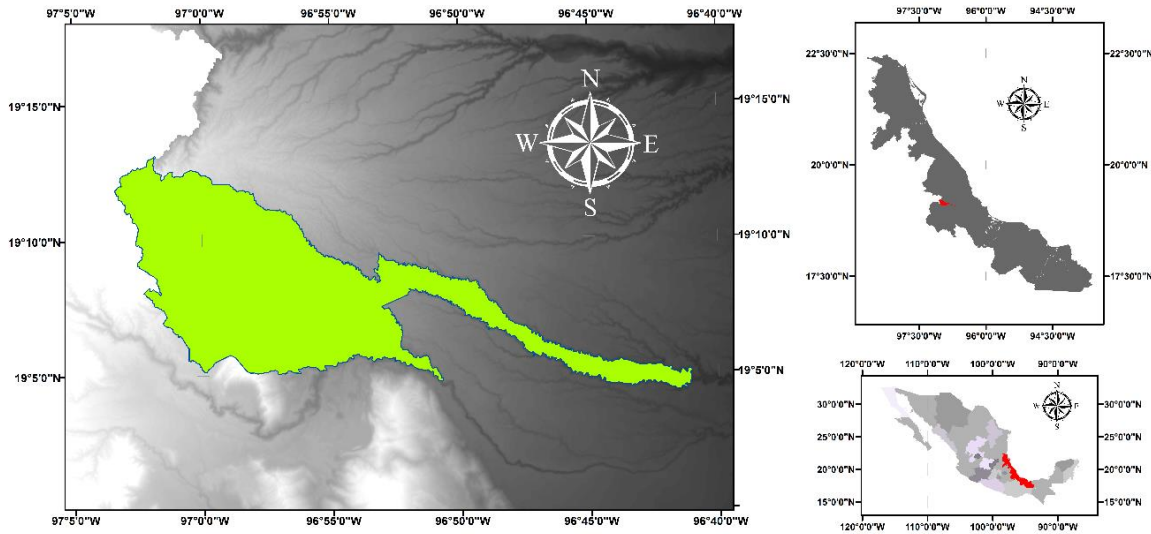
Así mismo, la obtención de un título de concesión del agua es un aspecto legal relevante que debe ser tomado en cuenta por el comité ya que este permite el uso de los recursos hídricos, respetando los códigos de agua o leyes de agua nacionales (Nicolas-Artero, 2016); generalmente partir de esto, la organización de los comités tiende a mejorar debido a los beneficios que otorga la certeza jurídica para usar, explotar o aprovechar los recursos hídricos; es decir, los usuarios pueden trabajar en la construcción de la red de distribución del agua potable y todo lo que conlleva.

Ante la importuna escasez del agua, la gestión adecuada ha tomado relevancia en la actualidad y algunos autores ha tomado la iniciativa de generar un gran impacto y conciencia como lo es (Nicolas-Artero, 2016) con su frase “sino hay agua, no hay comité”; en la que refiere la importancia de una gestión en un marco de sustentabilidad que fomente el uso eficiente del agua, lo que conlleva a la formación de organismos encargados para administración.

Aunado a lo anterior y a la falta de participación de los ayuntamientos, sin mencionar que los comités liberan al municipio de una de las tantas tareas con las que legalmente tienen que cumplir (Casas, 2015), el abastecimiento correcto para todos los usuarios y el mantenimiento de la red de distribución resultan un aspecto a considerar para la creación de los mismos.

## **Materiales y Métodos**

**Zona de estudio.** El estudio se realizó durante los meses marzo a julio del presente año en 22 comunidades rurales pertenecientes al municipio de Huatusco, Veracruz, el cual se encuentra en el centro de estado entre los paralelos 19° 04' y 19° 13' de latitud norte; los meridianos 96° 41' y 97° 04' de longitud oeste; altitud entre 400 y 2,000 m. El municipio cuenta con una superficie total de 202.5 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 295.9 hab/km<sup>2</sup> (Figura 1)



**Figura 13. Sitio de estudio. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.**

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, la población total del Municipio de Huatusco es de 59,920 personas representado el 0.74% de la población estatal. Políticamente el área de estudio abarca 64 localidades rurales (Cuadro 1).

**Cuadro 7. Datos Geográficos Fuente: SEFIPLAN con datos de INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020 y Marco Geo estadístico Municipal 2010.**

Indicador	Valor
Cabecera municipal	Huatusco de Chichuellar
Localidades en 2020	65
Urbanas	1
Rurales	64
Superficie	202.5 km <sup>2</sup>
Porcentaje del territorio estatal	0.30%
Densidad poblacional en 2020	295.9 hab/km <sup>2</sup>

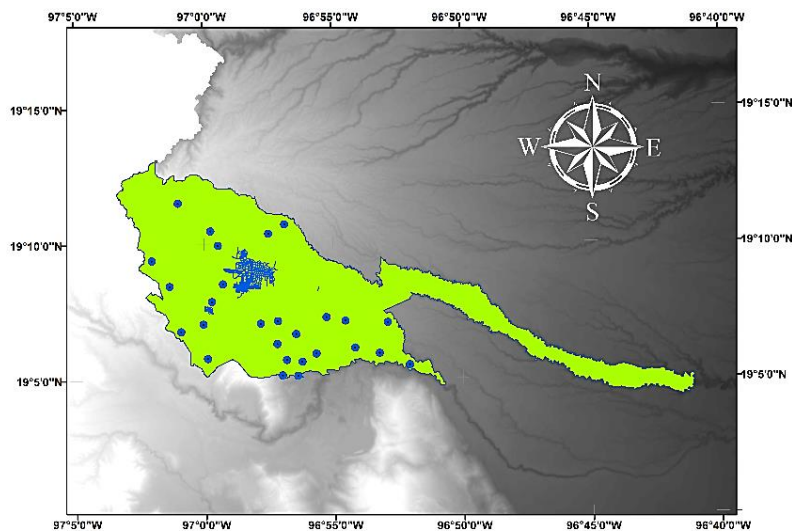
**Metodología.** Esta investigación fue de tipo exploratorio-descriptivo, es un estudio exploratorio en tanto pretende examinar el abastecimiento de agua potable en las zonas rurales de la zona de estudio, ya que es un tema de investigación poco estudiado y descriptivo porque busca identificar las características relevantes de los comités de agua rurales. Así mismo utiliza un enfoque cualitativo-cuantitativo, con un análisis estadístico (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).



Se diseñó un instrumento de investigación consistente en 15 preguntas abiertas y cerradas con respecto a la operación de los comités de agua, se eligieron al azar 24 localidades del municipio las cuales corresponden al 37.5% del total, posteriormente se realizaron recorridos a campo, aplicando encuestas a los agentes municipales y representantes locales de los comités de agua.

## Resultados y Discusión

Los resultados indican que, de las 24 localidades visitadas, 22 de ellas cuentan con un comité formalmente organizado (Cuadro 2), dichas localidades se encuentran representadas en la Figura 2.



**Figura 14. Localidades rurales de estudio. Fuente de Elaboración propia.**

Los 22 comités de agua establecidos atienden una población aproximada de 13,500 habitantes y 3,366 viviendas, dicha población constituye el 22.5% de la población municipal. Del total de comités entrevistados, catorce de ellos (66.7%) afirman poseer permiso de extracción de agua otorgado por una instancia pública, mientras que el resto no cuenta con algún documento que avale la extracción del líquido potable. La capacidad organización para la dotación del servicio de agua en las localidades, es variable, existen comités con 40 años de operación y algunos

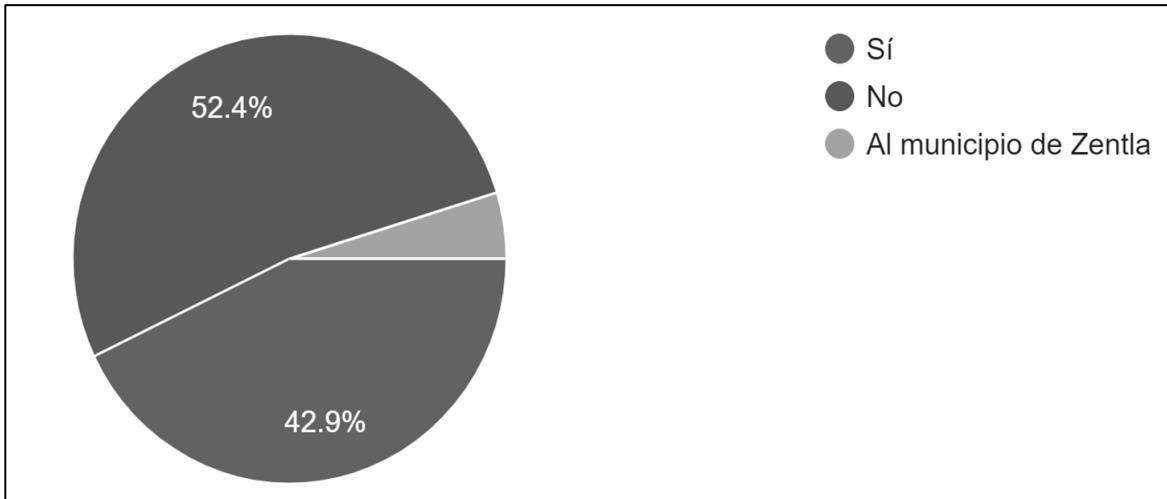


de reciente creación, en promedio fueron creados hace 18 años, esto indica que la necesidad del vital líquido lo lleva a constituirse formalmente para poder contar con este servicio. En el Cuadro 8, se reportan los datos generales de localidades de estudio.

**Cuadro 9. Datos generales de localidades de estudio.**

No.	Localidad	Hogares Atendidos	Población Atendida	Distancia a la fuente (m)	Pago por consumo de agua	Periodicidad del Pago	Años de operación
1	Naranjos	65	260	2000	<b>\$300.00</b>	Anual	31
2	Coxcontla	<b>21</b>	<b>84</b>	2000	\$25.00	Mensual	15
3	Michapa	120	480	2000	Sin cuota fija	Mensual	3
4	Amatiopa	120	480	5000	\$150.00	Anual	<b>1</b>
5	AltaLuz	125	500	10000	\$200.00	Anual	3
6	Novillero	80	320	8000	\$150.00	Anual	6
7	Ixpila	170	680	2000	\$100.00	Anual	28
8	Carrizal	200	800	7000	\$150.00	Anual	3
9	Capulapa	306	1224	<b>16000</b>	\$100.00	Anual	6
10	Tepetzingo	100	400	6000	<b>\$ 10.00</b>	Mensual	<b>40</b>
11	Tenejapa 1	15	60	3000	\$ 40.00	Mensual	20
12	San Diego	127	508	1500	\$ 20.00	Mensual	30
13	Tlaxopa	15	60	8000	\$ 20.00	Mensual	20
14	Elotepec	450	1800	600	\$ 50.00	Mensual	23
15	Tlamatoca	<b>600</b>	<b>2400</b>	7000	<b>\$300.00</b>	Anual	30
16	Rincón Ramírez	56	224	6500	\$100.00	Anual	3
17	Cotecontla	45	180	5000	N/D		6
18	Metlapoxteca	150	600	5000	N/D		25
19	Col. Fco. I. Madero	500	2000	1500	\$300.00	Anual	20
20	Tenejapa 2	63	252	3000	\$200.00	Anual	40
21	Coxolo	38	152	<b>500</b>	Voluntario	Mensual	26
22	Tepampa						
23	La Raya						
24	Chalchitepec						

Para la operación del comité, mantenimiento a infraestructura y dotación del servicio, los usuarios aportan una cuota variable que se encuentra entre \$ 10.00 y \$ 50.00 pesos mensuales por vivienda. Todos los encuestados indican que deben elaborar algún reporte de actividades, de la totalidad, el 42.9% reporta a alguna autoridad local, el 52.4% reporta solo a la comunidad y el resto (1) realiza un reporte de su actividad a otro (Figura 3).



**Figura 15. Reporte de Actividades del comité. Fuente: elaboración propia.**

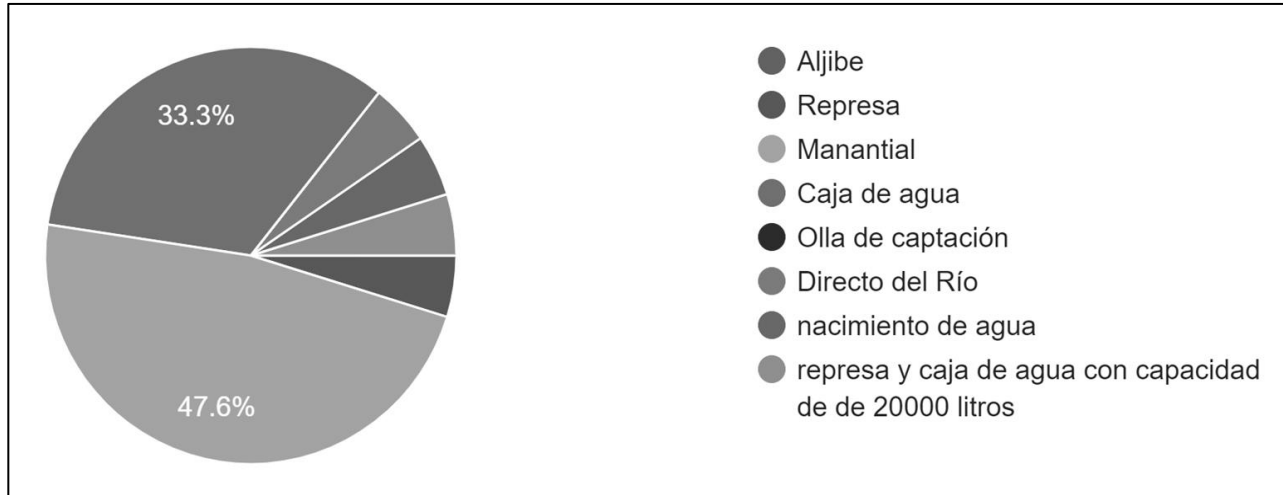
En términos de la percepción sobre la calidad del agua de su fuente de abastecimiento, el 81% afirma que, a pesar de no contar con un certificado que así lo avale, en su localidad la calidad de agua es buena, mientras que el 19% menciona que no es aceptable. En este sentido, no está claramente definido si esta mención hace referencia a que la calidad del agua es factible para el consumo humano. En torno a lo anterior, el 95.2% (20) de los encuestados mencionan que nunca se ha presentado ningún caso de enfermedad por el consumo de agua y el 4.8% (1) hace mención que, si se han registrado casos de enfermedades por el consumo de este líquido, esta afirmación pudiera servir como una inferencia hacia la calidad del agua de esta región y en la creencia de que es buena para el consumo humano.

De la totalidad de los entrevistados y con respecto a la infraestructura de la fuente de abastecimiento, el 47.6% de ellas son manantiales, un 33.3% cuentan con una caja de agua construida expofeso, mientras el 19.1% se abastece de ajibes, nacimientos de agua, represa o embalses artificiales (Figura 4). La distancia del sitio de abastecimiento a la localidad es un factor importante debido a la inversión inicial para contar con el vital líquido, la distancia promedio es de 4,800 metros, destacando la comunidad de Capulapa, la cual se encuentra localizada a 16 kilómetros de distancia; aparte de la inversión para adquisición de tubería, a mayor distancia al sitio, implica mayores son los dastos de mantenimiento a la misma.

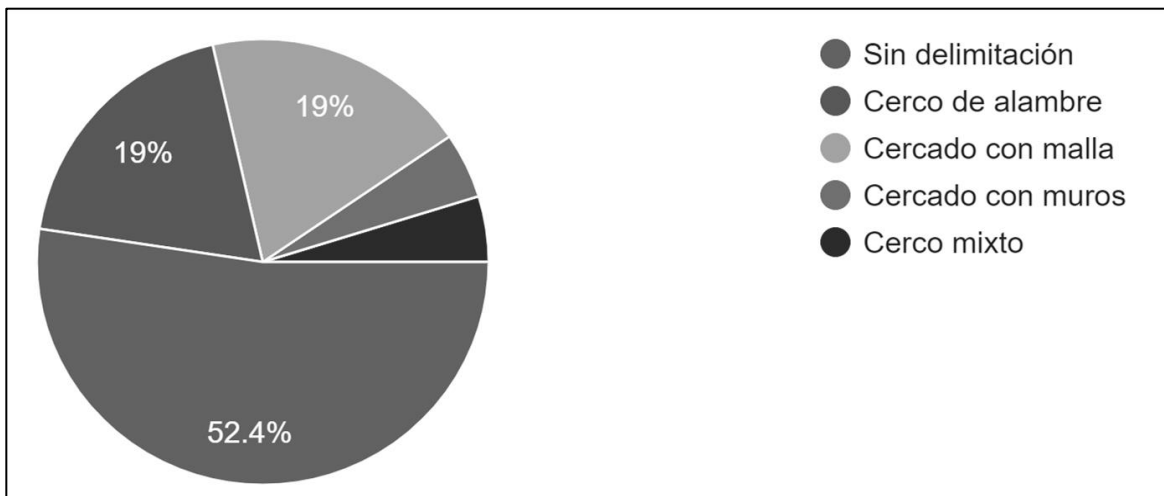
Con respecto a las características físicas del sitio de abastecimiento, el 19% cuenta con un cercado de malla de alambre, el 9.6% tiene un cerco mixto malla -alambre y muros, mientras



que el 52.4% de esta barrera esta sin delimitación. Hace mención que la mayoría de las fuentes de abastecimiento no cuentan con una delimitación específica, lo cual los vuelve vulnerables al ingreso de animales y fauna nociva (Figura 5).



**Figura 16. Tipos de fuentes de abastecimiento. Fuente: elaboración propia.**

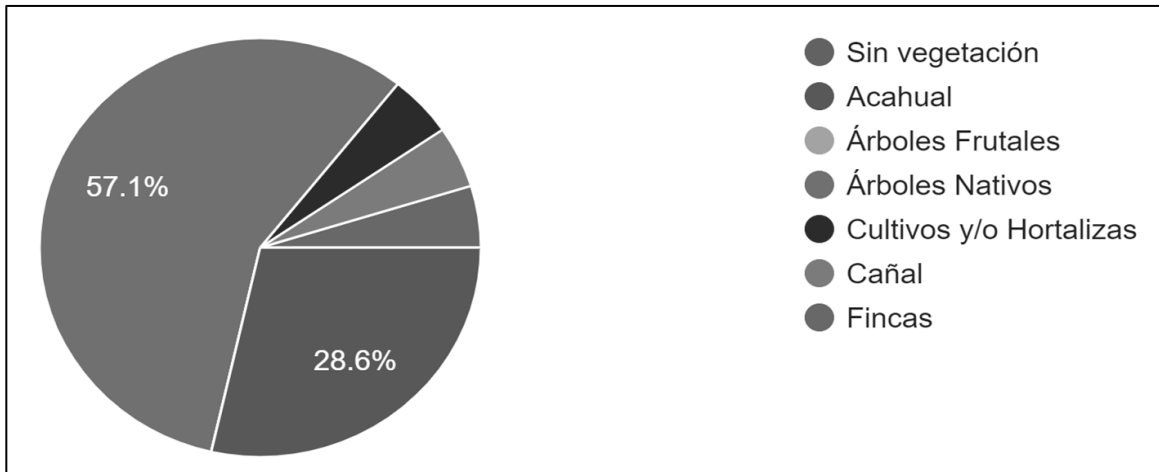


**Figura 17. Delimitación de la fuente de abastecimiento. Fuente: elaboración propia.**

Además de la delimitación física de la fuente de abastecimiento, se cuestionó sobre la vegetación adyacente, el 57.1% está rodeado de árboles nativos de la región, el 28.6% está conformada por vegetación secundaria de acahual, mientras que el 14.3% está rodeada de cultivos y hortalizas, sin vegetación primaria.



Este indicador es muy importante en función de la capacidad de la captación y purificación del agua pluvial, la infiltración y erosión del suelo, por lo que se pudo comprobar, la mayoría de los sitios presenta mínima invasión humana (Figura 6).



**Figura 18. Vegetación a la redonda de la fuente de abastecimiento. Fuente: elaboración propia.**

Ahora bien, en términos de la infraestructura de la tubería, mayormente está constituida por PVC con un 71.4%, el 14.3% es de tubo de acero y otro 14.3% con manguera negra.

En cuanto a las diversas problemáticas que enfrentan los comités locales del agua, aunque de forma general no cuentan con un reglamento establecido, existen acuerdos respecto al periodo de dotación del servicio, el común denominador es contar con acceso al agua cada tercer día e imponer castigos y multas por desperdiciar el agua. Además, para la conservación del manantial, tubería y cajas de distribución, realizan jornadas en las cuales deben asistir para colaborar con las labores de limpieza y mantenimiento.

Los entrevistados indican que el presupuesto y cuotas que los usuarios pagan por el servicio de dotación por lo general no alcanza para cubrir las actividades de mantenimiento, en virtud a esta limitante, la mayoría de las veces solicitan apoyo por parte de las autoridades municipales. Así mismo, todos indican que, en época de estiaje, la cantidad de agua es insuficiente para brindar el servicio de forma continua.

Los problemas técnicos y de infraestructura que enfrentan son: ruptura de tuberías, fugas, descompostura de bombas y arietes, así como desbordamiento de represas y aljibes. En



cuanto al aspecto legal, no todos cuentan con permiso de extracción de agua, ni certidumbre de la posesión del sitio de abastecimiento, además requieren de asesoría para resolver estas dos situaciones. Con respecto al tema ambiental, les preocupa las constantes sequías y la contaminación por desechos provenientes de escorrentías en época de lluvias, de forma general, no tienen en claro el efecto de las actividades agropecuarias adyacentes a los sitios de abastecimiento.

Los comités del agua rurales son un proyecto relevante que desde un enfoque general no ha tenido el respaldo político ni institucional necesario; por ello, los efectos e impactos de las acciones realizadas no son los mejores, como lo establece Cadena y Salgado (2017), de acuerdo a los resultados de operación de un comité de aguas, la posibilidad para superar la falta de capacidades implicaría sin duda, el apoyo de los actores gubernamentales que permitiera no sólo regularizar la existencia jurídica, sino impulsar políticas para el desarrollo de capacidades técnicas y administrativas.

A pesar de ello, la gestión comunitaria ha sido identificada como un mecanismo para garantizar la gobernabilidad efectiva del agua a nivel local, especialmente en lo que atañe a los recursos de propiedad común. El concepto de gobernabilidad aplicado al agua se refiere a la capacidad social de movilizar energías en forma coherente para el desarrollo sustentable de los recursos hídricos (Gutiérrez-Villalpando y Contreras, 2013). De forma general, no se aprecian hasta el momento, ni en un futuro cercano conflictos graves por el acceso al agua en las comunidades del municipio. Frente a las dificultades presentadas, los comités se organizan creando redes de auto-formación (Nicolas-Artero, 2016), mostrando habilidades para movilizar algunos recursos sociales, cognitivos y técnicos, por lo que su participación en el desempeño de la política pública de distribución del agua con la concurrencia del actor gubernamental ayudaría a generar una red que contribuya a la gobernanza. Se ha demostrado que la evaluación y solución a los problemas con la gestión del agua se puede efectuar mejor en el ámbito local, por ser los propios usuarios y autoridades locales los que conocen con mayor detalle la problemática y por consiguiente, pueden plantear, con el apoyo técnico correspondiente, las mejores opciones de solución (CONAGUA, 2006). Para ello indispensable que los avances académicos sean aplicados para mejorar las condiciones de vida de muchas personas que tienen que lidiar con una gestión del agua potable deficiente de cualquier tipo y con situaciones de escasez cada vez más agudas. La situación hídrica que se vive actualmente demanda





mejores formas de administrar el recurso que conjugue el trabajo de los usuarios y las autoridades a todos los niveles (Casas, 2015).

Se observa una necesidad de mejorar las capacidades organizacionales de los comités de agua, como lo indica Cadena y Salgado (2017), la necesidad de aplicar o instrumentar los reglamentos representa una de las mayores problemáticas; esto es, a pesar de existir reglamentos, los miembros no “saben” cómo hacerlos válidos y una problemática recurrente es no entender el origen, propósito y la razón para llevar a cabo una gestión eficiente del recurso vital; además de falta de análisis de problemáticas, rendición de cuentas de estados financieros, y la creación de métodos de cobranza los cuales se traducen en una falta de capacidad operativa de los comités del agua en las localidades rurales. Por otra parte, se denota que el uso de sus métodos contables es muy básico (registro de recibos, cortes de caja) y no se observa el uso de técnicas contables que permitan realizar análisis financieros. Abundan las relacionadas a la cultura como lo es el hermetismo, aislamiento, desconfianza, no respeto, apatía, no colaboración y violencia.

## **Conclusiones**

El agua para el consumo humano, es un factor indispensable en el progreso y trascendencia de la vida de cada localidad. Por ello, un sistema de gestión que permita una mejora continua del servicio de distribución del agua potable demanda la participación de los pobladores, así como de las autoridades municipales pertinentes para obtener una gobernanza en esta área. El acceso y abastecimiento del agua potable en la zona de estudio es eficiente, no se vislumbra en un futuro cercano, conflictos graves por el acceso al agua en las comunidades del municipio. pero presenta ciertas contradicciones en cuanto a organización y administración del servicio, así como en la certeza sobre la calidad del agua, según los datos proporcionados por los representantes de cada comité.



## Agradecimientos

A los agentes municipales y representantes de cada comité del agua, quienes tuvieron tiempo y dedicación para proporcionarnos la información pertinente.

## Literatura Citada

- Cadena, C. y L. H. Salgado. 2017. Redes y capacidades de actores en torno a comités independientes de agua potable: el caso de San Felipe Tlalmimilolpan, Toluca, México. *Revista de El Colegio de San Luis • Nueva época • año VII, número 13*: 62-90.
- Casas, A. 2015. Avances en la Investigación: La gestión comunitaria del agua y su relación con las políticas públicas municipales. El caso del manantial de Patamburapio en el estado de Michoacán, 2009-2014. *Intersticios Sociales*. 10.
- Comites Rurales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de las comunidades del Municipio de San José Iturbide. (2000). Reglamento de los Comites Rurales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de las comunidades del Municipio de San José Iturbide, 28.
- CONAGUA. 2006. El agua en México. México, D. F. ISBN 968-817-730-X.
- Gutiérrez-Villalpando, V. N. B. y J. B. Contreras. 2013. Mujeres y organización social en la gestión del agua para consumo humano y uso doméstico en Berriozábal, Chiapas. *LiminaR*, 11(2): 100-113.
- Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista. 2010. Metodología de la Investigación (5ta. edición). México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Lankao, P. 2007. Descentralización y retiro del Estado: ¿mecanismos para gestionar sustentablemente el agua? *Revista Gestión y política pública* Vol. 16 (1): 29.
- López, S., T. Martínez y J. Palerm. 2013. LAS COMUNIDADES EN LA ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE: REGIÓN DE LOS VOLCANES, ESTADO DE MÉXICO. Montecillo, Estado de México: Estudios del Desarrollo Rural. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados 56230.
- Nicolas-Artero, C. 2016. Las organizaciones comunitarias de agua potable rural en América Latina: un ejemplo de economía substantiva. *POLIS, Revista Latinoamericana*, vol. 15 (45): 165-189.



# BIOTECNOLOGÍA





## EXPRESIÓN DE RGL Y PG EN LA MADURACIÓN DEL FRUTO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

Jazmín Franco Franco<sup>1</sup>, Luis Felipe Guzmán Rodríguez<sup>1\*</sup>, Moisés A. Cortés Cruz<sup>2</sup> y  
Marco Antonio Aragón Magadán<sup>1</sup>

### Resumen

La guanábana (*Annona muricata* L.) pertenece a la familia Annonaceae del género *Annona*. En América Central, México es el mayor productor y consumidor de guanábana. En 2019 México fue el principal productor de guanábana en el mundo, con una producción de casi 20,000 ton y en 2020, la producción de guanábana fue de 30,790 ton. Los principales estados productores son: Nayarit, Colima y Michoacán, se siembra en una superficie de 3,612 hectáreas.

La importancia que tiene el fruto de guanábana ha elevado el interés de los productores y el de los investigadores por eficientizar el manejo postcosecha de este fruto, que por su naturaleza climatérica acorta la vida útil. Durante el proceso de maduración, el tema principal es el desmantelamiento de la estructura de la pared celular primaria y la degradación de los polisacáridos que la componen; celulosa, hemicelulosa y pectina evidenciando un descenso en la firmeza.

Este estudio tuvo como objetivo analizar la expresión génica de *ramnogalacturonano liasa* y *poligalacturonasa* durante el proceso de maduración del fruto de guanábana a temperatura ambiente y a temperatura de refrigeración 15°C con diferentes tratamientos. Se aisló ARN total de la pulpa del fruto y se sintetizó cDNA por retro transcripción con la finalidad de determinar la expresión de los genes que codifican para las enzimas *ramnogalacturonano liasa* y *poligalacturonasa*, mediante qPCR por el método de cuantificación relativa  $\Delta\Delta Ct$ . El gen de *ubiquitina* se utilizó como referencia. En el análisis estadístico, se realizó el análisis de varianza y comparación de medias con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en el programa estadístico Statgraphics Centurion Versión XV. II. Diferencias significativas fueron observadas entre los

<sup>1</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP. <sup>2</sup> Dirección de Investigación-CIRPAC-INIFAP. \*guzman.luis@inifap.gob.mx



tratamientos a temperatura ambiente (TA) y en refrigeración (TR) en ambos genes. El gen *RGL* presentó incremento de la expresión génica en ambos tratamientos, obteniendo mayor expresión a TA, en cambio en TR, el gen *PG* no presentó el mismo patrón de crecimiento y obtuvo mayor expresión a TR. No obstante, cada enzima representa una importante participación durante el proceso de maduración.

**Palabras clave:** ramnogalacturonano liasa, poligaracturonasa, ablandamiento, pared celular, qPCR

## Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) pertenece a la familia Annonaceae del género *Annona*, esta especie crece en zonas de la región del Caribe, Sur de México y Guatemala, como centros de origen, aunque se encuentra distribuido en África y Asia. En Sudamérica la mayor producción de guanábana se concentra en Venezuela y Brasil. En América Central, México es el mayor productor y consumidor de guanábana (Jiménez *et al.*, 2016).

En 2019, México fue el principal productor de guanábana en el mundo, con una producción de 20,000 ton (Aleph, 2019). En 2020, la producción de guanábana fue de 30,790 ton. Los principales estados productores son: Nayarit (23,230 ton), Colima (2,832 ton) y Michoacán (2,781 ton) (SADER, 2020). La utilización y mejora de la comercialización del fruto de guanábana se debe, desde el punto de vista alimentario, a los componentes nutricionales como vitaminas y minerales (Ojeda *et al.*, 2007). Generalmente el fruto se consume en fresco, la pulpa tiene un inmenso potencial en su procesamiento debido a su agradable sabor y al alto rendimiento por fruto (hasta 85.5%) que la hace una materia prima atractiva (Jiménez *et al.*, 2016). Sin embargo, uno de los principales problemas con la comercialización de la fruta es el transporte, lo que genera pérdidas elevadas cuando el producto llega al mercado minorista (Lima y Alves, 2011).

Desde el punto de vista farmacobiólogo, la hoja, el tallo y la semilla han sido utilizados históricamente en medicina tradicional dadas sus capacidades antitumorales, parasiticidas y antidiarreicas (Solís *et al.*, 2010).



Con el fin de incrementar la vida poscosecha del fruto de guanábana es necesario generar mayor información sobre el metabolismo del fruto y técnicas de conservación adecuadas a los estándares de calidad de los diferentes mercados (Jiménez *et al.*, 2016). En la actualidad, en cuanto a las tecnologías de manejo poscosecha, existen estudios en los cuales se aplica el uso de la refrigeración y el envasado en atmósfera modificada con la finalidad de extender la vida útil de la guanábana (Lima y Alves, 2011).

Durante el proceso de maduración del fruto, se evidencia un descenso en la firmeza como consecuencia del desensamblaje y solubilización de la pared celular (Méndez, 2019). Durante este proceso, el tema principal es el desmantelamiento de la estructura de la pared celular primaria y la degradación de los polisacáridos que la componen: celulosa, hemicelulosa y pectina (Brummell, 2006).

La celulosa es el componente principal de las paredes celulares de la mayoría de las plantas y la red de soporte más importante en la pared primaria y secundaria (Jiménez, 2016). Las hemicelulosas contribuyen a la firmeza de las frutas y se hidrolizan al madurar, produciendo monosacáridos (Froto *et al.*, 2016). La pectina tiene influencia sobre la textura y consistencia de las frutas, ya que son los componentes principales de la lámina media de las células vegetales (Froto *et al.*, 2016). Los polisacáridos de ácido galacturónico confieren plasticidad y fuerza a la pared celular (Jiménez, 2016). Los polisacáridos de la pectina están compuestos principalmente de homogalacturonanos, ramnogalacturonanos I y II, y xilogalacturonanos (Jiménez, 2016). Ramnogalacturonano-I es un polisacárido péctico, estructuralmente está formando por un esqueleto de hasta 100 unidades repetidas del disacárido ramnano y ácido galacturónico unidos por enlaces glicosídicos (Méndez, 2019).

La enzima ramnogalacturonano liasa (RGL) se encuentra en la pared de las células vegetales (Trillo, 2016). Esta enzima degrada el polisacárido ramnogalacturonano-I (RGI) el cual, es el segundo polisacárido más abundante ubicado en la pared celular y representa del 25 al 30% de la pectina total (Ochoa *et al.*, 2018).

Existen evidencias que sugieren que RG-I sería la pectina que se solubiliza rápidamente al madurar el fruto, contribuyendo a la degradación y ablandamiento (Méndez, 2019). Se cree que estos cambios pueden estar implicados en la regulación de la porosidad de la pared, separación y expansión celular, cambios de textura durante la maduración y formación de moléculas de señalización (Trillo, 2016).



La enzima poligacturonasa (PG) está involucrada en la degradación de las sustancias pécticas y se ha sugerido que en los frutos en maduración la pectinmetilesterasa (PME) prepara la pared para la hidrólisis a ser ocasionada por el efecto de la PG, la cual, ataca los residuos pécticos desmetilados (Aponte y Guadarrama, 2003), actividad que le confiere al fruto características sensoriales que hidrolizan enlaces glucosídicos de los poligalacturónidos desesterificados, produciendo una amplia variedad de azúcares y ácidos orgánicos (Menéndez *et al.*, 2006). La enzima PG es la principal responsable de la solubilización total de las pectinas insolubles lo que conlleva de esta manera al ablandamiento del fruto por cambios en la estructura de la pared celular (Aponte y Guadarrama, 2003). La actividad de esta enzima incrementa durante el ablandamiento, posiblemente provocado por la producción de etileno. La enzima promueve la degradación de la lamela media de las células, lo que resulta en el ablandamiento (Jiménez *et al.*, 2017).

La expresión génica es la transformación de la información codificada por los ácidos nucleicos en las proteínas necesarias para su desarrollo y funcionamiento. Este proceso inicia con la retro transcripción (RT-PCR), el cual consiste en sintetizar DNA complementario (cDNA) a moléculas de ARN. El cDNA obtenido es la cadena complementaria de la cadena molde de ARN (Rodríguez, 2014). La reacción es catalizada por una enzima ARN polimerasa (Hernández *et al.*, 1995). Una característica importante de PCR en tiempo real (qPCR) es su amplio rango dinámico, alta sensibilidad y especificidad en los genes a estudiarse (Vinueza, 2009). Esta técnica combina la detección y la amplificación en un mismo paso además de rapidez en la visualización del producto (Aguilera *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue analizar la expresión de los genes *RGL* y *PG* en fruto de guanábana a diferentes condiciones de almacenamiento.

## **Materiales y Métodos**

En el presente trabajo se incluyeron seis frutos de guanábana (*Annona muricata* L.), de los cuales, la mitad se mantuvieron a temperatura ambiente (TA) y la otra mitad en refrigeración a 15°C (TR). Los tratamientos considerados en el experimento fueron TA a 0, 3 y 6 días y TR a 3, 6 y 9 días, cada uno incluyó tres réplicas. Se colectó pulpa del fruto de los materiales a los



días 0, 3, 6 y 9 días para la obtención de ARN. El estudio se realizó en el Laboratorio de ADN y Genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP en el periodo de febrero a mayo de 2021. A partir de 90 a 110 mg de pulpa del fruto se llevó a cabo la obtención de ARN. La extracción de ARN total fue con el método comercial Spectrum™ Plant Total RNA Kit de la marca Sigma® con las especificaciones del proveedor. El ARN purificado se disolvió en 50  $\mu$ L de solución buffer de elución y se analizó la calidad por medio de espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo y las muestras se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el ensayo.

La primera cadena de cDNA se sintetizó mediante retro transcripción con 5  $\mu$ g ARN total con el método comercial SuperScript™ III Reverse Transcriptase de la marca Invitrogen® de acuerdo al protocolo del fabricante. La cantidad del cDNA sintetizado se determinó por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo y se estandarizaron las concentraciones a 20 ng/ $\mu$ L.

El análisis de expresión génica relacionada con los cambios bioquímicos como el ablandamiento de la pared celular provocando pérdida de firmeza en el fruto de guanábana, se realizó en los genes *RGL* y *PG*. El gen *ubiquitina (UBC)* fue utilizado como gen constitutivo de referencia y el tratamiento TA en 0 días como control para la cuantificación relativa por el método  $\Delta\Delta\text{Ct}$ .

El cDNA se amplificó por PCR tiempo real (qPCR) en un equipo termociclador StepOnePlus™ de la marca Applied Biosystems con el uso de sondas marcadas con fluorescencia. La mezcla de reacción se realizó en un volumen de 20  $\mu$ L con 1X de Taqman Fast Advanced Master Mix de la marca Applied Biosystems, 0.4  $\mu$ M de los iniciadores sentido y antisentido, 0.18  $\mu$ M de sonda y 40 ng de cDNA. Los iniciadores se diseñaron y fueron sintetizados por T4Oligo. Las condiciones de amplificación fueron un ciclo de desnaturalización inicial a  $95^{\circ}\text{C}$  durante 5 minutos, seguido de 45 ciclos de desnaturalización a  $95^{\circ}\text{C}$  por un minuto y alineamiento y extensión a  $55^{\circ}\text{C}$  por un minuto.

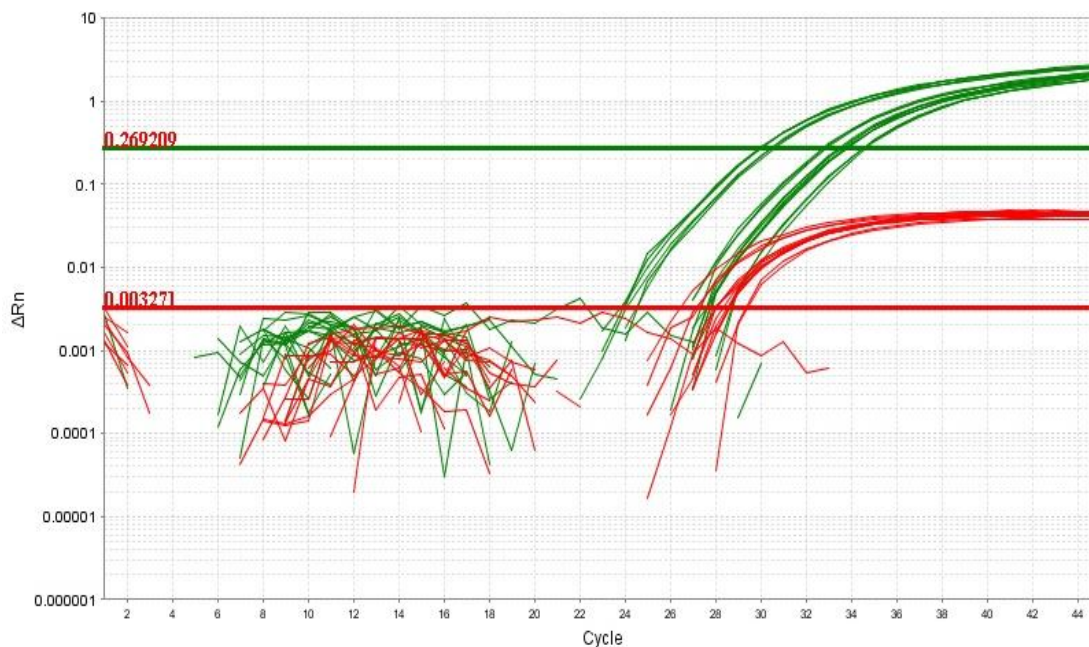
Los resultados se observaron y analizaron en el programa StepOne versión 2.1. El diseño experimental aplicado fue factorial, con los factores temperatura de almacenamiento y días transcurridos. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , en el programa estadístico Statgraphics Centurion Versión XVII.





## Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presenta la expresión obtenida del gen *RGL* y el gen constitutivo de referencia *UBC*, en la cual, las líneas en verde corresponden a la expresión génica de *RGL* y en rojo a *UBC* en fruto de guanábana. En la Figura 1 se presenta la curva típica de amplificación para ambos genes y sus respectivas etapas durante el proceso de maduración con diferentes tratamientos, que van desde la fase inicial hasta la meseta, la línea horizontal corresponde al umbral de detección de la fase exponencial que al interpolar con el punto de referencia obtendremos en valor de Ct en el ciclo de la PCR, en la cual, la curva de amplificación supera al umbral de detección.



**Figura 1. Amplificación del gen *RGL* y el gen constitutivo de referencia *ubiquitina* en fruto de guanábana.**

En el Cuadro 1 se presentan los valores Ct de los genes *RGL* y *UBC* y la cuantificación de la expresión en seis tratamientos de guanábana por el método relativo  $\Delta\Delta Ct$ . En dicho cuadro se observan valores Ct de *RGL* entre 29.9 a 33.7 y *UBC* entre 26.3 a 29.3. Los valores Ct de *RGL* en todos los tratamientos fueron mayores a los valores Ct de *UBC*, esto indica que la expresión



de *RGL* es menor a la expresión del gen *ubiquitina*, independientemente de la temperatura de almacenamiento o los días transcurridos.

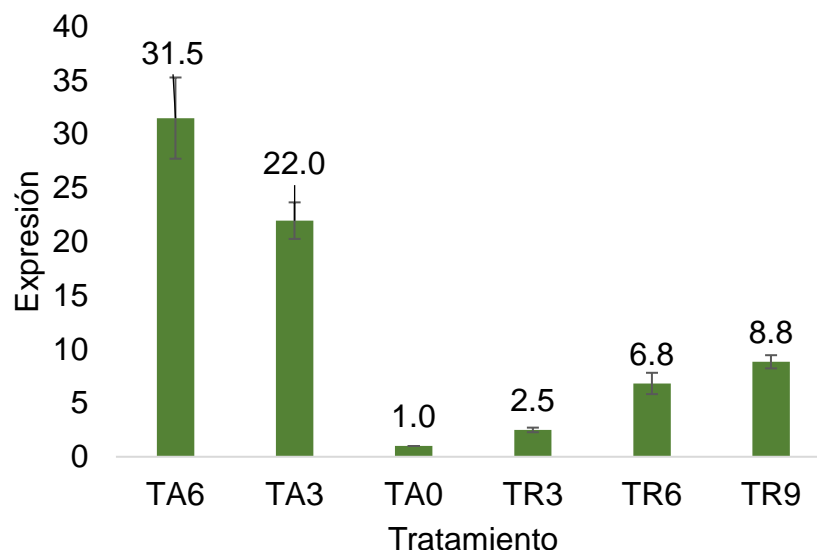
**Cuadro 1. Resultados de la expresión génica de los genes *RGL* y gen de referencia *ubiquitina* obtenida con el método relativo  $\Delta\Delta Ct$ .**

Tratamiento	<i>RGL</i> Ct	<i>UBC</i> Ct	$\Delta Ct$	$\Delta\Delta Ct$	$2^{\Delta\Delta Ct}$ Promedio
TA0	33.7	26.3	7.4	0.0	1.0
	33.7	26.3	7.4	0.0	
	33.6	26.3	7.3	0.0	
TA3	29.9	26.9	3.0	-4.3	21.9
	29.9	27.1	2.8	-4.5	
	30.0	27.1	2.8	-4.5	
TA6	30.4	28.2	2.2	-5.1	31.5
	30.5	28.0	2.5	-4.8	
	30.4	28.0	2.4	-4.9	
TR3	34.5	28.5	5.9	-1.4	2.5
	34.4	28.4	6.0	-1.3	
	34.6	28.4	6.2	-1.2	
TR6	32.8	27.9	4.9	-2.5	6.8
	32.9	28.4	4.4	-2.9	
	32.7	28.1	4.5	-2.8	
TR9	33.5	29.2	4.3	-3.0	8.8
	33.4	29.3	4.2	-3.2	
	33.4	29.3	4.2	-3.2	

En la Figura 2 se observa la expresión relativa del gen *RGL* en fruto de guanábana. La expresión de *RGL* va en aumento conforme avanzan los días postcosecha en temperatura ambiente y en temperatura de refrigeración a 15°C. La enzima *RGL* degrada la cadena principal del *RG-I* y se cree que estos cambios pueden estar implicados en la regulación de la porosidad de la pared, separación y expansión celular, cambios de textura durante la maduración y formación de moléculas de señalización (Trillo, 2016). En este trabajo estos cambios ocurren sin importar las condiciones de almacenamiento ni los días transcurridos y su incremento es de manera continua. No obstante, en TR aunque el aumento sigue el mismo



patrón de crecimiento, cabe resaltar que la expresión génica en los diferentes tratamientos a esta condición de almacenamiento es mucha más retardada que a TA.



**Figura 2. Expresión relativa del gen *RGL* en fruto de guanábana. TA: Temperatura ambiente, TR: Temperatura de refrigeración a 15°C. 0, 3, 6 y 9: días en almacenamiento, respectivamente.**

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza de la expresión del gen *RGL* en guanábana con dos factores. En dicho cuadro se observan diferencias significativas en factor temperatura y días transcurridos ( $P < 0.0001$ ). Los resultados de la comparación de medias del factor día en el gen *RGL* con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se presenta en el Cuadro 3. Las medias de los días 6 y 9 no presentaron diferencias y el resto de las medias son diferentes.

**Cuadro 2. Análisis de varianza de la expresión del gen *RGL* en fruto de guanábana con dos factores.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	1460.1	1	1460.1	330.2	<0.0001*
Días	1501.8	3	500.6	113.2	<0.0001*
Error	57.5	13	4.4		
Total	2217.7	17			



**Cuadro 3. Comparación de medias de la expresión de gen *RGL* por día con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ).**

Días	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
0	-10.0	1.3	a
3	12.2	0.9	b
6	19.1	0.9	c
9	19.9	1.3	c

En el análisis de varianza de la expresión de *RGL* por tratamiento se observaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ). En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias de la expresión del gen *RGL* en los diferentes tratamientos. Los tratamientos TA0 y TR3 no presentan diferencias significativas y el resto de los tratamientos fueron diferentes.

**Cuadro 4. Comparación de medias de la expresión del gen *RGL* en los tratamientos, con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ).**

Tratamiento	Media	Grupos homogéneos
TA0	1.0	a
TA3	21.9	d
TA6	31.5	e
TR3	2.5	ab
TR6	6.8	bc
TR9	8.8	C

En la Figura 3 se observa la curva típica de amplificación del gen *PG* y el gen de referencia *ubiquitina* en el fruto de guanábana. Las líneas en color verde representan a *PG* y en color rojo a *UBC*.

En el cuadro 5 se observan los valores Ct de los genes *PG* y *ubiquitina* y la cuantificación de la expresión de *PG* en seis tratamientos de guanábana por el método relativo  $\Delta\Delta Ct$ . En este cuadro se presentan valores Ct de *PG* entre 23.3 a 34.4 y de *ubiquitina* entre 26.6 a 29.2. En el tratamiento TA0, los valores Ct de *PG* son mayores a los valores Ct de *ubiquitina*, esto indica que la expresión de *PG* específicamente en este tratamiento es mayor a la expresión del gen constitutivo de referencia *ubiquitina* y en el resto de los tratamientos la expresión de *PG* es menor a la expresión del gen de referencia *UBC*.

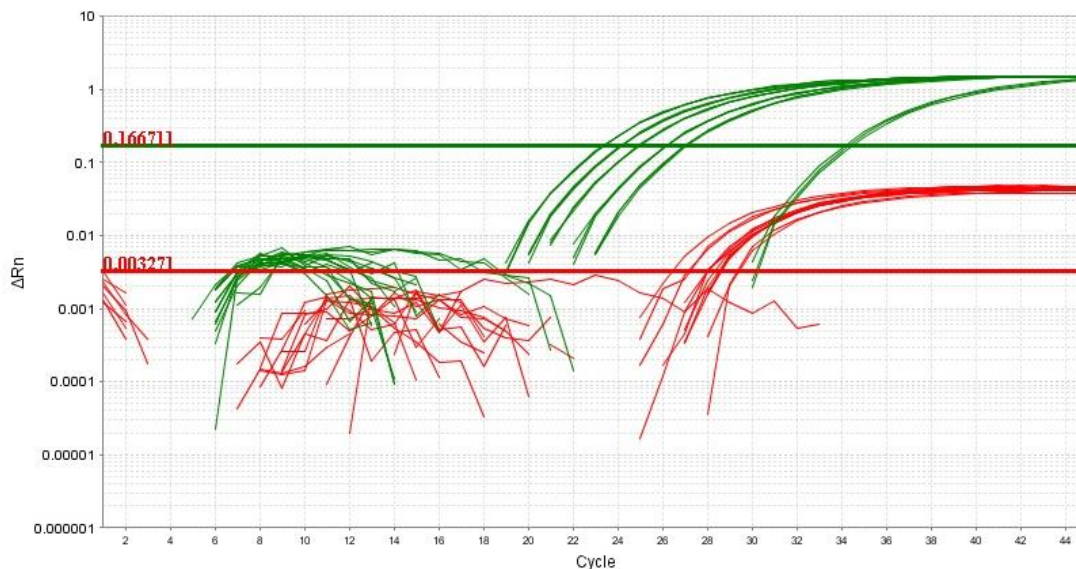


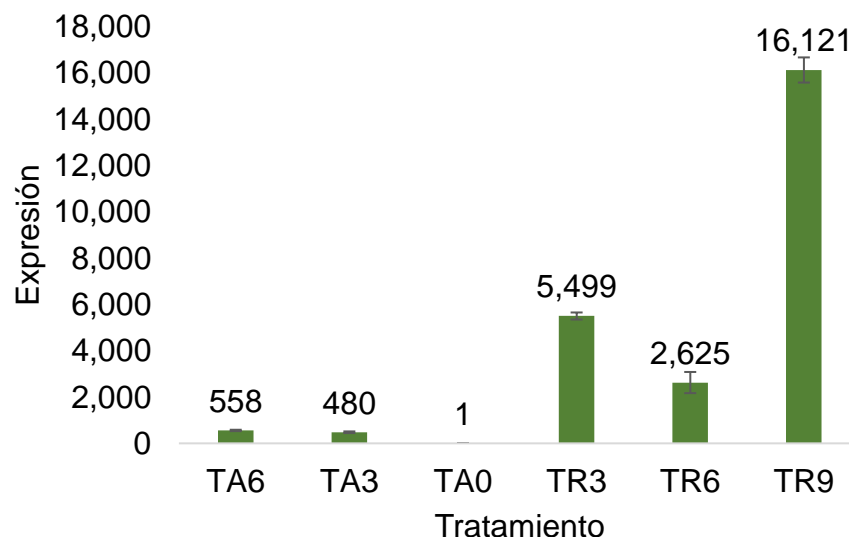
Figura 3. Amplificación del gen *PG* y gen de referencia *ubiquitina* en fruto de guanábana.

Cuadro 5. Resultados de la expresión génica obtenida con el método relativo  $\Delta\Delta Ct$  de los genes *PG* y gen de referencia *ubiquitina*.

Tratamiento	<i>PG</i> Ct	<i>UBC</i> Ct	$\Delta Ct$	$\Delta\Delta Ct$	$2^{\Delta\Delta Ct}$ (Promedio)
TA0	34.4	26.3	8.1	0.0	1
TA0	34.2	26.3	7.9	-0.1	
TA0	34.1	26.3	7.7	-0.3	
TA3	26.1	26.9	-0.8	-8.9	480
TA3	26.1	26.9	-0.7	-8.8	
TA3	26.1	27.1	-1.0	-9.0	
TA6	27.0	28.1	-1.2	-9.3	
TA6	27.0	28.1	-1.1	-9.2	558
TA6	27.0	28.0	-1.0	-9.1	
TR3	24.1	28.5	-4.4	-12.5	5,499
TR3	24.1	28.4	-4.3	-12.4	
TR3	24.1	28.4	-4.3	-12.4	
TR6	25.0	28.0	-3.0	-11.1	2,625
TR6	25.0	28.4	-3.5	-11.6	
TR6	25.0	28.1	-3.3	-11.3	
TR9	23.3	29.2	-5.9	-13.9	16,121
TR9	23.3	29.2	-5.9	-14.0	
TR9	23.3	29.2	-6.0	-14.0	



En la Figura 4 se observa la expresión relativa del gen *PG* en fruto de guanábana. La expresión de *PG* a TA aumenta conforme avanzan los días en maduración postcosecha, siendo mayor la expresión al día seis. No obstante, en temperatura de refrigeración a 15°C se observa que al día seis se tienen la menor expresión, presentando el mayor incremento al día nueve. Como lo menciona Aponte y Guadarrama (2003) la *PG* es la principal responsable de la solubilización total de las pectinas insolubles lo que conlleva de esta manera al ablandamiento del fruto. La actividad enzimática de *PG* en frutos de guanábana es muy importante debido a que esta enzima está relacionada con la calidad del fruto en aspectos como color y firmeza (Jiménez, *et al.*, 2017), como se observa en la figura 4, esta enzima tiene un incremento en su actividad conforme el fruto madura en temperatura ambiente, esto se debe al incremento en la solubilización de la pectina provocando la degradación durante la maduración (Lima *et al.*, 2006). Por otro lado, a TR no se presenta el mismo patrón en la expresión obtenida lo que podría indicar que a temperatura de refrigeración de 15°C la fruta de guanábana sufra daños por frío, ocasionando de esta manera la rápida actividad enzimática. Castillo *et al.* (2005) menciona que las frutas tropicales son más resistentes al frío mientras más maduras se almacenen. Cabe mencionar que en el presente trabajo se estudiaron frutos en madurez fisiológica.



**Figura 4. Expresión relativa del gen *PG* en fruto de guanábana. TA: Temperatura ambiente, TR: Temperatura de refrigeración a 15°C. 0, 3, 6 y 9: días en almacenamiento, respectivamente.**



En el Cuadro 6 se presenta el análisis de varianza de la expresión del gen *PG* en fruto de guanábana con dos factores. En este cuadro se observan diferencias significativas en la temperatura y los días transcurridos. Los resultados de la comparación de medias del factor día en el gen *PG* con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se presenta en el Cuadro 7. La media del día 9 es estadísticamente diferente a las medias de los días 0, 3 y 6.

**Cuadro 6. Análisis de varianza de la expresión en el gen *PG* en fruto de guanábana con dos factores.**

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	$3.7 \times 10^7$	1	$3.7 \times 10^7$	66.7	<0.0001*
Días	$3.1 \times 10^8$	3	$1.0 \times 10^8$	178.4	<0.0001*
Error	$7.7 \times 10^6$	13	$5.9 \times 10^5$		
Total	$5.8 \times 10^8$	17			

**Cuadro 7. Comparación de medias de la expresión del gen *PG* por día, con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ).**

Días	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
0	1,768.1	496.9	ab
3	2,994.6	314.3	b
6	1,600.7	314.3	a
9	14,585.0	496.9	c

En el análisis de varianza de la expresión de *PG* por tratamiento se observaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ). En el Cuadro 8 se presenta la comparación de medias de la expresión del gen *PG* en los diferentes tratamientos. El tratamiento TR3 presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

**Cuadro 8. Comparación de medias de la expresión del gen *PG* en los tratamientos, con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ).**

Tratamiento	Media	Grupos homogéneos	Tratamiento	Media	Grupos homogéneos
TA0	1	a	TR3	5,499	c
TA3	480	a	TR6	2,625	b
TA6	577	a	TR9	16,352	d



## Conclusiones

La expresión de los genes de las enzimas ramnogalacturonano liasa y poligalacturonasa durante la maduración del fruto en las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración a 15°C son diferentes.

## Literatura Citada

- Aguilera, P., M. Tachiquín R., M. G. Munive R., B. Pineda O. y M. E. Cháñez C. 2014. PCR en tiempo real. Herramientas Moleculares Aplicadas a la Ecología. 175-201. pcrtiempo.pdf (inecc.gob.mx). [Consultado el 7 de julio de 2021].
- Aleph, M. 2019. Investigador mexicano presenta proyecto para optimizar la producción de guanábana. Aleph Multimedia [Consultado el 3 de julio del 2021].
- Aponte, L. y A. Guadarrama. 2003. Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Rev Fac Agron. 29:145-160.
- Brummell, D.A. 2006. Primary cell wall metabolism during fruit ripening. New Zealand Journal of Forestry Science 36(1): 99-111.
- Castillo, A. D., G. Varela H., B. R. Pérez S. y C. Pelayo Z. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura. 11(1):51-57.
- Froto, M. M. L., G. R. Clamont M., S. G. Fernández M., M. C. Cueto W. y J. E. González F. 2016. Procesos bioquímicos de senescencia y deterioro de frutos frescos y aplicaciones químicas para controlarlos. Análisis, calidad y procesamiento de los alimentos en México. 11(15):111-126.
- Hernández, A., P. Martín V., A. Torres. y E. Salido. 1995. Análisis del RNA: Estudio de la expresión genética. Nefrología 15(2): 1-117.
- Jiménez, M. M. I. 2016. Análisis de fragmentos de ramnogalacturonano-I como inductores del mecanismo de defensa del tomate. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. 56 p.





- Jiménez Z. J. O., R. Balois M., I. Alia T., P. Juárez L., M. T. Sumaya M. y J. E. Bello L. 2016. Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. REMEXCA, 7(6):1261-1270.
- Jiménez Z. J. O., R. Balois M., I. Alia T., P. Juárez L., M. T. Sumaya M. y J. E. Bello L. 2017. Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.) REMEXCA, 8(5):1155-1167.
- Lima, M.A. y R. E. Alves. 2011. Soursop (*Annona muricata* L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, 4:363–391.
- Lima, M.A., R. E. Alves., y H. A. Filgueiras. 2006. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 41(12):1707-1713.
- Méndez, Y. A. A. 2019. Aislamiento y caracterización de la enzima ramnogalacturonano endoliasa inducida durante la maduración de frutos de *fragaria chiloensis* (L.) Mill. Tesis de Doctorado. Talca Universidad de Chile. 157 p.
- Menéndez, A. O., S. Evangelista L., M. Arenas O., K. Bermúdez T., A. Del Villar M. y A. Jiménez A. 2006. Cambios en la actividad de  $\alpha$ -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). Interciencia, 31(10):728-733.
- Ochoa, J. V. A., G. Berumen V., R. Fernández V., E. Martín. and T. Hernández. 2018. Rhamnogalacturonan lyase: A pectin modification enzyme of higher plants. Emirates Journal of Food and Agriculture, 30(11):910-917.
- Ojeda, dR. G., J. Coronado., R. Nava., B. Sulbarán., D. Araujo. y L. Cabrera. 2007. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de la guanábana (*Annona muricata*) cultivada en el occidente de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 41(2):151–160.
- Rodríguez, G. 2014. Retro transcripción de RNA. Microsoft Word - RETROTRANSCRIPCION DE ARN V2.doc (uam.es) [Consultado el 4 de julio 2021].
- SADER. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Guanábana, dulce milagro tropical | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx) [Consultado el 2 de julio 2021].
- Solís, F. J. A., C. Amador H., M. R. Hernández M. y M. C. Durán B. M.C. 2010. Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata* L.). Grasas y aceites, 61(1):58-66.



Trillo, H. E. A. 2016. Expresión de genes que codifican isoenzimas de ramnogalacturonano liasa durante la ontogenia del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. 38 p.

Vinueza B. C. 2009. PCR en Tiempo Real: la nueva era de la información genética celular. Revista electrónica de Veterinaria, 10(2):1695-7504.



## RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE *Azolla filiculoides* A CONCENTRACIONES CRECIENTES DE NÍQUEL

Lucero Suárez Villegas<sup>1</sup>, Daniel González Mendoza<sup>2</sup>, Alejandro Alarcón<sup>3</sup>, Rosalba Argumedo Delira<sup>4</sup> y Gabriela Sánchez Viveros<sup>1\*</sup>

### Resumen

El creciente uso de plantas en procesos de fitorremediación para cuerpos de agua contaminados por metales pesados a fin de lograr su limpieza total o parcial, ha despertado el interés hacia el estudio de los mecanismos morfológicos y fisiológicos de las plantas en dicho proceso, por ser de suma importancia al momento de seleccionar las especies mejor preparadas para la biorremediación. El objetivo fue determinar las respuestas fisiológicas en *Azolla filiculoides* que le permiten crecer y sobrevivir a la exposición a níquel, en condiciones de laboratorio. 1 g de la macrófita fue expuesto a 30 mL de solución con diferentes concentraciones (0, 25, 50, 75 y 100 ppm) de Ni (NiSO<sub>4</sub> 6H<sub>2</sub>O), pH 5.5, durante 72 horas. Durante el tiempo de exposición se monitoreó: el pH con ayuda de un potenciómetro, la fuga de electrolitos (con base a valores de la CE sustituidos en una fórmula), eficiencia fotosintética (determinada con un fluorómetro de clorofila de la marca Opti-Sciences). Después de las 72 horas de exposición, el tejido vegetal se retiró de la solución, se midió la actividad enzimática Fenilalanina amonio-liasa (PAL). Los resultados muestran que la macrófita acuática *A. filiculoides* presenta modificaciones fisiológicas ante la presencia de Ni. Principalmente, se observaron síntomas de toxicidad (tejido necrosado), mientras que en el pH registró una tendencia a acidificarse. Por otro lado, la fuga de electrolitos registró una tendencia de incremento, siendo mayor en las dosis más altas. La eficiencia fotosintética registró se reducción ante las más altas concentraciones del metal en comparación con las concentraciones bajas del elemento. Finalmente, la actividad enzima PAL mostró una

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. CP 91090. Xalapa, Veracruz. México. \*gabsanchez@uv.mx

<sup>2</sup> Área de Microbiología del Suelo. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Campus Mexicali.

<sup>4</sup> Instituto de Química Aplicada (IQA), antes Unidad SARA. Universidad Veracruzana. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, 91190, Xalapa, Veracruz, México.



tendencia de incremento en las concentraciones 50, 75 y 100 ppm. Se concluye que la macrófita acuática *Azolla filiculoides* incrementa la fuga de electrolitos y actividad enzimática de PAL al ser expuesta a níquel; mientras que en concentraciones superiores a 25 ppm de níquel la eficiencia fotosintética, pH se ven afectadas, así como el tejido tiende a necrosar. Se sugiere determinar sitios de acumulación de níquel en tejido vegetal.

**Palabras clave:** eficiencia fotosintética, macrófita, PAL, fuga electrólitos, estrés metálico

## Introducción

Las actividades antropogénicas son fuentes principales de desechos que contaminan el agua, afectan la calidad, disponibilidad del recurso y ponen en riesgo la vida de los seres humanos. Entre los desechos contaminantes se encuentra el níquel (Ni), que en concentraciones superiores a 2 ppm (límite permisible por la OMS), es conocido que tiene un efecto tóxico en los organismos (Kara, 2014). Contrariamente, también se reconoce al níquel como un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, por intervenir en la actividad enzimática, resaltando su participación con la enzima ureasa durante la hidrólisis de la urea (Rodríguez-Jiménez *et al.*, 2016). Sin embargo, en concentraciones altas ocasiona efectos negativos en el balance del agua, respiración y fotosíntesis de las plantas, al igual inhibe la absorción del magnesio (Sreekanth *et al.*, 2013). Además, produce una serie de alteraciones fisiológicas y metabólicas que modifican su normal funcionamiento, como alterar la actividad enzimática y la replicación del ADN (Suazo-Madrid *et al.*, 2010).

Actualmente existen diferentes métodos para dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, pero su aplicación presenta uso limitado, debido a la demanda de personal capacitado, al alto número de reactivos químicos y la alta inversión económica (Xinwey *et al.*, 2018). Una alternativa es la fitorremediación, técnica empleada en la recuperación de cuerpos de agua contaminados. Está tecnología aprovecha el potencial fisiológico de las especies vegetales, para eliminar, adsorber o acumular elementos potencialmente tóxicos (EPT) (Chan-Quijano *et al.*, 2015). Se ha reportado que algunas macrófitas acuáticas mejoran la calidad del agua debido a la capacidad de acumular EPT, dentro de las cuales destaca el helecho *Azolla*



(Muradov *et al.*, 2014). Pertenece a la familia *Azollaceae*, su color oscila de rojo a púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra (Intriago, 2017). Es una macrófita de agua dulce de fácil propagación, con capacidad de adaptarse a diferentes climas y se caracteriza por establecer asociación simbiótica con *Anabaena* (*Anabaena azollae* Strass). La cianobacteria se alberga en las cavidades de los lóbulos dorsales de las frondas, y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Aldas-Jarrín *et al.*, 2016; Hassan y Mostafa, 2016). Al igual es reconocida por su rápido crecimiento siendo capaz de duplicar su biomasa entre dos y cuatro días (Sood *et al.*, 2012).

Algunas especies del helecho *Azolla* han demostrado diversas ventajas en sistemas de fitorremediación. Stêpniewska *et al.* (2005), reportaron que *Azolla caroliniana* tiene potencial para reducir hasta un 90% de plomo (II) y 22% de Cd (II) en efluentes contaminados con estos metales. Al igual Arora *et al.* (2006), indican que *A. microphylla*, *Azolla filiculoides* y *A. pinnata* acumulan y toleran iones de Cr (5000-15000 lg/g), y al mismo tiempo acumulan altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos y metaloides (González-Mendoza *et al.*, 2011). Por otro lado, *A. pinnata* disminuye los niveles de nitratos y la demanda biológica de oxígeno, amonio y pH en efluentes contaminados (Chaux *et al.*, 2013). Existen reportes que indican que la macrófita tiene la capacidad de adsorber cromo exavalente y trivalente, zinc (II) y níquel (II) (Sharma y Sachdeva, 2015). Asimismo, Chakraborty *et al.* (2019), indicaron que esta especie de macrófita presenta la habilidad para crecer en pH ácidos y acumular Cu, Cd, As, Pb, Mg y Cr. La efectividad de una especie vegetal en los sistemas de fitorremediación se debe al nivel de tolerancia al contaminante, permitiendo con ello clasificar como acumuladoras, indicadoras e hiperacumuladoras. Estas últimas tienen la habilidad de acumular y tolerar altas concentraciones de EPT (González-Chávez *et al.*, 2017); por ejemplo, las plantas hiperacumuladoras de Ni acumulan más de 1000 µg/g del metal en la materia seca de la especie vegetal (González *et al.*, 2020).

Las plantas generan diferentes mecanismos ante la presencia de contaminantes, ya sea que generen péptidos ricos en cisteína y proteínas que brindan protección a las células (Zazouli *et al.*, 2014), inclusive pueden inmovilizar o degradar a los contaminantes y al mismo tiempo generar diferentes respuestas al estrés originando cambios fisiológicos en las plantas (Caviedes *et al.*, 2016). Es evidente que la disminución en la disponibilidad de agua es un problema que concierne a todos y urge dar alternativas viables para solucionarlo. Es



importante que se entiendan los procesos y mecanismos que intervienen en las diversas especies vegetales empleadas en temas de fitorremediación, resaltando aquellas que tienen la capacidad de tolerar y acumular elementos potencialmente tóxicos, tal es el caso de la macrófita acuática *Azolla*.

Por lo anteriormente mencionado se propuso como objetivo determinar las respuestas fisiológicas en *Azolla filiculoides* que le permita crecer y sobrevivir a la exposición a níquel, en condiciones de laboratorio.

## **Materiales y Métodos**

La investigación se realizó en el periodo Mayo-Junio 2021, en el laboratorio de Biotecnología Molecular del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Baja California, Campus Mexicali, ubicada en carretera Delta S/N, Ejido Nuevo León, Baja California México. El material vegetal fue proporcionado por el Azollatum “Alfredo Echegaray Alemán” del área de Microbiología del Suelo del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. La *Azolla* (1 g de peso fresco) se colocó en tubos Falcon con 30 mL de solución de níquel ( $\text{NiO}_4\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ajustada a pH 5) a diferentes concentraciones (0, 25, 50, 75 y 100 ppm). Las concentraciones fueron determinadas con la DL50 y tomando como referencia los límites permisibles del elemento establecidos por la OMS. El experimento se estableció durante 72 horas y, se midieron las variables de: pH, fuga de electrolitos, eficiencia fotosintética y actividad enzimática de PAL (fenilalanina amonio-liasa).

El pH se monitoreó con ayuda de un potenciómetro de la marca HANNA®, modelo HI 9813-6. La fuga de electrolitos se determinó siguiendo la metodología descrita por González-Mendoza *et al.* (2009), para ello se midió la conductividad eléctrica inicial ( $C_1$ ) a las 0 horas y la CE variable ( $C_n$ ) durante las 12, 24, 36, 60 y 72 horas de exposición. Posteriormente, el tejido de *Azolla* se esterilizó a 121 °C por 20 minutos para liberar todos los electrolitos. Se dejó enfriar la muestra y se midió la conductividad eléctrica final ( $C_f$ ). La fuga de electrolitos se obtuvo al sustituir los datos en la siguiente fórmula:  $E_T = [(C_n - C_1) / C_f] \times 100$ .



La eficiencia fotosintética se midió con un fluorómetro de clorofila de la marca Opti-Sciences, modelo OS-30p. Para esto, después de las 72 horas, el material vegetal expuesto se colocó en un mortero frío con 5 mL de buffer Tris-HCl (0.1 M, pH 7.5) con polivinilpirrolidona, se homogeneizó, se tomó 1 mL de la muestra, se colocó en tubos y se centrifugó a 12,000 rpm a 4°C por 10 min. Finalmente se midió la actividad de PAL implementando la metodología propuesta por Cindi *et al.* (2016), y la absorbancia de ácido transcinámico se midió a 290 nm. La reacción anterior contenía el extracto de la enzima (100 µl), 200 µl de Tris-HCL (50 mM, pH 8.8) con 20 mM L-Fenilalanina y se incubó durante 30 min a 40°C. Después de la incubación se adicionó 100 µl de solución 1 M de HCl. La enzima se definió de acuerdo con el incremento en la absorbancia en una unidad por minuto, la actividad enzimática se expresó como unidades por mg de proteína soluble (González-Mendoza *et al.*, 2018).

El diseño experimental fue completamente al azar. El análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencias de medias (Tukey) de las variables evaluadas se realizaron con el paquete estadístico Statistica 5.5. Los datos que se muestran en los gráficos corresponden al promedio de tres repeticiones.

## Resultados y Discusión

Los resultados muestran que *A. filiculoides* presenta modificaciones fisiológicas que le permiten crecer y sobrevivir a diferentes concentraciones de níquel. Sin embargo, después de 6 horas de exposición de *A. filiculoides* a concentraciones superiores a 50 ppm de níquel, la macrófita presenta síntomas de toxicidad, principalmente en el contorno de las frondas se observa tejido necrótico (Figura 1).

Además, se observó que a las 24 y 60 horas de exposición en las concentraciones de 50 y 75 ppm el pH disminuyó, no obstante, a las 36 horas se registró una tendencia de aumento en el pH de la solución (Figura 2). Estos resultados pueden ser debido a que el helecho puede estar segregando compuestos orgánicos que acidifican el pH para evitar la asimilación del níquel por las frondas como lo indican Seregin y Kozhevnikova (2006), que la absorción del níquel disminuye cuando el pH es alto.

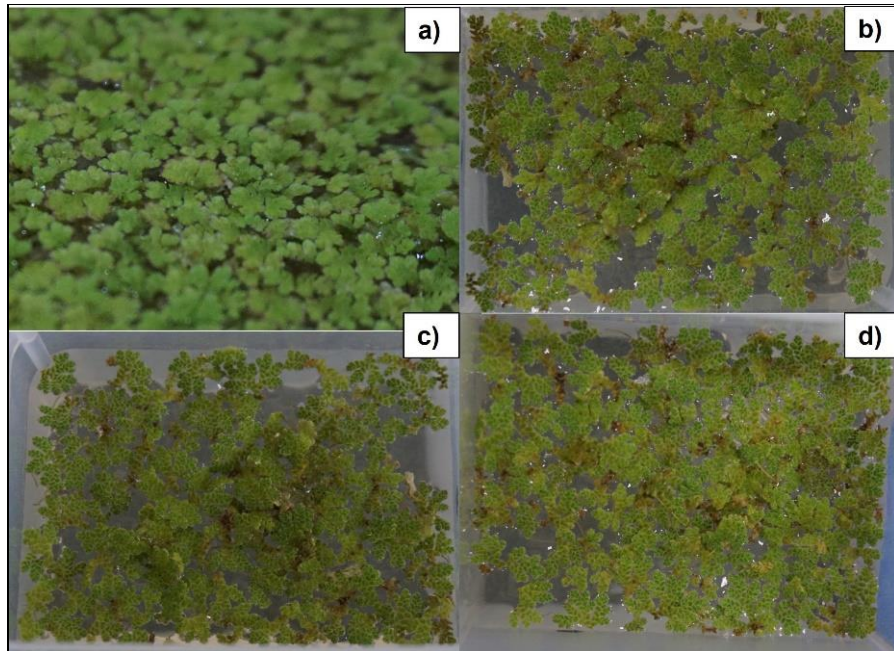


Figura 1. Comportamiento del helecho acuático *A. filiculoides*; a) sin exposición a níquel, b) síntomas de necrosis a las 6 horas de exposición en la concentración 50 ppm, c) y d) síntomas de necrosamiento en la concentración 75 ppm a las 15 y 36 horas de exposición.

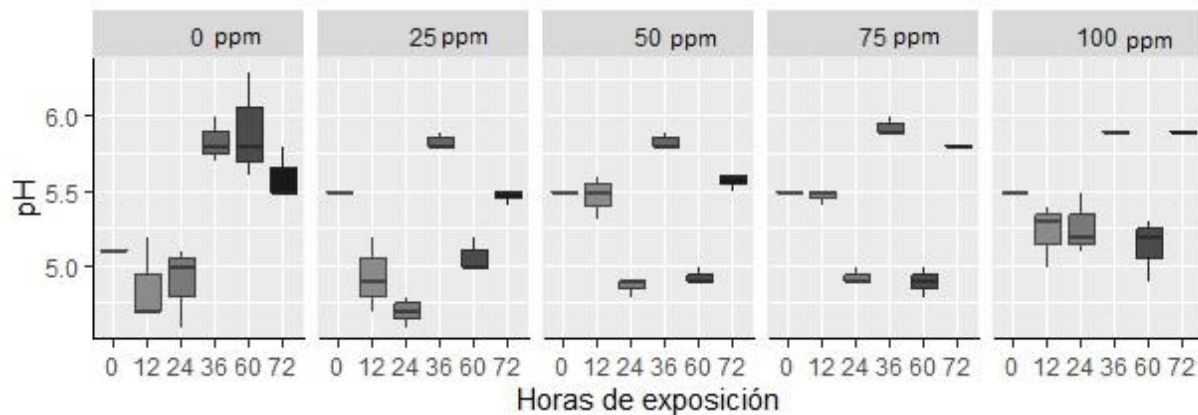


Figura 2. Comportamiento del pH en la macrófita acuática *Azolla filiculoides* durante 72 horas de exposición a diferentes concentraciones de níquel. Las líneas sobre las barras indican el error estándar, Tukey 0,05; n=3.

Por otro lado, se registró una tendencia de incremento en el porcentaje de fuga de electrolitos, presentándose una mayor cantidad en las concentraciones de 50, 75 y 100 ppm (Figura 3). Resultados similares fueron reportados por Sánchez-Viveros *et al.* (2010), al exponer a las macrófitas *A. caroliniana* y *Azolla filiculoides* a  $\text{Cu}^{2+}$  y demostraron que ante la presencia de





este elemento en las concentraciones más altas (0.2-1 mM) se presentó una tendencia de incremento en la fuga de electrolitos.

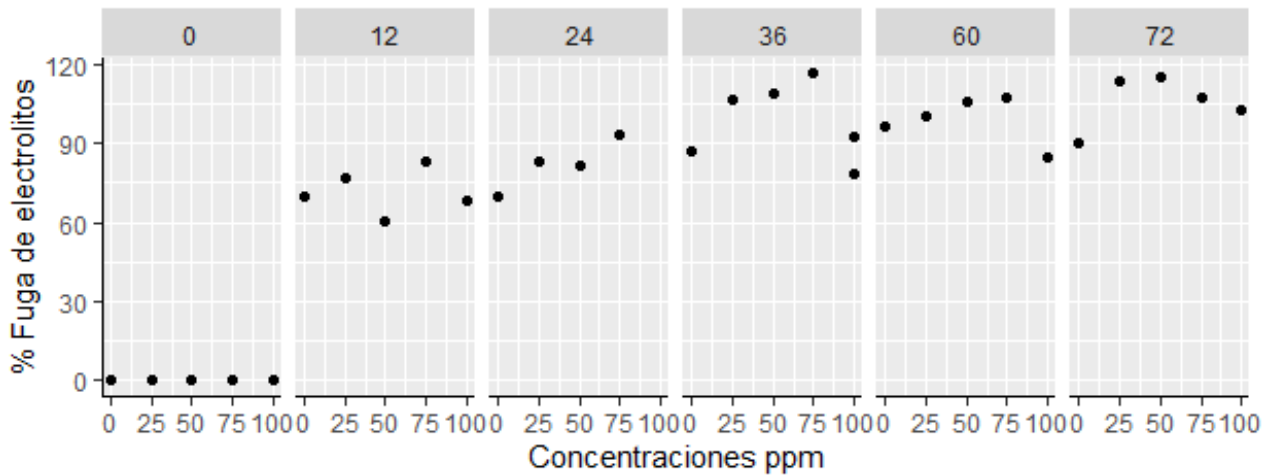


Figura 3. Porcentaje de la fuga de electrolitos en *A. filiculoides* expuesta a 0, 25, 50, 75 y 100 ppm de  $\text{Ni}^{2+}$ , en las diferentes horas de exposición.

La eficiencia fotosintética en la macrófita acuática se vio afectada por la exposición a níquel, registrándose un mayor daño en las concentraciones 50, 75 y 100 ppm a partir de las 36 horas de exposición comparado con los valores iniciales (Figura 4).

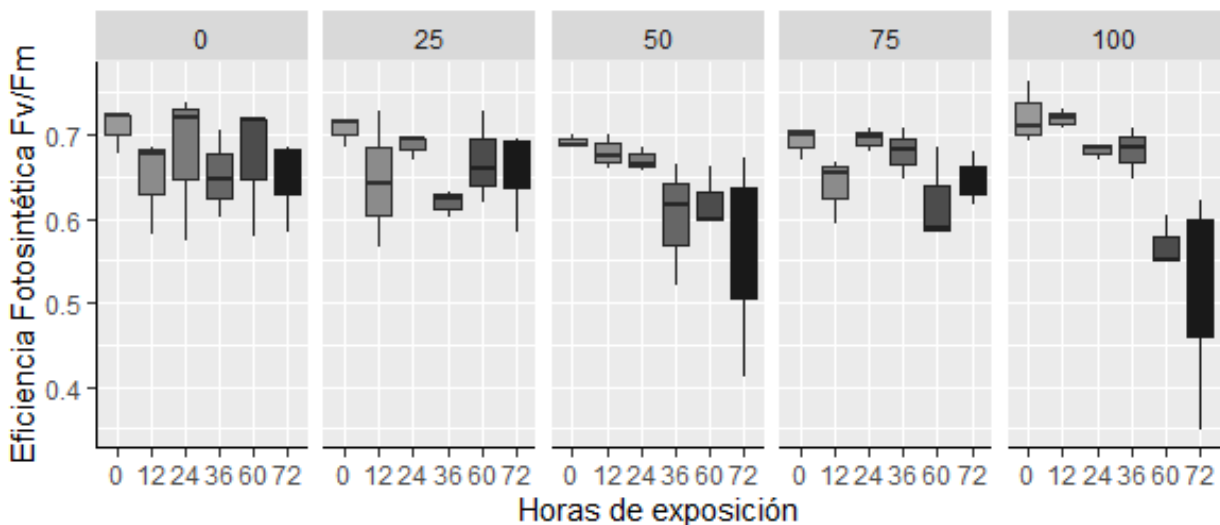
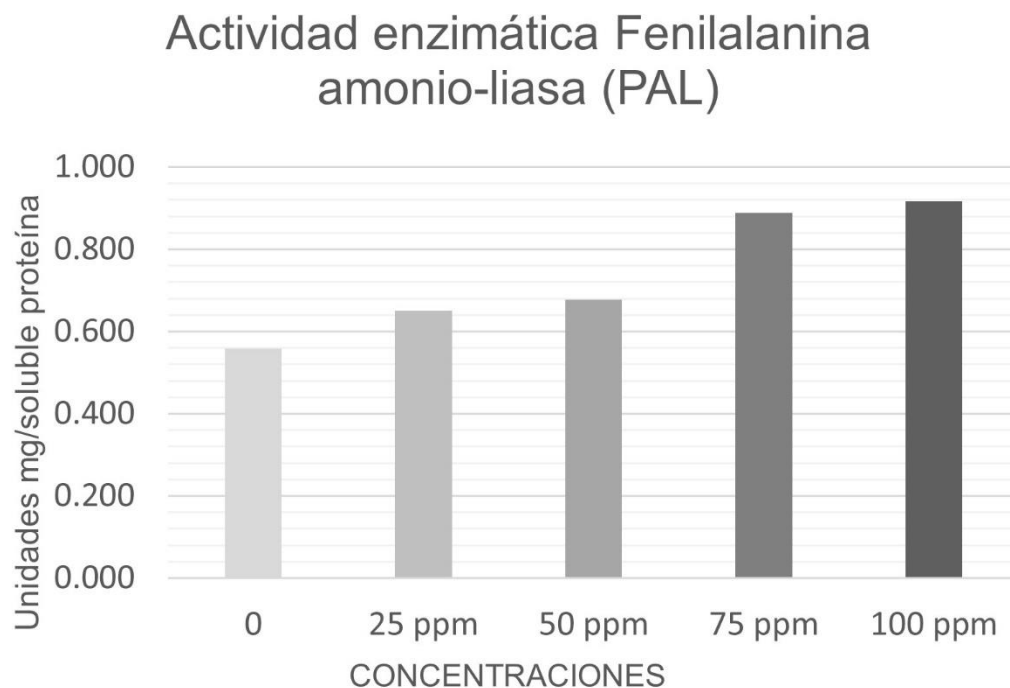


Figura 4. Eficiencia fotosintética en las frondas de *Azolla filiculoides* expuesta a 0, 25, 50, 75 y 100 ppm  $\text{Ni}^{2+}$  durante el periodo de exposición.



Estos resultados coinciden con los reportados por Sánchez-Viveros *et al.* (2010), en donde se evaluaron los efectos de  $\text{Cu}^{2+}$  en *Azolla filiculoides* Lam. y *A. caroliniana* Willd y registraron que las dosis más altas (0.2, 1, 2 mM  $\text{Cu}^{2+}$ ) reducen en un 50 y 65% la eficiencia fotosintética, esta reducción puede deberse a los efectos negativos producidos por los metales.

La enzima PAL (Fenilalanina amonio-liasa) es activada como un mecanismo de defensa ante la presencia de EPT. En cuanto a la exposición a níquel, *A. filiculoides* mostró una tendencia de incremento conforme las concentraciones fueron más elevadas (Figura 5). Esto indica que la macrófita está activando mecanismos de tolerancia ante la presencia del metal. Resultados similares son reportados por González-Mendoza *et al.* (2018), al exponer a cobre y cadmio a *Prosopis glandulosa*, y observaron que la actividad de PAL se incrementó cuando las concentraciones se elevaron. Esto sugiere que la activación de Fenilalanina amonio-liasa puede actuar como fuente de antioxidantes no enzimáticos que protegen a las especies vegetales del estrés oxidativo, inclusive pudiesen estar interviniendo algunas otras enzimas como las peroxidasas y catalasas que pudieran incrementarse ante la presencia de níquel.



**Figura 5. Actividad enzimática PAL en la macrófita acuática *A. filiculoides* expuesta a concentraciones crecientes de níquel.**



## Conclusiones

1. La macrófita acuática *Azolla filiculoides* modifica su actividad fisiológica cuando es expuesta a níquel.
2. La exposición de *Azolla filiculoides* a diferentes concentraciones de níquel genera necrosamiento y respuestas al incremento en eficiencia fotosintética y actividad enzimática de PAL.
3. Concentraciones de 50, 75 y 100 ppm de níquel en solución induce que *Azolla filiculoides* incremente el pH y porcentaje de fuga de electrolitos.

## Literatura Citada

- Aldás-Jarrín, J. C., J. H. Zurita-Vásquez, S. E. Cruz-Tobar, L. A. Villacís-Aldaz, P. P. Pomboza-Tamaquiza y O. A. León-Gordon. 2016. Efecto biofertilizante de *Azolla-anabaena* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere* 4(2):109-115.
- Arora, A., S. Saxena and D. S. Kumar. 2006. Tolerance and phytoaccumulation of Chromium by three *Azolla* species. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 22(2): 97-100.
- Caviedes, D. I., D. R. Delgado y A. A. Olayama. 2016. Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Producción + Limpia*. 11(2):126-149.
- Chakraborty, S., A. Mishra, B. Tiwari and S. S. Singh. 2019. Physiological mechanisms of aluminum (Al) toxicity tolerance in nitrogen-fixing aquatic macrophyte *Azolla microphylla* Kaulf: phyto remediation, metabolic rearrangements, and antioxidative enzyme responses. *Environmental Science and Pollution Research* 26:9041-9054.
- Chan-Quijano, J. G., A. Jarquín-Sánchez, S. Ochoa-Gaona, P. Martín-Zurimendi, L. N. López-Jiménez y A. Lázaro-Vázquez. 2015. Directrices para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Teoría y Praxis* 123-144.
- Chaux, G., J. R. Caicedo y J. E. Fernández. 2013. Tratamiento de efluentes piscícolas (tilapia roja) en lagunas con *Azolla pinnata*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y agroindustrial* 46-56.



- Cindi, M. D., P. Soundy, G. Romanazzi and D. Sivakumar. 2016. Different defense responses and brown rot control in two *Prunus persica* cultivars to essential oil vapours after storage. *Postharvest Biol Technol.* 119:9-17.
- Da Silva, A. A., J. A. Oliveira, F. V. de Campos, C. Ribeiro, F. Farnese dos Santos and A. C. Costa. 2018. Phytoremediation potential of *Salvinia molesta* for arsenite contaminated water: role of antioxidant enzymes. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 30:275-286.
- González, D. A., R. Reyes F., D. Rodríguez A. y E. Menéndez A. 2020. Plantas que acumulan metales, su importancia. *Leurococroton havanensis* Borhidi hiperacumuladora de níquel. *Investigaciones ULCB.* 6(2):7-18.
- González-Chávez, M. C., R. Carrillo-González, A. S. Sánchez-López. 2017. Definiciones y problemática en la investigación científica en aspectos de fitorremediación de suelos. *Agroproductividad* 3-7.
- González-Mendoza, D., A. Quiroz-Moreno, R. E. Medrano, O. Grimaldo-Juárez and O. Zapata-Perez. 2009. Cell viability and leakage of electrolytes in *Avicennia germinans* exposed to heavy metals. *Z. Naturforsch. C.* 64:391-394.
- González-Mendoza, D., F. Ramos-Pérez, O. Grimaldo-Juarez, F. Escoboza-García and R. Soto-Ortíz. 2011. Physiological responses of *Azolla caroliniana* exposure to cadmium. *World Journal of Agricultural Sciences* 7(3):347-350.
- González-Mendoza, D., R. Troncoso-Rojas, T. Gonzalez-Soto, O. Grimaldo-Juarez, C. Ceceña-Duran and D. Duran-Hernandez. 2018. Changes in the phenylalanine ammonia lyase activity, total phenolic compounds, and flavonoids in *Prosopis glandulosa* treated with cadmium and copper. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences.* 1-7.
- Hassan, A. and E. Mostafa. 2016. Selenium invoked antioxidant defense system in *Azolla caroliniana* plant. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 85:262-269.
- Intriago R., L. O. G. Vargas, M. J. Cun y I. D. Rodríguez. 2017. Comportamiento de la Azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *CUMBRES* 3(2):09-16.
- Kara, Y. 2016. The uptake of nickel and copper from water by *Apium nodifolium* (L.) Lag. *Bioscience Research* 11(1):20-24. [www.isisn.org](http://www.isisn.org) [consultado el 15 de abril de 2021].
- Muradov, N., M. Taha., A. F. Miranda, K. Kadali, A. Gujar, S. Rochfort *et al.* 2014. Dual application of duckweed and *Azolla* plants for wastewater treatment and renewable fuels and petrochemicals production. *Biotechnology for Biofuels* 7(30):1-17.
- Rodríguez-Jiménez, T., D. L. Ojeda-Barrios, F. Blanco-Macías, R. D. Valdez-Cepeda and R. Parra-Quezada. 2016. Urease and nickel in plant physiology. *Revista Chapingo* 22(2):69-81.



- Sánchez-Viveros, G., D. González-Mendoza, A. Alarcón and R. Ferrera-Cerrato. 2010. Copper effects on photosynthetic activity and membrane leakage of *Azolla filiculoides* and *A. caroliniana*. *International Journal of Agriculture & Biology* 12(3):365-368.
- Sánchez-Viveros, G., R. Ferrera-Cerrato and A. Alarcón. 2010. Short-term effects of arsenate-induced toxicity on growth, chlorophyll and carotenoid contents, and total content of phenolic compounds of *Azolla filiculoides*. *Water Air Soil Pollution* 217:455-462.
- Seregin, I. V. and A. D. Kozhevnikova. 2006. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 53(2):257-277.
- Sharma, A. and S. Sachdeva. 2015. Assessing the phytoremediation potential and the metabolic responses of *Azolla microphylla* on lead exposure. *International Journal of Scientific Research* 4(10):255-258.
- Sood, A., L. Perm., R. Prasanna and S. A. Amrik. 2012. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, *Azolla*. *AMBIO*. (41):122-137.
- Sreekanth, T. V., P. C. Nagajyothi, K. D. Lee and T. N. Prasad. 2013. Occurrence, physiological responses and toxicity of nickel in plants. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10:1129-1140.
- Stêpniewska, Z., R. Bennicelli, T. Balakhania, A. Banach and A. Wolińska. 2005. Potential of *Azolla caroliniana* for the removal of Pb and Cd from wastewaters. *International Agrophysics* 19:251-255.
- Suazo-Madrid, E. A., L. Morales-Barrera, M. D. Cristiani-Urbina y E. Cristiani-Urbina. 2010. Efecto del pH sobre la biosorción de níquel (II) por *Saccharomyces cerevisiae* var. *Ellipsoideus*. *Ciencias Químicas* 41:1-12.
- Xinwey, H., W. Yongdong, H. Nan, S. Yinhua y D. Dexin. 2018. Bioremediation of effluent from a uranium mill tailings repository in South China by *Azolla-Anabaena*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 317:739-746.
- Zazouli, M. A., Y. Mahdavi, E. Bazrafshan and D. Balarak. 2014. Phytodegradation potential of bisphenol A from aqueous solution by *Azolla filiculoides*. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* 12(66):1-5.



## EXPRESIÓN DE GENES *PME3* Y *EXP4* EN FRUTO MADURO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

Saúl González De la Torre<sup>1</sup>, Luis Felipe Guzmán Rodríguez<sup>2\*</sup>, Moisés A. Cortés Cruz<sup>3</sup>,  
Carlos Iván Cruz Cárdenas<sup>2</sup> y Marco Aurelio Aragón Magadán<sup>2</sup>

### Resumen

La guanábana (*Annona muricata* L.) es la fruta más establecida de las especies del género *Annona*. Además, en nuestro país, la producción anual es de 30,790 t, de acuerdo con cifras de la SADER. Los frutos del guanábano son perecederos, debido a que de cuatro a cinco días después de la cosecha, a temperatura ambiente presentan ablandamiento y alteraciones en el sabor y color externo e interno. La mayor parte de los cambios bioquímicos que se producen en los tejidos vivos son provocados por el metabolismo con diferentes enzimas, después de la cosecha, las enzimas son las responsables de la maduración y de los cambios indeseables que ocurren en los frutos, principalmente en la pared celular.

En el presente estudio se emplearon seis frutos de guanábana con diferentes tratamientos, almacenamos a temperatura ambiente durante un tiempo de 0, 3 y 6 días y en refrigeración a 15°C durante 3, 6 y 9 días. A partir de pulpa de la fruta se aisló RNA total y se sintetizó cDNA por retro transcripción con la finalidad de determinar la expresión de los genes que codifican para pectinesterasa 3 y expansina 4, mediante RT-qPCR por el método de cuantificación relativa  $\Delta\Delta C_t$ , con uso de *ubiquitina* como gen endógeno y constitutivo de referencia.

En el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphics Centurion Versión XV. II. Se realizó un análisis de varianza multifactorial con los factores temperatura de almacenamiento y días y una comparación de medias con la prueba de Tukey HSD ( $p \leq 0.05$ ). La expresión del gen *pectinesterasa 3* en fruto de guanábana aumenta con el transcurso de los días a temperatura ambiente y en refrigeración, teniendo su expresión máxima a los 6 y 9 días respectivamente. La máxima expresión del gen *expansina 4* fue al día 3 a temperatura

<sup>1</sup> Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías-UdeG.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP. \*guzman.luis@inifap.gob.mx

<sup>3</sup> Dirección de Investigación-CIRPAC-INIFAP.



ambiente, en comparación con el resto de las mediciones. Los resultados obtenidos podrán ser empleados como marcadores moleculares en programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** maduración, pectinesterasa, expansina, ubiquitina, RT-qPCR

## Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) es el frutal más establecido de las especies de *Annona* entre las 119 especies que existen. Actualmente en México, la guanábana se encuentra en crecimiento por el interés del consumo de la fruta. Los frutos del guanábano son perecederos, debido a que de cuatro a cinco días después de la cosecha, a temperatura ambiente presentan ablandamiento y alteraciones en el sabor y color externo e interno (Evangelista *et al.*, 2003). La guanábana crece en áreas tropicales del Caribe, principalmente en Bermuda, Bahamas, Cuba, República Dominicana, St. Vincent, Granada, Puerto Rico; en sur de México, Costa Rica y Centroamérica; en Sudamérica, Colombia, Brasil, Ecuador y Venezuela; en el sureste de China, Vietnam, Australia, Nueva Zelanda, algunas islas del Pacífico y África Occidental (Cuello *et al.*, 2017). En México, la producción de guanábana es de 30,790 ton anuales y los principales estados productores son Nayarit (23,230 ton), Colima (2,832 ton) y Michoacán (2,781 ton). Se siembra en una superficie de 3,612 ha (SADER, 2020).

El desarrollo óptimo de la guanábana es a una altitud menor a 1,200 msnm, temperatura media entre 25 y 28 °C y humedad relativa entre 60 y 80%. Este fruto presenta un ciclo largo de 120 a 180 días, desde la floración hasta la formación del fruto en su índice de cosecha, por lo tanto, requiere una alta inversión de recursos para obtener un producto de calidad que debe conservarse en las prácticas de cosecha y postcosecha (Jiménez *et al.*, 2017). La mayor parte de los cambios bioquímicos que se producen en los tejidos vivos son provocados por las enzimas, siendo muy amplio el número de los sistemas enzimáticos que se han descubierto en los tejidos de los vegetales, donde participan en la composición y rigidez. Las enzimas presentes en los frutos son las responsables de la maduración y formación de las características sensoriales que les son conocidas. No obstante, después de la cosecha, las enzimas son las responsables de la senescencia y de los cambios indeseables que ocurren en



los frutos, lo que provoca que sean desechados y no sean aprovechados para su transformación (Jiménez *et al.*, 2017). La enzima pectinmetilesterasa (PME) está relacionada con la degradación de las sustancias pépticas de la laminilla media de la célula, componente de la pared celular que actúa como agente cementante o ligando entre las células y también puede controlar los movimientos de materiales solubles (Jiménez *et al.*, 2017).

La actividad de la enzima PME se ha reportado en frutos de guanábana. Las isoformas de PME se expresan constitutiva o diferencialmente en los tejidos vegetales en etapas específicas del desarrollo o en respuesta al estrés biótico y abiótico (Sénéchal *et al.*, 2015). La enzima PME cataliza la hidrólisis de metil ésteres del C-6 de residuos de ácido galacturónico, lo cual genera la desmetilación de las pectinas incrementando la susceptibilidad de los polímeros pépticos a la degradación por enzimas como poligalacturonasa (Díaz-Cruz *et al.*, 2016). La isoforma PME3 purificada tiene una actividad enzimática óptima a pH ligeramente alcalino y exhibe una fuerte especificidad del sustrato hacia el homogalacturonano con una esterificación metílica entre el 60 y el 80% y una distribución aleatoria de ésteres metílicos (Sénéchal *et al.*, 2015).

Por otra parte, se considera que las expansinas actúan a través de un mecanismo no enzimático, con expansinas específicamente responsables de interrumpir la unión no covalente y disociar un complejo de polisacárido que une las microfibrillas. Se han identificado varias proteínas de expansina en diferentes especies y están involucradas en una variedad de procesos de desarrollo, lo que resulta en la modificación de la pared celular. Por ejemplo, se ha encontrado que participan en el crecimiento de las raíces, elongación de entrenudos, desarrollo de hojas y desarrollo floral (Lü *et al.*, 2013). Se han identificado cuatro subfamilias de genes de expansina:  $\alpha$  y  $\beta$ -expansinas (*EXPA* y *EXPB*, respectivamente) (Li *et al.*, 2018), esta enzima está involucrada en la maduración de los frutos. Las expansinas están asociadas con la tolerancia al estrés ambiental en varias especies de plantas, por ejemplo, a la sequía (Li *et al.*, 2018), al estrés oxidativo (Han *et al.*, 2015), al estrés hídrico (Li *et al.*, 2018) y al estrés salino (Chen *et al.*, 2017).

Se han encontrado  $\alpha$  y  $\beta$ -expansinas involucradas en distintos procesos del crecimiento y desarrollo de diversas especies de plantas. La familia de las  $\alpha$ -expansinas es la que ha sido más ampliamente caracterizada y pertenecen a esta familia las expansinas que han sido asociadas con el desarrollo y la maduración de frutos. Los cambios fisiológicos y bioquímicos,





asociados a la maduración, están altamente sincronizados, ocurren durante un corto tiempo y se han encontrado numerosas  $\alpha$ -expansinas involucradas. En particular, se produce el desensamblaje de la pared celular, con el consiguiente ablandamiento del fruto. Se considera que las expansinas cumplen un rol fundamental en este proceso (Dotto, 2008)

El objetivo fue analizar la expresión de los genes *PME3* y *EXP4* en fruto de guanábana maduro almacenado en temperatura ambiente y refrigeración.

## **Materiales y Métodos**

En el presente trabajo se incluyeron seis frutos de guanábana (*Annona muricata* L.), de los cuales, la mitad se mantuvieron a temperatura ambiente (TA) y la otra mitad en refrigeración a 15°C (TR). Los tratamientos considerados en el experimento fueron TA a 0, 3 y 6 días y TR a 3, 6 y 9 días, cada uno incluyó tres réplicas. Se colectó de 90 a 110 mg de pulpa del fruto para la obtención de ARN de los materiales.

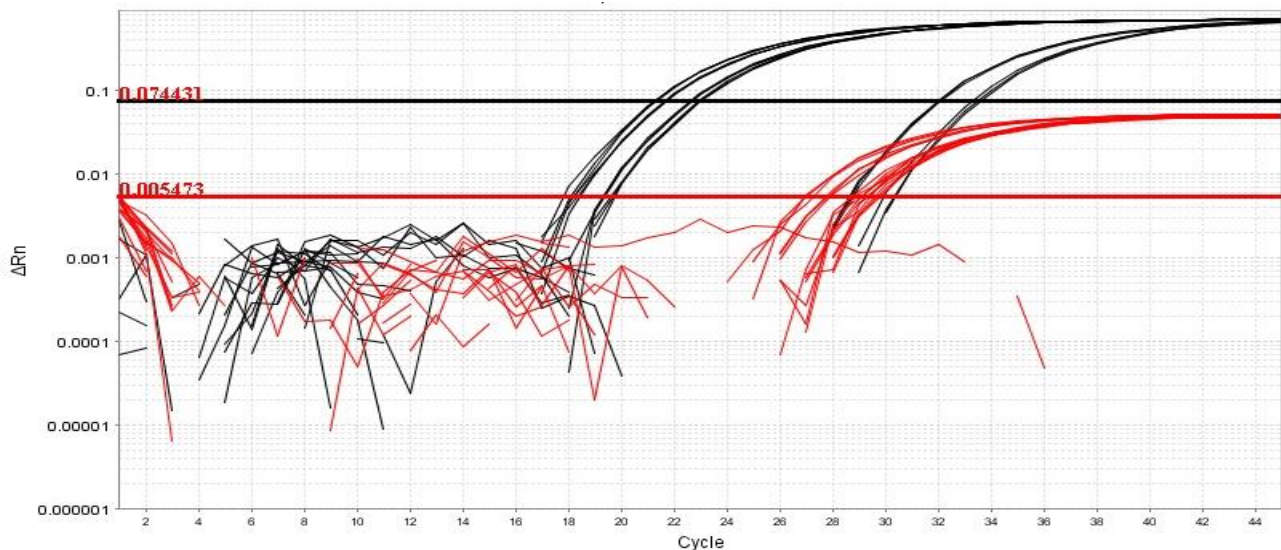
Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de ADN y Genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP en el periodo de febrero a mayo de 2021. La extracción de ARN total fue con el método comercial Spectrum™ Plant Total RNA Kit de la marca Sigma® con las especificaciones del proveedor. El ARN purificado se disolvió en 50  $\mu$ L de solución buffer de elución y se analizó la calidad por medio de espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo scientific y las muestras se almacenaron a -20°C hasta el ensayo. La primera cadena de cDNA se sintetizó mediante retro transcripción con 5  $\mu$ g ARN total con el método comercial SuperScript™ III Reverse Transcriptase de la marca Invitrogen® de acuerdo con el protocolo del fabricante. La cantidad del cDNA sintetizado se determinó por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo scientific y se estandarizaron las concentraciones a 20 ng/ $\mu$ L. El análisis de expresión se realizó en los genes *PME3* y *EXP4*. El gen *ubiquitina (UBC)* fue utilizado como gen constitutivo de referencia y el tratamiento TA en 0 días como control para la cuantificación relativa por el método  $\Delta\Delta$ Ct. El cDNA se amplificó por PCR tiempo real (RT-qPCR) simplex en un equipo termociclador StepOnePlus™ de la marca Applied Biosystems con el uso de sondas marcadas con fluorescencia. La mezcla de reacción se realizó en un volumen de 20  $\mu$ L con 1X de Taqman



Fast Advanced Master Mix de la marca Applied Biosystems, 0.4  $\mu\text{M}$  de los iniciadores sentido y antisentido, 0.18  $\mu\text{M}$  de sonda y 40 ng de cDNA. Los iniciadores se diseñaron y fueron sintetizados por T4Oligo. Las condiciones de amplificación fueron un ciclo de desnaturalización inicial a 95°C durante 5 minutos, seguido de 45 ciclos de desnaturalización a 95°C por un minuto y alineamiento y extensión a 55°C por un minuto. Los resultados se observaron y analizaron en el programa StepOne versión 2.1. El diseño experimental aplicado fue factorial, con los factores temperatura de almacenamiento y días transcurridos. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , en el programa estadístico Statgraphics Centurion Versión XV. II.

## Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presenta la curva de amplificación del gen *PME3*, líneas en negro y del gen *UBC*, líneas en rojo.



**Figura 1. Amplificación del gen *PME3* y el gen de referencia *UBC* en fruto de guanábana.**

En dicha Figura se observan las fases inicial, exponencial y meseta, características de la curva típica de amplificación por PCR tiempo real. Las líneas horizontales representan el umbral de



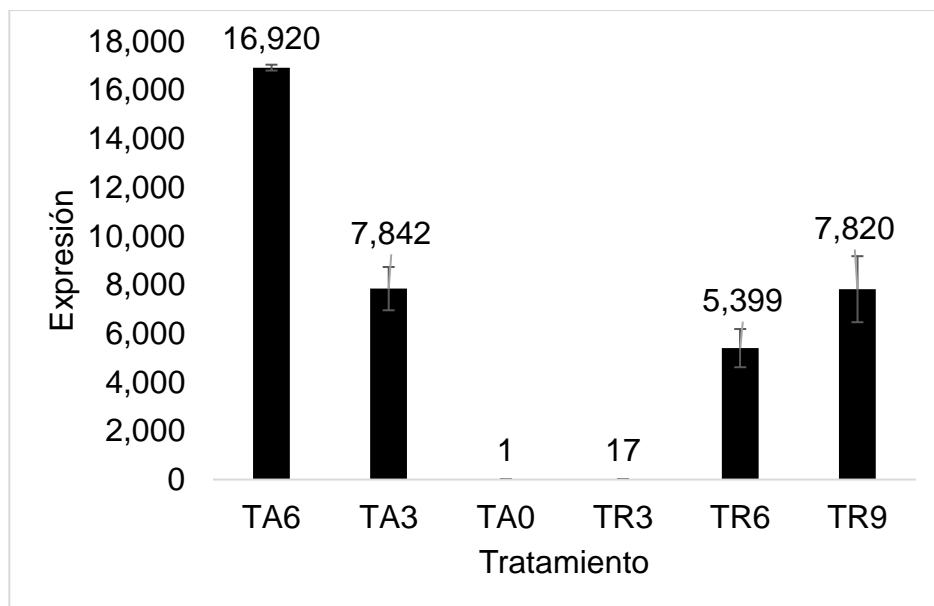
detección y se considera como el punto en el cual la reacción de amplificación comienza. Los valores Ct se determinan con la intercepción de la curva de amplificación con el umbral de detección.

Expresión en seis tratamientos por medio del método  $\Delta\Delta Ct$ . En el Cuadro 1 se presentan los valores Ct de *PME3* entre 21.2 a 33.5 y de *UBC* entre 27.0 a 29.7. Los valores Ct de *PME3* en los tratamientos TA3, TA6, TR6 y TR9 son menores a los valores Ct de *UBC*, esto indica, que la expresión de *PME3* es mayor a la expresión de *UBC* específicamente en estos tratamientos.

**Cuadro 1. Valores Ct y cuantificación de la expresión de los genes *PME3* y *UBC*.**

Tratamiento	Ct <i>PME3</i>	Ct <i>UBC</i>	$\Delta Ct$	$\Delta\Delta Ct$	Promedio $2^{-\Delta\Delta Ct}$
TA0	33.4	27.1	6.3	0.0	1.00
	33.5	27.0	6.5	0.1	
	33.2	27.0	6.3	-0.1	
TA3	21.2	27.7	-6.5	-12.9	7,842
	21.3	27.7	-6.4	-12.8	
	21.2	27.9	-6.7	-13.1	
TA6	21.6	29.3	-7.7	-14.1	16,920
	21.7	29.3	-7.7	-14.0	
TR3	32.0	29.7	2.3	-4.0	17
	31.9	29.6	2.4	-4.0	
	31.9	29.7	2.3	-4.1	
TR6	23.0	29.1	-6.1	-12.5	5,399
	22.9	29.1	-6.2	-12.6	
TR9	22.9	28.7	-5.8	-12.1	7,820
	22.6	29.3	-6.7	-13.1	
	22.5	28.9	-6.4	-12.7	

En la Figura 2 se observa la expresión relativa del gen *PME3* del fruto de guanábana. La expresión de *PME3* aumenta con el tiempo de almacenamiento del fruto a temperatura ambiente y en refrigeración, con la mayor expresión en el tratamiento TA6.



**Figura 2. Expresión relativa del gen *PME3* en fruto de guanábana. TA: Temperatura ambiente, TR: Temperatura de refrigeración a 15°C. 0, 3, 6 y 9: días en almacenamiento, respectivamente.**

El análisis de varianza de dos factores en la expresión del gen *PME3* se presenta en el Cuadro 2. En dicho cuadro, se observan diferencias significativas en los factores temperatura y días ( $p < 0.0001$ ).

**Cuadro 2. Análisis de varianza de la expresión *PME3*.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	$2.8 \cdot 10^8$	1	$2.8 \cdot 10^8$	244.5	$< 0.0001^*$
Días	$5.2 \cdot 10^8$	3	$1.7 \cdot 10^8$	149.6	$< 0.0001^*$
Error	$1.5 \cdot 10^7$	13	$1.1 \cdot 10^6$		
Total	$5.9 \cdot 10^8$	17			

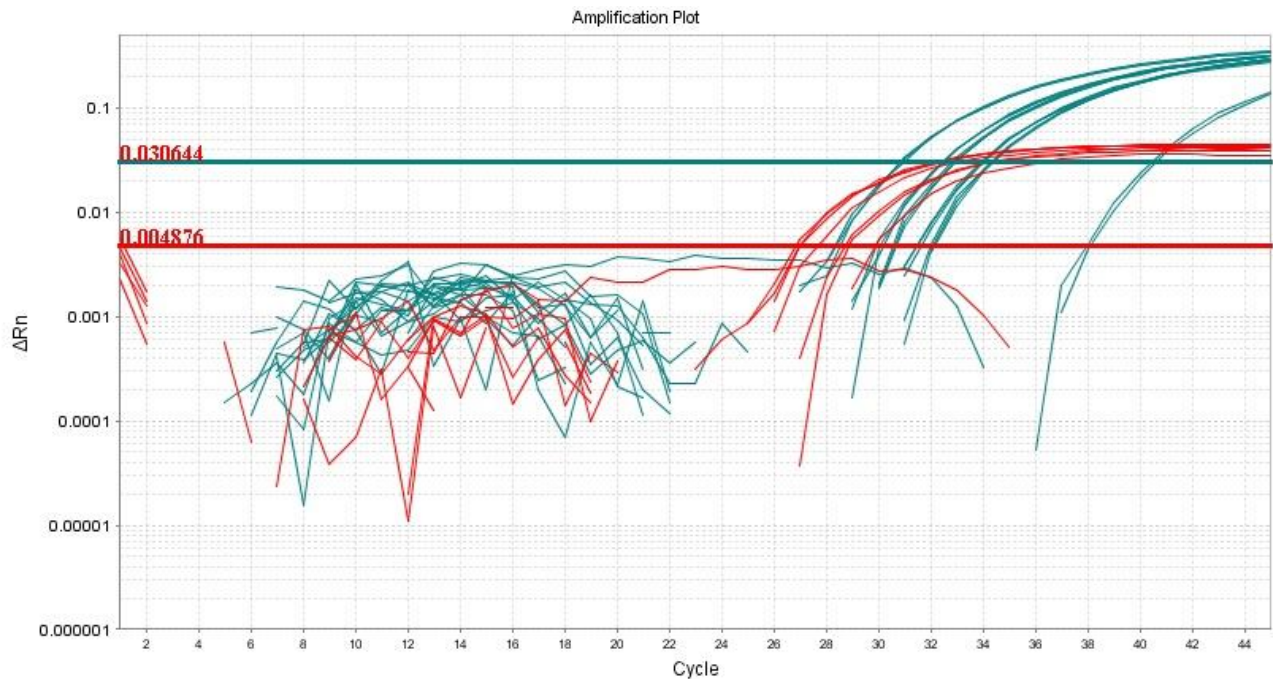
La comparación de medias del factor días se realizó con la prueba de Tukey para identificar los grupos con diferencias significativas. En el Cuadro 3 se observa que las medias de los días 6 y 9 no presentan diferencias significativas, mientras, los días 0 y 3 son diferentes.

En la Figura 3 se observa la curva de amplificación del gen *EXP4*, líneas verdes y el gen de referencia *UBC*, líneas rojas. Las líneas horizontales representan el umbral de detección y se considera como el punto en el cual la reacción de amplificación comienza.



**Cuadro 3. Comparación de medias del factor días en la expresión de *PME3*.**

Días	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	-4,835.7	691.6	a
3	3,929.3	437.4	b
6	11,159.7	437.4	c
9	12,637.2	691.6	c



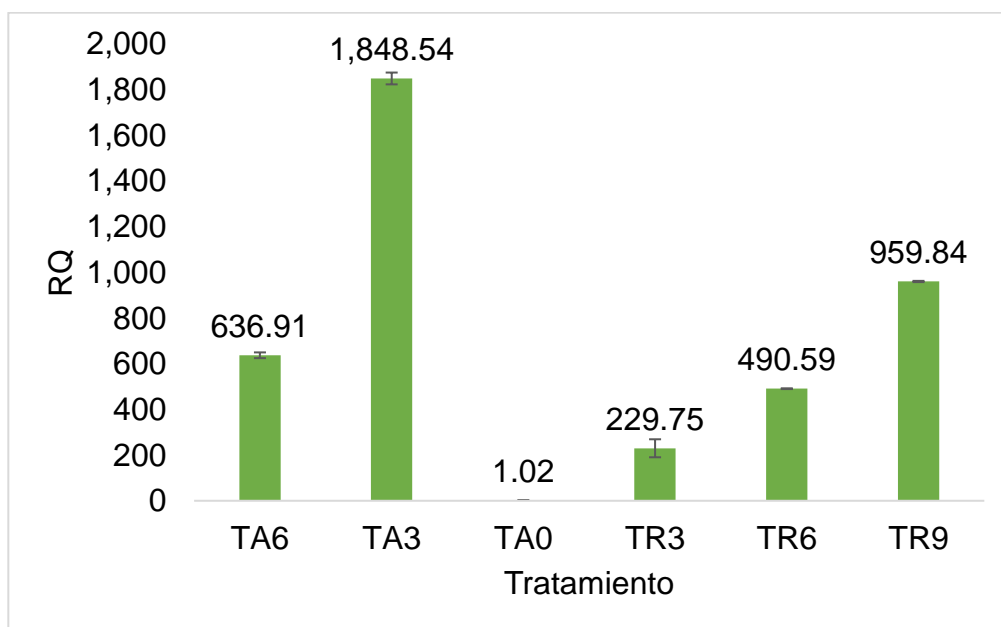
**Figura 3. Amplificación del gen *EXP4* y el gen de referencial *UBC* en fruto de guanábana.**

En el Cuadro 4 muestra el valor de la cuantificación relativa en los diferentes tratamientos en el gen de *EXP4* obtenido por medio de  $2^{-\Delta\Delta C_t}$ . El Cuadro presenta los valores  $C_t$  de *EXP4* entre 30.9 a 40.6 y de *UBC* entre 25.8 a 29.4. Los valores  $C_t$  de *EXP4* en todos los tratamientos fueron mayores a los valores  $C_t$  de *UBC*, esto indica que la expresión de *UBC* es mayor a la expresión de *EXP4*, independiente del tratamiento en la muestra. En la Figura 4 se observa la expresión relativa del gen *EXP4* del fruto de guanábana. La expresión de *EXP4* a temperatura ambiente aumenta hasta la mayor concentración al tercer día, pero al sexto día disminuye, mientras que, en refrigeración se presenta un aumento gradual y al noveno día se observa la mayor concentración.



**Cuadro 4. Resultado de la expresión génica de *EXP4* expresado en  $2^{-\Delta\Delta Ct}$ .**

Tratamiento	<i>EXP4</i>	<i>UBCGUA</i>	$\Delta Ct$	$\Delta\Delta Ct$	$2^{-\Delta\Delta Ct}$	Promedio
TA0	40.6	25.8	14.8	0.3	0.8	1.0
	40.4	26.3	14.1	-0.3	1.2	
	40.5	26.1	14.5	0.0	1.0	
TA3	30.9	27.3	3.6	-10.9	1,878.2	1,848.5
	30.9	27.2	3.6	-10.8	1,830.8	
	30.9	27.3	3.6	-10.8	1,836.7	
TA6	32.4	27.3	5.1	-9.3	644.7	636.9
	32.4	27.3	5.1	-9.3	643.6	
	32.5	27.3	5.2	-9.3	622.4	
TR3	34.3	27.4	6.8	-7.6	198.3	229.7
	34.3	27.9	6.4	-8.1	274.0	
	34.4	27.7	6.7	-7.8	217.0	
TR6	32.9	27.4	5.5	-8.9	492.4	490.6
	32.9	27.4	5.5	-8.9	490.3	
	32.8	27.3	5.5	-8.9	489.1	
TR9	33.9	29.4	4.5	-9.9	960.3	959.8
	34.0	29.4	4.5	-9.9	962.2	
	33.9	29.4	4.6	-9.9	957.0	



**Figura 4. Expresión relativa del gen *EXP4* en fruto de guanábana. TA: Temperatura ambiente, TR: Temperatura de refrigeración a 15°C. 0, 3, 6 y 9: días en almacenamiento, respectivamente.**



Se realizó análisis de varianza de dos factores para el gen *EXP4* (Cuadro 5) en el cual se observan los valores de la temperatura y días. Se presentaron diferencias significativas en los diferentes tratamientos, lo cual nos indica diferencias significativas entre las medias.

**Cuadro 5. Análisis de varianza de la expresión del gen *EXP4*.**

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	2.3*10 <sup>6</sup>	1	2.3*10 <sup>6</sup>	18.6	<0.0008*
Días	4.5*10 <sup>6</sup>	3	1.5*10 <sup>6</sup>	11.9	<0.0005*
Error	1.6*10 <sup>6</sup>	13	125,459		
Total	6.4*10 <sup>6</sup>	17			

Se realizó la prueba Tukey para identificar los grupos con diferencias significativas. En el cuadro 6 se observan tres grupos en los cuales, en el día 0 es diferente a los demás tratamientos, mientras que en los días 3 y 6 se encuentran en un grupo ya que sus medias no tienen una diferencia significativa y los días 3 y 9 se encuentran en otro grupo ya que sus medias no presentan una diferencia significativa.

**Cuadro 6. Comparación de medias de la expresión del gen *EXP4* del factor días con la prueba Tukey HSD  $p(\leq 0.05)$ .**

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	3	-440.275	228.6	a
6	6	563.75	144.6	b
3	6	1,039.17	144.6	bc
9	3	1,401.11	228.6	c

## Conclusiones

La expresión del gen *pectinesterasa 3* en fruto de guanábana aumenta con el transcurso de los días a temperatura ambiente y en refrigeración. En el gen *expansina 4*, se presenta el valor más alto a los 3 días a temperatura ambiente y disminuye al sexto día a esta temperatura y en temperatura de refrigeración se observa aumento gradual al transcurso de los días.



## Agradecimientos

Los resultados preliminares presentados son parte del proyecto Conacyt de ciencia básica “Caracterización morfológica, bioquímica y genética de guanábana (*Annona muricata* L.).

## Literatura Citada

- Chen, Y., Y. Han, X. Kong, H. Kang and Y. Wang. 2017. Ectopic expression of wheat expansin gene TaEXPA2 improved the salt tolerance of transgenic tobacco by regulating Na<sup>+</sup> /K<sup>+</sup> and antioxidant competence. *Journal of Plant Physiology* 159(2): 161-177.
- Cuello, M., G. K. Jaramillo, E. Canchingre, J. C. Pérez, C. Castro y O. Cabrera. 2017. Determinación de componentes nutricionales presentes en las hojas secas de *Annona muricata* L. (Guanábana). *Revista cumbres* 3(1): 09-16.
- Díaz-Cruz, C. A., C. Regalado, E. Morales-Sánchez, G. Velazquez y S. Amaya-Llano. 2016. Determinación de actividad de pectin metilesterasa parcialmente purificada de bagazo y pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) Var. Keitt. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1): 406-410.
- Dotto, M. C. 2008. Participación de expansinas en el ablandamiento de frutilla: regulación hormonal, expresión hormonal, expresión en distintas variedades y efecto de la aplicación de tratamientos físicos. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de General San Martín. Argentina. 166 pp.
- Evangelista-Lozano, S., J. G. Cruz-Castillo, S. Pérez-González, E. Mercado-Silva y G. Dávila-Ortiz. 2003. Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona Muricata* L.) Provenientes de semilla de Jiutepec, Morelos, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(1): 69-79.
- Han, Y., Y. Chen, S. Yin, M. Zhang and W. Wang. 2015. Over-expression of TaEXPB23, a wheat expansin gene, improves oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants. *Journal of Plant Physiology* 173: 62-71.
- Jiménez-Zurita, J. O., R. Balois-Morales, I. Alia-Tejacal, P. Juárez-López, E. I. Jiménez-Ruiz, M. T. Sumaya-Martínez *et al.* 2017. Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 8(5):1013-1223.





- Li, C., Z. Wen-shan, F. Chun-yan, W. Guo, L. Xin-yuan, L. Hong-hui *et al.* 2018.  $\alpha$ -Expansin EXPA4 Positively Regulates Abiotic Stress Tolerance but Negatively Regulates Pathogen Resistance in *Nicotiana tabacum*. *Plant and Cell Physiology* 59(11): 2317-2330.
- Lü, P., M. Kang, X. Jiang, F. Dai, J. Gao and C. Zhang. 2013. RhEXPA4, a rose expansin gene, modulates leaf growth and confers drought and salt tolerance to *Arabidopsis*. *Planta* 237: 1547–1559.
- SADER. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/guanabana-dulce-milagro-tropical?idiom=es> [consultado el 2 de julio de 2021].
- Sénéchal, F., M. L'Enfant, J. Domon, E. Rosiau, M. Crépeau, O. Surcouf *et al.* 2015. Tuning of pectin Methylesterification. Pectin methylesterase inhibitor 7 modulates the processive activity of co-expressed pectin methylesterase 3 in a pH-dependent manner. *Journal of Biological Chemistry* 290(38): 23320-23335.



## ENFOQUE INMUNOINFORMÁTICO PARA PREDECIR EPÍTOPOS EN LAS PROTEÍNAS HN Y F DE *Rubulavirus porcino*

Luis I. Siañez Estrada<sup>\*1,3</sup>, José F. Rivera Benitez<sup>2</sup>, Nora H. Rosas Murrieta<sup>1</sup>, Julio Reyes Leyva<sup>3</sup>, Gerardo Santos López<sup>3</sup> e Irma Herrera Camacho<sup>1</sup>

### Resumen

*Rubulavirus porcino* (RVP) es el agente causal de la enfermedad del ojo azul en cerdos, la cual se caracteriza por encefalitis e insuficiencia reproductiva en cerdos recién nacidos y adultos, respectivamente. No existe un tratamiento eficaz contra RVP y no hay información sobre la eficacia de las vacunas disponibles. Se han producido brotes continuos en México desde principios de la década de 1980, lo que ha causado graves pérdidas económicas a los productores de cerdos. En nuestro trabajo, se realizó una búsqueda de candidatos a antígenos eficaces contra RVP, primero se secuenció la proteína F de la cepa PAC1, posteriormente, mediante herramientas inmunoinformáticas, se predijeron los determinantes antigénicos de células B y células T contra las dos glicoproteínas del virus (proteína HN y F). Finalmente, usamos AutoDock Vina para determinar la energía de unión de determinantes antigénicos con la molécula MHC I SLA-01\*01:04. La secuencia del gen F de la cepa PAC1 se comparó con otras cepas de RVP, se determinó que la identidad oscila entre 97.78 al 99.26%. Para la proteína F, se predijeron siete epítomos lineales de células B, seis epítomos conformacionales de células B y 29 epítomos de células T MHC clase I. Para la proteína HN se predijeron 16 epítomos de células B lineales, siete de células B conformacionales y 34 epítomos de células T MHC clase I. Los epítomos ATRSETDY Y y AAYTTTTTCF de la proteína HN podrían ser importantes para neutralizar la infección viral ya que han sido probados *in vitro*. Se determinó la energía de interacción *in silico* entre los epítomos de células T MHC-I predichos y la molécula MHC-I SLA01:0401 porcina. La energía de enlace de estos epítomos varió de -5,8 a -7,8

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Químicas y Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular, Centro de Química, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. \*[necro\\_crow@hotmail.com](mailto:necro_crow@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup> Laboratorio de Biología Molecular y Virología, Centro de Investigación Biomédica de Oriente, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Metepec, México.



kcal/mol. Este estudio puede ayudar a identificar inmunógenos relevantes, ahorrando tiempo y costos en el desarrollo de nuevas vacunas o herramientas de diagnóstico.

**Palabras clave:** epítomos, enfermedad del ojo azul, RVP

## Introducción

El *Rubulavirus porcino* (RVP) también llamado virus de La Piedad Michoacán (LPMV), es el agente etiológico de la enfermedad del ojo azul en cerdos. Esta enfermedad causa signos neurológicos, respiratorios y reproductivos, los cuales pueden estar acompañados de opacidad corneal. La enfermedad del ojo azul genera pérdidas económicas causadas por la alta tasa de mortalidad de neonatos y la infertilidad en los adultos (Cuevas *et al.*, 2015; Zimmerman *et al.*, 2019).

El diagnóstico de la enfermedad se realiza principalmente por la presencia de los signos clínicos como los ya mencionados, aunque se debe considerar que la encefalitis y fallas reproductivas pueden ser ocasionadas por otros virus que afectan cerdos. Se ha reportado la detección del RVP mediante RT-PCR en tiempo real, pero estas pruebas son caras e implican un costo alto para el productor. Por lo tanto, existen campos de oportunidad para el desarrollo de pruebas rápidas, ya sea para la detección de anticuerpos específicos, o bien para la detección del antígeno viral, ya que parte importante del control de la enfermedad se basa en un diagnóstico rápido y acertado que permita realizar acciones para disminuir la propagación del virus a otros animales y a otras granjas (Rivera *et al.*, 2013).

Por lo cual es importante generar un método de control y prevención de la enfermedad. Una de las estrategias posibles es producir proteínas presentes en la envoltura del virus y emplearlas como posibles vacunas. El RVP posee dos glicoproteínas insertadas en su envoltura: La hemaglutinina-neuraminidasa (HN) y la proteína de fusión (F), las cuales tienen como función el reconocimiento del receptor sobre la célula hospedera (HN) y la fusión de las membranas celular y viral para que la célula pueda ser infectada. Estas proteínas son candidatos para desarrollar un método de prevención (Cerriteño *et al.*, 2016). El desarrollo de posibles vacunas en la actualidad es auxiliado por el uso de la inmunoinformática, la cual



permite evaluar antígenos *in silico*, determinando la posibilidad de inducir diversas respuestas en el sistema inmune sin necesidad de expresar la proteína. La evaluación de las proteínas de RVP empleando estas metodologías podría fortalecer la selección y diseño de futuros antígenos contra RVP. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de las proteínas HN y F como antígenos las cuales podrían activar diferentes respuestas del sistema inmunológico.

## **Materiales y Métodos**

### **Cultivo de virus**

La línea celular de riñón de mono verde africano (Vero, ATCC CCL-81) se cultivó en botellas de 25 cm<sup>2</sup> en medio esencial mínimo de Eagle (MEM) suplementado con suero bovino fetal al 5%, penicilina 100 U / ml y estreptomina 100 µg / ml, hasta obtener una confluencia del 80%. Se inoculó la cepa PAC1 de Rubulavirus porcino (Michoacán, México, 1990) en cultivos celulares confluentes y se incubó 1 h a 37°C, se desechó el sobrenadante y se lavaron las células con PBS. Se añadió DMEM fresco a las células y 2.5% de suero fetal bovino, se incubó durante 72 h hasta que los efectos citopáticos fueron evidentes. Los sobrenadantes se aclararon mediante centrifugación a 3200 rpm, 30 min. Las partículas virales se concentraron mediante ultracentrifugación a 80,000 x g durante 1 h. Se descartó el sobrenadante y se resuspendió en 250 µl de ddH<sub>2</sub>O libre de nucleasas. El ARN total se extrajo utilizando el reactivo TRIzol (Thermo Fisher Scientific) de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

### **Obtención y clonación del marco de lectura de la proteína F de RVP**

Se diseñaron oligonucleótidos específicos: oligonucleótido sentido RuF0fw1 (5'-CCA GGA ATT CGG ATG CCA CAA GTT -3') y antisentido RuF0rv1 (5'-GCG GCT CTA GAA GGT ATC TAA TGA ATT TAT CTC CCA -3'). La RT-PCR se llevó a cabo empleando el sistema comercial SuperScript III One-Step RT-PCR System with Platinum Taq (Invitrogen, EE. UU.). El producto de RT-PCR del gen F (1648 pb con los sitios de restricción adicionados), se extrajo y purificó del gel, empleando el sistema comercial GeneJet Gel Extraction (Fermentas) y se insertó en el vector pJET1.2 / blunt usando el sistema comercial CloneJET PCR Cloning Kit (ThermoFischer Scientific) de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La mezcla de



ligación se empleó para transformar células de *E. coli* competentes. El producto clonado se secuenció utilizando los oligonucleótidos del sistema de clonación CloneJET, así como RuF1fw (5'-AAT GGA ATT CTT CAA CTA AGC CAG GCA CTT GG-3 '), RuF1rv (5'-GGT AAT GTC TAG AAC AAT CTG CTC GTT CCG CA-3 ') y los oligonucleótidos RuF2fw (5'-GCA GGA ATT CGG GGT ATC AAC ACT GA-3'), mediante el sistema GenomeLab Dye Terminator Cycle Sequencing en un secuenciador automatizado GenomeLab GeXP Genetic Analysis System (Beckman-Coulter, Pasadena, CA, EE. UU.). Los análisis filogenéticos se realizaron en MEGA7 utilizando el método de Neighbor-joining.

### **Análisis informático de las proteínas estructurales de RVP**

Las secuencias de proteínas de las cepas de RVP se obtuvieron de GenBank y se utilizaron para diferentes estudios. Para analizar las propiedades antigénicas y estructurales de las proteínas se utilizó como referencia la secuencia del RVP cepa LPMV (1984, Acceso: Y10803). Las propiedades fisicoquímicas de las proteínas estructurales de RVP, como el peso molecular, el índice alifático, el coeficiente de extinción, el punto isoeléctrico (pI) teórico, la hidropatía y la composición de aminoácidos, se determinaron utilizando el servidor ProtParam (<https://web.expasy.org/protparam/>). La antigenicidad de las proteínas se determinó utilizando el servidor VaxiJen v2.0 (<http://www.ddg-pharmfac.net/vaxijen/VaxiJen/VaxiJen.html>), que hace una predicción independiente de la alineación basada en las propiedades fisicoquímicas de las proteínas (Doytchinova *et al.*, 2007). El organismo objetivo seleccionado el servidor VaxiJen v2.0 fue "virus", con un umbral predeterminado de 0,4. Esta predicción condujo a la selección de proteínas antigénicas presentes en RVP para su posterior análisis.

### **Predicción de epítomos continuos y discontinuos de células B**

Los epítomos continuos de células B se predijeron en el servidor Bepipred-1.0 (<http://tools.iedb.org/bcell/>), utilizando una combinación de un modelo de Markov oculto y un método de propensión de escala en un umbral de 0.350 (sensibilidad = 0.49, especificidad = 0.75). Los epítomos predichos se analizaron con predicción de giros-beta de Chou & Fasman, Predicción de accesibilidad de superficie de Emini, Predicción de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar, y predicción de hidrofiliidad de Parker, utilizando un umbral de 1.0 en todos los algoritmos (Larsen *et al.*, 2006). Los epítomos discontinuos de células B de las proteínas F (cepa PAC1) y HN (PAC1) se modelaron primero por homología utilizando el servidor de reconocimiento de plegamiento en proteínas PHYRE2 en modo de modelado intensivo, y la



herramienta MODELLER (<https://salilab.org/modeller/>). Posteriormente, las estructuras se validaron utilizando el servidor RAMPAGE (<http://mordred.bioc.cam.ac.uk/~rapper/rampage.php>). Para determinar los epítomos discontinuos, se utilizó el servidor ElliPro (<http://tools.iedb.org/ellipro/>) (Ponomarenko *et al.*, 2008); este servidor usa el método de Thornton y un algoritmo de agrupamiento de residuos, con una puntuación mínima de 0.5 y una distancia máxima de 6 Å.

### **Predicción de epítomos citotóxicos de células T**

Los epítomos de células T citotóxicas se predijeron utilizando el servidor NetMHCpan 4.0 (<http://www.cbs.dtu.dk/services/NetMHCpan/>) a través de redes neuronales artificiales (Jurtz *et al.*, 2017). El servidor NetMHCpan 4.0 predice la unión de péptidos a cualquier molécula MHC conocida utilizando redes neuronales artificiales (ANN). El método se basa en una combinación de más de 180,000 datos de unión cuantitativos y ligandos eluidos de MHC derivados de espectroscopia de masas. Se usó el alelo leucocitario porcino (SLA-1: 0101; SLA-1: 0401; SLA-1: 0801), que se encuentra ampliamente distribuido en poblaciones porcinas. Para todos los epítomos seleccionados, la longitud del péptido se estableció en nonameros. El umbral para determinar la unión fuerte fue del 0.5%, para una unión débil, fue del 2%. Para el estudio de simulación de acoplamiento, se utilizó la estructura cristalina de la molécula SLA-1: 0401 (PDB ID: 3QQ3) (Zhang *et al.*, 2011). El epítomo de la influenza, presente en la estructura y interactúa con el surco de unión de SLA-1: 0401, así como las moléculas de agua y solventes se eliminaron usando AutoDockTools. Antes del estudio de acoplamiento, los nonámeros predichos por el servidor NetMHCpan 4.0 se optimizaron utilizando PEP-FOLD 3.5. La simulación de acoplamiento (*docking*) molecular se llevó a cabo con AutoDock Vina.

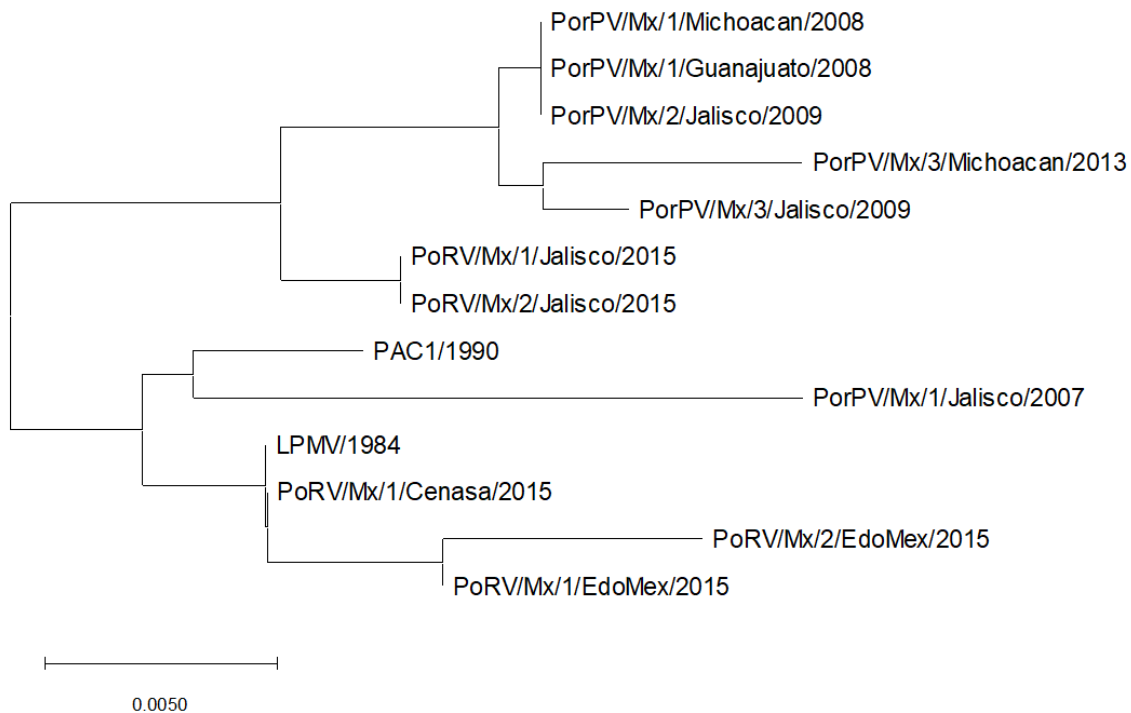
## **Resultados y Discusión**

### **Análisis de Secuencias de la proteína F de RVP**

La secuencia obtenida del marco de lectura de la proteína F se depositó en GenBank (Acceso: MK984607) y se comparó con otras doce secuencias F en la misma base de datos. La secuencia de aminoácidos de la proteína F de PAC1 tiene una identidad del 97.78 al 99.26%



con otras secuencias F de RVP y se agrupa junto con la cepa de referencia LPMV/1984 (Figura 1), con la que tiene una identidad del 99.26% (4 mutaciones).



**Figura 1. Árbol filogenético basado en las secuencias de aminoácidos de la proteína F de PAC1 y otras cepas de RVP.**

Se observaron cuatro cambios de aminoácidos en comparación con la secuencia de referencia de LPMV. La proteína F del aislado de Michoacán/2013 tuvo la menor identidad con PAC1 (97.78% = 12 mutaciones). No se ha encontrado ninguna de las sustituciones en el sitio de corte de la proteína F (HRKKR). Algunos informes sugieren que el sitio de corte en la proteína F participa en la virulencia de RVP (Cuevas *et al.*, 2015). Con el análisis de la secuencia de la proteína F se pueden identificar dos grandes grupos en donde la proteína F de la cepa PAC1 se encuentra dentro del grupo de la cepa de referencia LPMV. En un estudio previo se reportó que la proteína HN de la cepa PAC1 también se encontraba dentro del grupo de la cepa de referencia LPMV (Santos *et al.*, 2017).

### **Propiedades fisicoquímicas e inmunogénicas de las proteínas de RVP**

Para determinar si la proteína F y HN de RVP podría ser empleada como antígeno, se evaluó la antigenicidad general de las proteínas estructurales de RVP. La antigenicidad de las



proteínas virales se predijo mediante el servidor Vaxijen V2.0. Este servidor predice una puntuación de antigenicidad general para cada secuencia (Cuadro 1). Se utilizó la cepa de referencia LPMV/1984 como modelo para presentar los resultados del análisis. De todas las secuencias evaluadas, solo la proteína P no se consideró como antígeno (0.3560). Se predijo que las glicoproteínas de membrana HN y F serían las proteínas más antigénicas (0.5271 y 0.5154 respectivamente); estas secuencias se sometieron a análisis adicionales.

**Cuadro 1. Predicción de las propiedades inmunogénicas y fisicoquímicas de las proteínas estructurales de RVP (cepa LPMV/1984).**

Proteína	Tamaño (aa)	Peso Molecular (Da)	Punto isoeléctrico	Coefficiente de extinción ( $M^{-1} cm^{-1}$ )	-R (Asp + Glu)	+ R (Arg + Lys)	Índice alifático	GRAVY <sup>a</sup>	Valor Vaxijen <sup>b</sup>
F	541	58311.66	6.15	43610	35	31	119.52	0.371	0.5084
HN	576	63324.82	8.44	88335	30	36	85.38	0.089	0.5271
M	369	41657.72	9.45	37275	33	48	89.08	-0.183	0.4645
NP	545	60096.80	5.30	50560	63	53	88.22	-0.191	0.5101
L	2251	255269.74	6.33	307795	245	225	97.64	-0.102	0.4163
P	404	42475.98	5.49	17085	43	38	77.33	-0.372	0.3560

Los valores predichos se calcularon considerando la composición de aminoácidos de las proteínas. El análisis se realizó utilizando el servidor Vaxijen V2.0

<sup>a</sup> GRAVY (del inglés grand average of hydropathy) gran promedio de hidropatía.

<sup>b</sup> Denota una probable proteína antigénica (Vaxijen score  $\geq 0.4$ ).

La capacidad antigénica de las proteínas estructurales de la cepa de referencia LPMV de RVP analizada en el servidor Vaxijen V2.0, sugiere que la proteína F pudiese generar una respuesta inmune, al igual que corrobora lo obtenido en trabajos experimentales sobre la proteína HN y NP (ambas con una puntuación  $> 0.5$ ) en donde se ha comprobado la generación de anticuerpos que reconocen dichas proteínas (Hernández *et al.*, 1998). Otros estudios han utilizado el servidor Vaxijen para seleccionar antígenos contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y el virus de la hepatitis C los cuales son proteínas estructurales con una puntuación de Vaxijen  $> 0.4$  (Rao *et al.*, 2013).





## Predicción de determinantes continuos y discontinuos en las proteínas HN y F de RVP

El servidor Bepipred 1.0 (servidor IEDB) predijo epítomos continuos de células B utilizando un umbral de 0.350. Los epítomos de células B tienen una longitud variable; en el presente estudio, el enfoque fue en péptidos lineales con una longitud mínima de 5 residuos (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Epítomos de células B continuos de las proteínas HN y F de RVP (LPMV/1984).**

Proteína	Epítomos células B continuos	Posición	Tamaño	Chou (1.0)	Emini (1.0)	Kolaskar (1.0)	Parker (1.0)	Conservación (%)
F	MPQQQ	1-5	5	1.012	3.215	0.987	3.18	100.00
	* LASPQQS	60-66	7	1.153	1.851	1.04	3.429	100.00
	KNAEKVEQ	135-142	8	0.9	5.687	0.975	4.8	93.33
	ALGETNAA	146-153	8	0.924	0.768	0.981	2.85	100.00
	* PQLTNPAL	212-219	8	1.047	1.499	1.049	1.86	93.33
	LGYGG	320-324	5	1.282	0.507	1.007	2.9	100.00
	FQEPTT	401-406	6	0.96	2.807	0.973	2.85	100.00
	*RTYGPPAYVPPDNIIQS	430-447	18	1.162	6.479	1.024	2.144	100.00
HN	ITSWTPD	68-74	7	1.109	1.321	0.972	1.571	91.30
	DCSSACP	116-122	7	1.269	0.335	1.12	4.286	100.00
	IGAPTES	141-147	7	1.049	0.903	0.989	3.057	100.00
	FIPTSTTTQGCT	161-172	12	1.046	0.672	1.014	2.542	95.65
	CADGGHSN	195-202	8	1.296	0.53	0.998	5.063	100.00
	IQSASDGS	210-217	8	1.177	0.995	1.001	4.412	100.00
	RSETDY YAGNSPPQ	255-268	14	1.218	15.015	0.979	4.386	82.61
	HPTGL	286-290	5	1.116	0.906	1.04	1.18	100.00
	VGSGTL	301-306	6	1.1	0.35	1.05	1.7	95.65
	* PQFSQRAAASY	348-358	11	1.001	2.581	1.04	2.409	100.00
	TPPSVSSM	435-442	8	1.174	1.244	1.035	2.625	30.43
	ARPGKGGCPGN SHCP	451-465	15	1.316	0.6	1.018	3.967	34.78
	WPLTDPRSGVGGT	477-489	13	1.195	1.047	0.988	2.269	43.48
	GLDSTSERMA	496-505	10	1.038	1.655	0.954	3.46	30.43
	TQPAAYT	526-532	7	0.983	2.218	2.971	3.25	95.65
	CFRDTDTG	536-543	8	1.143	1.066	0.975	4.063	78.26

Los epítomos con asterisco indican valor arriba de 1 en todos los parámetros y conservación superior a 80%.

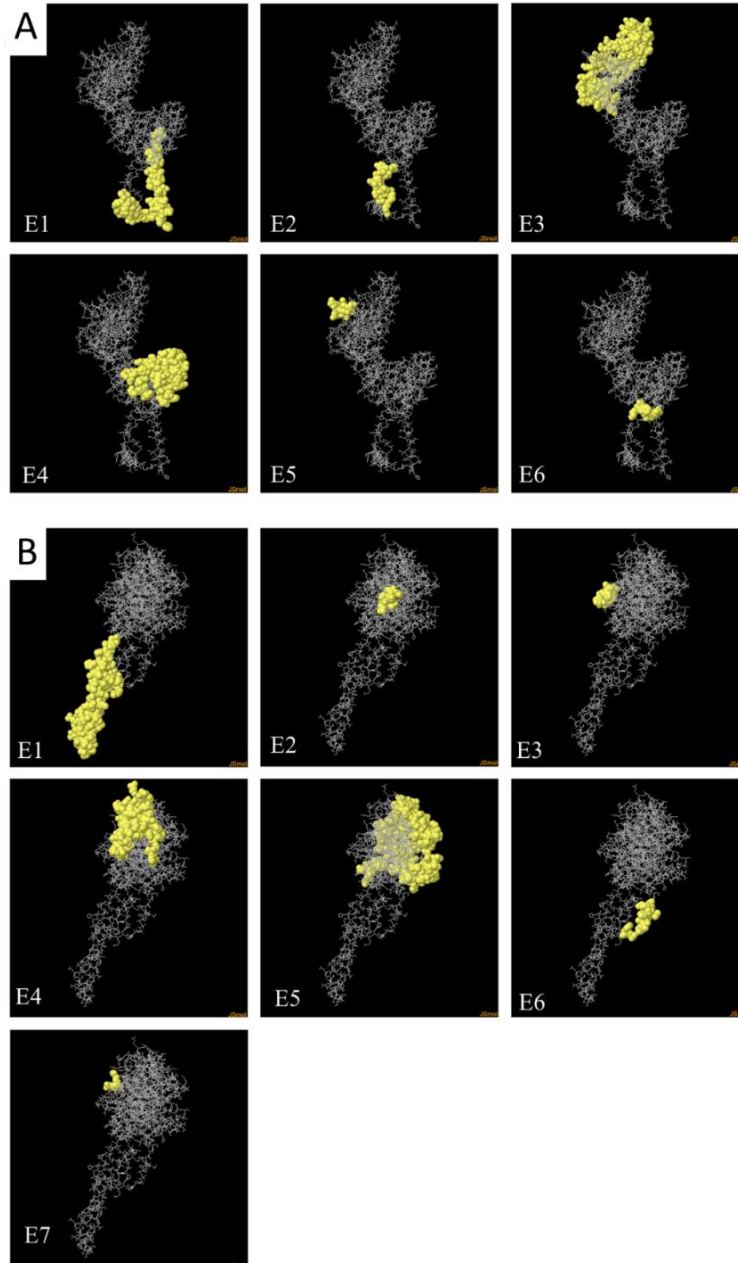


Se predijeron 8 epítomos lineales únicos, con 5 residuos o más, para la proteína F (cepa LPMV), mientras que se predijeron 16 epítomos lineales para la proteína HN (cepa LPMV). Para la proteína F, tres epítomos estaban por encima del umbral de 1.0, con una conservación superior a 80% (LASPDQS; PQLTNPAL y NRTYGPPAYVPPDNIIQS). Para la proteína HN, solo un epítomo estuvo por encima del nivel umbral de 1.0, con una conservación del 80% (PQFSQRAAASY).

Los resultados de conservación de los epítomos de células B mostraron que la mayoría de los epítomos F no se vieron afectados por las mutaciones presentes en la proteína F; por el contrario, los epítomos de HN se vieron afectados por estas mutaciones, con algunos epítomos presentes en solo el 30.43% de las secuencias de HN.

Los epítomos ATRSETDYY y AAYTTTTTCF de la proteína HN son péptidos con una importante capacidad inmunogénica, ya que son reconocidos como determinantes antigénicos de las células B. Además, ya se ha reportado *in vitro* que estos epítomos son reconocidos por anticuerpos generados durante la infección por RVP. Zenteno *et al.* (2007) estudiaron algunos péptidos que tienen secuencias comunes con dos de los epítomos que proponemos en el presente estudio (ATRSETDYY y AAYTTTTTCF). Esos péptidos fueron capaces de inducir anticuerpos en ratones y uno de ellos pudo inhibir la actividad hemaglutinante del RVP.

Las secuencias de epítomos correspondieron a aminoácidos de la cepa LPMV/1984. La conservación (%) indica si la secuencia del epítomo se encuentra en todas las cepas de RVP reportadas en el NCBI (<http://tools.iedb.org/conservancy/>). La estructura de las proteínas HN y F se predijo por homología con MODELLER y PHYRE2, utilizando algoritmos de predicción de estructura *ab initio* para los dominios transmembranales. Los dos modelos se validaron mediante el servidor RAMPAGE. Se predijeron epítomos discontinuos de células B utilizando el servidor ElliPro (Región amarilla; Figura 2). Se predijeron seis epítomos para la proteína F; los epítomos con la puntuación más alta (0.872) se localizaron en el tallo de la proteína F. Se predijeron siete epítomos para la proteína HN, cuatro de ellos localizados en el dominio principal de la proteína.



**Figura 2. Epítomos discontinuos de células B de las proteínas F y HN predichos por el servidor ElliPro. A) Proteína F. B) Proteína HN.**

### **Predicción de determinantes de células T de las proteínas HN y F de RVP**

En los cerdos, el complejo principal de histocompatibilidad (MHC) y el antígeno leucocitario porcino (SLA) tienen un papel importante como mediador de la inmunidad celular, que puede eliminar virus y reconocer otros antígenos en cerdos. Sin embargo, este alelo es altamente



polimórfico, lo que puede causar dificultades para la detección de epítomos adecuados para una vacuna. Es por ello que los alelos MHC I utilizados para el análisis fueron SLA-1\*04:01, SLA-1\*01:01 y SLA-1\*08:01. Estos alelos se distribuyeron ampliamente en la población porcina (Presentes en 54%, 31% y 31% de cerdos analizados) (Sørensen *et al.*, 2017). Se obtuvieron veintinueve epítomos citotóxicos para la proteína F y 34 para la proteína HN. La inmunogenicidad predicha de los péptidos se evaluó utilizando el servidor de inmunogenicidad de clase I (IEDB). Se predijo que dieciséis péptidos para la proteína F y veintidós para la proteína HN son inmunogénicos ya que presentan un valor de inmunogenicidad positivo. Una forma de predecir el comportamiento de estos determinantes antigénicos es evaluar su capacidad de unión a MHC I y evaluar su capacidad inmunogénica mediante acoplamiento molecular. En el acoplamiento (*docking*) molecular, las coordenadas del centro de la caja de la ranura de unión de SLA-1\*04:01 fueron X = 18.213, Y = 2.001 y Z = 41.238, y el tamaño de la caja de la cuadrícula fue X = 30, Y = 30 y Z = 30. La Tabla 3 muestra los valores de energía de unión de los epítomos predichos para el receptor de SLA-01\*04:01.

**Cuadro 3. Energías de unión de epítomos MHC I predichos y seleccionados para el alelo SLA-01\*04:01 usando Autodock Vina.**

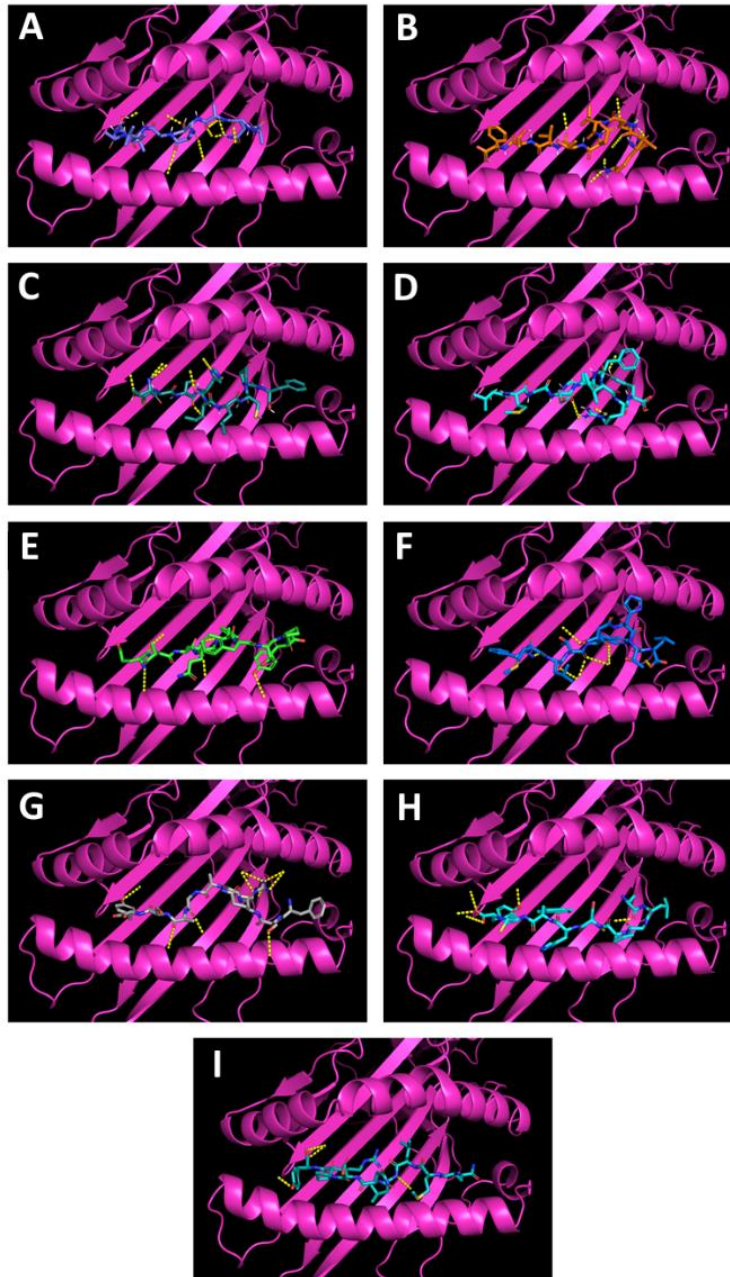
Proteína	Secuencia de péptido	Energía de unión (kcal/mol)
Proteína F	AQATAAVAL	-7.0
	TMSHILCPF	-5.8
	KVQLDTLTF	-6.6
	VMGDKFIRY	-6.3
Proteína HN	FMLTFDHTL	-7.3
	QMLLNDRPY	-6.4
	ALGPSHWCY	-7.3
	EINQFFTPY	-6.8
	FSQRAAASY	-7.8

Estos valores sugieren que todos los epítomos de la proteína F encajan en el surco de unión de la molécula de SLA (Figura 3).

AQATAAVAL tiene una energía de enlace de -7.0 kcal / mol. Los cinco epítomos de HN también encajan en el surco de unión. FSQRAAASY tiene una energía de enlace de -7.8 kcal / mol. Las energías de unión para estos epítomos oscilaron entre -5.8 y -7.8 kcal / mol. Las energías de



unión de todos los péptidos predichos estuvieron dentro de un rango similar a los reportados en otros análisis de acoplamiento molecular con moléculas MHC-I para otros virus, incluido el virus del herpes simple o el virus de la encefalitis de Saint Louis (Chauhan *et al.*, 2018; Hassan *et al.*, 2013).



**Figura 3. Patrones de unión de epítomos F y HN para SLA-01\*04:01. Epítomos F: A) AQATAAVAL, B) KVQLDTLTF, C) TMSHILCPF, D) VMGDKFIRY. Epítomos de HN: E) EINQFFTPY, F) FMLTFDHTL, G) FSQRAAASY, H) ALGPSHWCY, I) QMLLNDPRY**



## Conclusiones

En el trabajo fue posible obtener y secuenciar el ORF de la proteína F cepa PAC1 de *Rubulavirus porcino*. Los análisis filogenéticos muestran que son pocas las mutaciones acumuladas dentro del ORF de la proteína F desde las primeras cepas en los años 80 y las recientes. El análisis de determinantes antigénicos de la proteína F y HN muestran que en la proteína F son más conservados que los de HN. Esto permite pensar que los epítomos de la proteína F pueden ser básicamente los mismos en todas las cepas de RVP. Los análisis de inmunoinformática son de gran utilidad para el diseño de nuevas vacunas debido a su precisión. Este trabajo dio origen a una publicación para obtener el grado de doctorado a finales del año pasado (Siañez-Estrada *et al.*, 2020)

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado financieramente por:

- Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla, con fondos internos.
- Fondo FONSEC-SAGARPA-CONACYT. PROYECTO FONSEC 2017-6-292826. Aprobado en agosto-2018 hasta 2021. Convenio INIFAP-SADER-BUAP.

Como alumno del Posgrado en Ciencias Químicas de la BUAP agradezco a CONACYT (Registro 442748), Beca terminal de Tesis VIEP-BUAP y Beca terminal CONCYTEP.

## Literatura Citada

- Cerriteño-Sánchez J. L., G. Santos-López, N. H. Rosas-Murrieta, J. Reyes-Leyva, S. Cuevas-Romero e I. Herrera-Camacho. 2016. Production of an enzymatically active and immunogenic form of ectodomain of *Porcine rubulavirus* hemagglutinin-neuraminidase in the yeast *Pichia pastoris*. *Journal of Biotechnology*, 223:52-61.
- Chauhan, V., K. Goyal and M. P. Singh. 2018. Identification of broadly reactive epitopes targeting major glycoproteins of *Herpes simplex virus* (HSV) 1 and 2 - An immunoinformatics analysis. *Infection, Genetics and Evolution*, 61:24-35.



- Cuevas-Romero J. S., A. L. Blomström, M. Berg. 2015. Molecular and epidemiological studies of *Porcine rubulavirus* infection - an overview. *Infect Ecol Epidemiol* 5(1):29602.
- Doytchinova I. A. and D. R. Flower 2007. VaxiJen: a server for prediction of protective antigens, tumour antigens and subunit vaccines. *BMC Bioinformatics*, 8(1):1-7.
- Hasan A., M. Hossain and J. Alam. 2013. A Computational Assay to Design an Epitope-Based Peptide Vaccine against Saint Louis Encephalitis Virus.7:BBI.S13402.
- Hernández J., J. Reyes-Leyva, R. Zenteno, H. Ramírez, P. Hernández-Jauregui, E. Zenteno. 1998. Immunity to *Porcine rubulavirus* infection in adult swine. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 64(4):367-381.
- Jurtz, V, S. Paul, M. Andreatta, P. Marcatili, B. Peters, M. Nielsen. 2017. NetMHCpan-4.0: Improved Peptide-MHC Class I Interaction Predictions Integrating Eluted Ligand and Peptide Binding Affinity Data. *J Immunol*. 199(9):3360-8.
- Larsen J. E. P., O. Lund, M. Nielsen. 2006. Improved method for predicting linear B-cell epitopes. *Immunome Res*. 2:2.
- Ponomarenko J., H. H. Bui, W. Li, N. Fusseder, P. E. Bourne and A. Sette. 2008. ElliPro: a new structure-based tool for the prediction of antibody epitopes. *BMC Bioinformatics*. 9:514.
- Rao B., K. Gupta, S. Kumari, A. Gupta, K. Pujitha. 2013. Conserved HIV Wide spectrum antipeptides – A hope for HIV Treatment. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*.
- Rivera-Benítez, J. F., A. C. García-Contreras, J. Reyes-Leyva, J. Hernández, J. I. Sánchez-Betancourt, H. Ramírez-Mendoza. 2013. Efficacy of quantitative RT-PCR for detection of the nucleoprotein gene from different porcine rubulavirus strains. *Archives of virology*. 158(9):1849-1856.
- Siañez-Estrada L. I, J. F. Rivera-Benítez, N. H. Rosas-Murrieta, J. Reyes-Leyva, G. Santos-López and I. Herrera-Camacho. 2020. Immunoinformatics approach for predicting epitopes in HN and F proteins of *Porcine rubulavirus*. *PLoS ONE* 15(9).
- Sørensen M. R., M. Ilsøe, M. L. Strube, R. Bishop, G. Erbs, S. B. Hartmann. 2017. Sequence-Based Genotyping of Expressed Swine Leukocyte Antigen Class I Alleles by Next-Generation Sequencing Reveal Novel Swine Leukocyte Antigen Class I Haplotypes and Alleles in Belgian, Danish, and Kenyan Fattening Pigs and Göttingen Minipigs. *Front Immunol*. 8:701.
- Zenteno-Cuevas R., S. Huerta-Yepey, J. Reyes-Leyva, P. Hernández-Jáuregui, C. González-Bonilla and H. Ramírez-Mendoza. 2007. Identification of Potential B Cell Epitope Determinants by Computer Techniques, in Hemagglutinin–Neuraminidase from the *Porcine Rubulavirus* La Piedad Michoacán. *Viral Immunology* 20(2):250-60.



Zhang N., J. Qi, S. Feng, F. Gao, J. Liu and X. Pan. 2011. Crystal Structure of Swine Major Histocompatibility Complex Class I SLA-1\*0401 and Identification of 2009 Pandemic Swine-Origin Influenza A H1N1 Virus Cytotoxic T Lymphocyte Epitope Peptides 85(22):11709-24.

Zimmerman J.J, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, J. Zhang. Paramyxoviruses: Diseases of Swine 2019.





## APLICACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA (*Trichoderma harzianum*) COMERCIAL PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFETO EN CAMPO

María Betsaida Anell Mendoza<sup>1\*</sup> y Daniel López Lima<sup>1</sup>

### Resumen

La roya anaranjada causada por el hongo *Hemileia vastatrix* es considerada la enfermedad más destructiva del cafeto (*Coffea arabica*), provoca la caída prematura de las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética y debilitando las plantas enfermas. El control de esta plaga se basa principalmente en el uso de fungicidas químicos, sin embargo, su uso conlleva diversos problemas de contaminación y riesgos a la salud humana. Actualmente existen muchos fungicidas biológicos disponibles en el mercado, sin embargo, es necesario validar su efecto a nivel de campo, ya que su efectividad puede variar significativamente en función de las condiciones ambientales de la zona donde se vayan a aplicar. El objetivo este trabajo es evaluar el efecto de un fungicida comercial a base de *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia, severidad y defoliación causada por la roya en cafetos infestados en la localidad de Isla Grande, municipio de Teocelo, Veracruz. Se utilizó una parcela de 1.5 ha sembradas con *C. arabica* cv *Mundo novo*. Se establecieron tres tratamientos: aplicación del fungicida a base del hongo antagonista *T. harzianum*, aplicación del fungicida químico sistémico ciproconazol y plantas sin tratamiento como control. Se evaluó la incidencia, la severidad y la defoliación causada por *H. vastatrix* semanalmente iniciando el primer muestreo antes de la primera aplicación de los fungicidas. Las plantas tratadas con *T. harzianum* presentaron una menor incidencia y severidad de *H. vastatrix* en comparación con las plantas no tratadas. Sin embargo, su aplicación no disminuyó el porcentaje de defoliación. El efecto de supresión de la enfermedad se observó 28 días después de la primera aplicación. Es necesario iniciar con las aplicaciones del *T. harzianum* con anticipación para permitir el

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. \*zS18009031@estudiantes.uv.mx



establecimiento del microorganismo en el agroecosistema y obtener mejores niveles de control.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, control biológico, *Trichoderma harzianum*

## Introducción

La roya del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix* es considerada la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, provoca la caída prematura de hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de las plantas enfermas lo que lleva a pérdidas en el rendimiento. En infecciones severas, puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso devastar plantaciones enteras (Avelino y Anzueto, 2020). La infección se manifiesta inicialmente con la aparición de pequeñas lesiones o manchas de color amarillo pálido, gradualmente esta mancha aumenta de tamaño y al iniciar la esporulación se torna de color naranja. Cuando las lesiones envejecen se tornan de color marrón o negro donde no se producen esporas y se puede observar alrededor de la mancha marrón, un borde de color amarillo, donde continua la esporulación, siempre y cuando existan condiciones favorables para el hongo (Arneson, 2011). Las esporas que produce la roya son conocidas como urediniosporas, se producen en grandes cantidades y se dispersan por el viento y las salpicaduras de agua de lluvia, si las condiciones de temperatura y humedad son adecuadas generan nuevas infecciones (Talhinhas *et al.*, 2017). Siendo el café uno de los productos agrícolas más importante en el comercio internacional, una mínima reducción en el rendimiento o un aumento en los costos de producción del cultivo a causa de *H. vastatrix* puede tener un gran impacto en los cafecultores y en la economía de los países que dependen en gran parte de las exportaciones de dicho cultivo (Bacon *et al.*, 2017). En México, esta plaga se encuentra regulada desde diciembre de 1996 por la NOM-019-FITO-1995 (DOF, 1996) en la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de café. Actualmente se utilizan varios métodos para mitigar las infecciones por la roya del cafeto, como el control cultural, donde se prioriza la nutrición de la planta y el manejo de la sombra (Silva *et al.*, 2019), el control genético, donde se utilizan variedades de café con resistencia al patógeno



(Diola *et al.*, 2011) y el control químico, donde se utilizan fungicidas sintéticos que inhiben la germinación de las urediniosporas sobre la hoja (Capucho *et al.*, 2013). Este último es el más utilizado debido a su efectividad en plantaciones susceptibles, sin embargo, su uso inadecuado está provocando problemas de contaminación ambiental, así como efectos adversos a nivel de finca. Se ha detectado que el empleo continuo de estos productos ha ocasionado acumulación de cobre en los suelos y en algunos casos se ha observado fitotoxicidad con el empleo de fungicidas sistémicos, además de los riesgos a la salud que conlleva su aplicación tanto para agricultores como consumidores (Belan *et al.*, 2020). De ahí la necesidad de buscar alternativas que contribuyan a una producción libre de agroquímicos, donde se promueva la sostenibilidad de la cafecultura (Alvarado y Pérez, 2021). El control biológico es la estrategia donde se usan organismos para suprimir las actividades y poblaciones de organismos plaga y puede ser una alternativa para disminuir el uso de agroquímicos para el control de *H. vastatrix* (Gómez de la Cruz *et al.*, 2017). El hongo antagonista *Trichoderma harzianum* es el microorganismo más utilizado para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, debido a su ubicuidad, a su facilidad para ser aislado y cultivado, a su crecimiento rápido en un gran número de sustratos y a que no es patógeno de plantas superiores. Además, algunas cepas han demostrado tener la capacidad de inhibir el desarrollo de la roya del café (Rodríguez *et al.*, 2021). Actualmente hay numerosos productos comerciales formulados con conidios de *T. harzianum* que pueden ser obtenidos y aplicados fácilmente por los agricultores. Sin embargo, es necesario generar información sobre la efectividad biológica de estos productos a nivel de campo antes de proponerlos como parte del manejo de esta plaga. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del fungicida comercial “Labrador” a base de *Trichoderma harzianum*, sobre la incidencia, severidad y porcentaje de defoliación ocasionado por la roya en cafetos de la localidad de Isla Grande, municipio de Teocelo, Veracruz.

## **Materiales y Métodos**

El experimento se llevó a cabo en el rancho “El Tulipán” (19° 23’3’’ N, 96° 57’54’’ O) ubicado en la congregación de Isla Grande, municipio de Teocelo, Veracruz Ignacio de la Llave, México



a una altura de 980 msnm. Su clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año con una temperatura media anual de 18.4°C y un rango de precipitación anual entre 1400 y 2100 mm. La parcela cuenta con una extensión de 1.5 ha sembradas con *C. arabica* cv *Mundo novo* bajo un sistema de policultivo tradicional. Se delimitaron tres secciones con siete plantas de café cada una dentro de la parcela, donde se observó una mayor presencia de *H. vastatrix*. En cada sección se estableció un tratamiento, el primero consistió en la aplicación del fungicida microbiológico Labrador® (VERSA) cuyo ingrediente activo (i.a.) son unidades formadoras de colonia (UFC) del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* a una concentración de  $1.1 \times 10^7$  UFC/g. El producto se aplicó a una dosis de 400 gr/ha en cinco ocasiones con intervalos de 7 días de acuerdo con la recomendación del fabricante. El segundo tratamiento consistió en la aplicación del fungicida químico sistémico Alto100® (Syngenta) cuyo ingrediente activo es ciproconazol a una concentración equivalente a 100 g de i.a./L. El producto se aplicó a una dosis de 250 mL/ha, en dos ocasiones con intervalo de 7 días de acuerdo con la recomendación del fabricante. Los dos productos se aplicaron con bombas manuales de aspersión en un volumen de aplicación equivalente a 200 L/ha. Finalmente, las plantas de la tercera sección fungieron como control ya que no se aplicaron fungicidas u otro tratamiento contra la roya. Antes de llevar a cabo la aplicación de los dos productos (químico y biológico), se determinó la incidencia y la severidad de *H. vastatrix*, así como el porcentaje de defoliación presente en cada una de las plantas de café ubicadas en las tres áreas a estudiar.

Para evaluar la incidencia y severidad se seleccionaron cinco ramas del estrato medio de la planta aproximadamente a un metro de altura y se cuantificó el número total de hojas, el número de hojas afectadas con roya y el porcentaje del área foliar cubierto por las lesiones de *H. vastatrix*. Asimismo, se determinó el porcentaje de defoliación de la planta. La toma de datos se realizó tomando como base la escala de severidad en hoja y la escala aritmética de evaluación de defoliación publicada por SENASICA (2013).

Estas variables se evaluaron semanalmente en 9 ocasiones, iniciando el 3 de marzo y finalizando el 30 de abril del 2021. Los datos se sometieron a un análisis de varianza Kruskal-Wallis y a la prueba de comparaciones múltiples con el programa STATISTICA 12.



## Resultados y Discusión

### Efecto de *T. harzianum* y ciproconazol en la incidencia de *H. vastatrix*

Las plantas tratadas con *T. harzianum* y con ciproconazol presentaron menor porcentaje de incidencia de hojas con roya respecto a las plantas control. A los 21 días después de la primera aplicación, la incidencia en las plantas con aplicación de ciproconazol fue significativamente ( $H_{(2, N=21)}=13.82475$ ,  $p=0.0010$ ) menor que en las plantas de los otros tratamientos. A los 28 días después de la primera aplicación las plantas tratadas con control biológico disminuyeron la incidencia en un 47% respecto al inicio del experimento mientras que en las plantas con control químico se observó una disminución de 64% en contraste, las plantas control la incidencia disminuyó en 16%. Asimismo, desde los 28 días después de la primera aplicación las plantas tratadas con *T. harzianum* y ciproconazol presentaron una incidencia significativamente menor a las plantas control ( $H_{(2, N=21)}=16.28837$ ,  $p=0.0003$ ) (Figura 1).

Al final del experimento el fungicida biológico disminuyó la incidencia de la roya en un 71.4%, respecto al primer muestreo, las plantas tratadas con ciproconazol disminuyeron la incidencia en 88.2% y en las plantas control se observó una disminución del 44% (Figura 1).

El porcentaje de disminución en el tratamiento con aplicaciones de *T. harzianum* fue estadísticamente similar a lo obtenido con el ciproconazol, lo que indica el efecto fungicida sobre *H. vastatrix* de este microorganismo, aun cuando se comparó con un fungicida sistémico. El porcentaje de incidencia depende de las reinfecciones en la misma planta, las cuales se dan por la dispersión de las uredosporas a causa del viento y el agua (Avelino *et al.*, 2004). Debido al efecto sistémico acrópeto del ciproconazol, se evita que nuevas hojas se infecten, disminuyendo así el porcentaje de incidencia (Honorato *et al.*, 2015).

En el caso del control biológico la disminución de la incidencia se dio 28 días después de la primera aplicación, se ha registrado que diversas cepas de *Trichoderma* inician con la supresión de la incidencia de *H. vastatrix* entre 20 y 30 días después de la primera aplicación, lo que coincide con los resultados del presente experimento (Chambe-Mamani *et al.*, 2020).

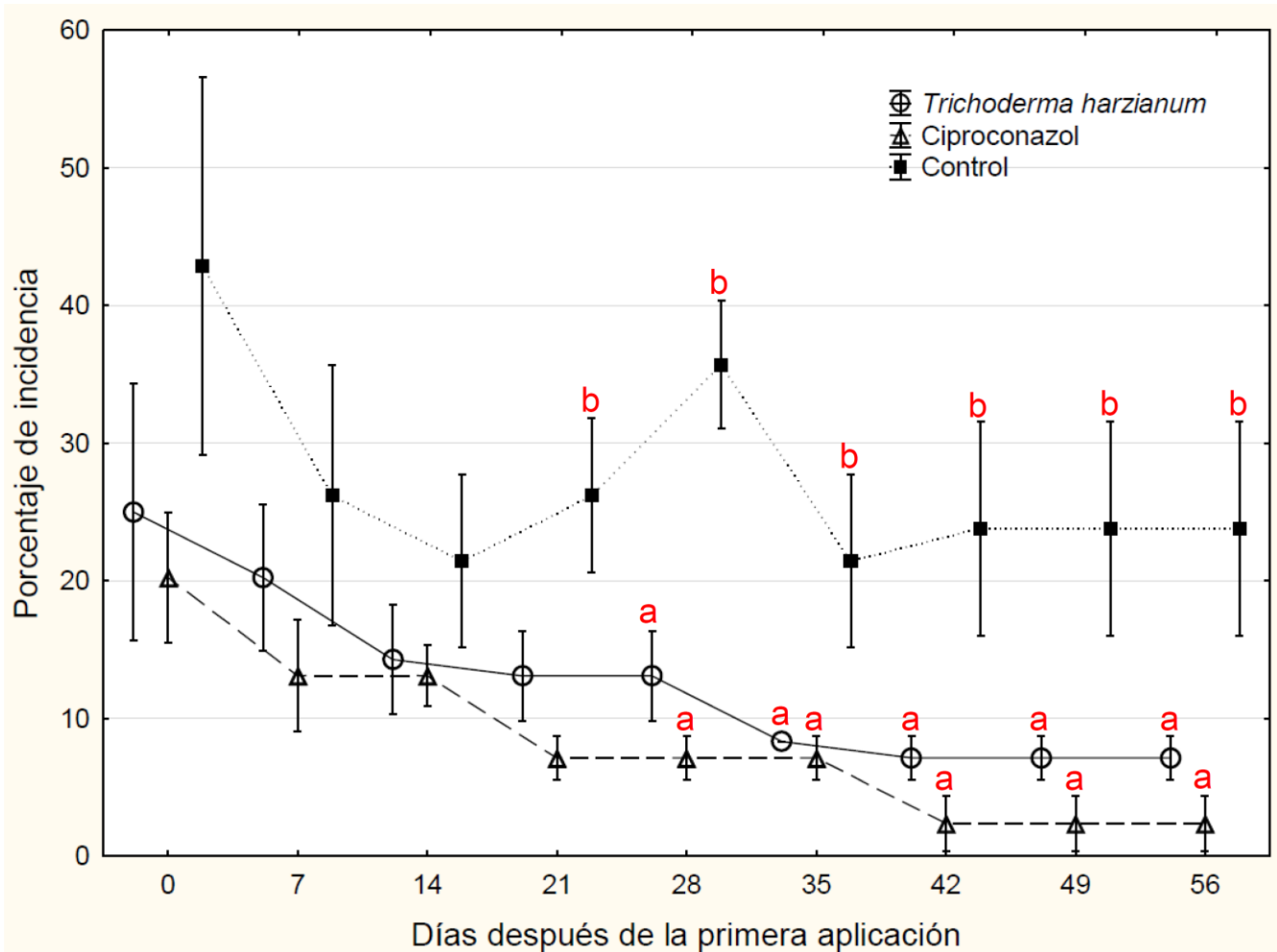


Figura 1. Porcentaje de incidencia de *Hemileia vastatrix* ( $\pm$  desviación estándar) en las plantas de *Coffea arabica* de los tres tratamientos. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos en cada punto de muestreo después de la prueba de Kruskal-Wallis con comparaciones múltiples ( $p < 0.01$ ).

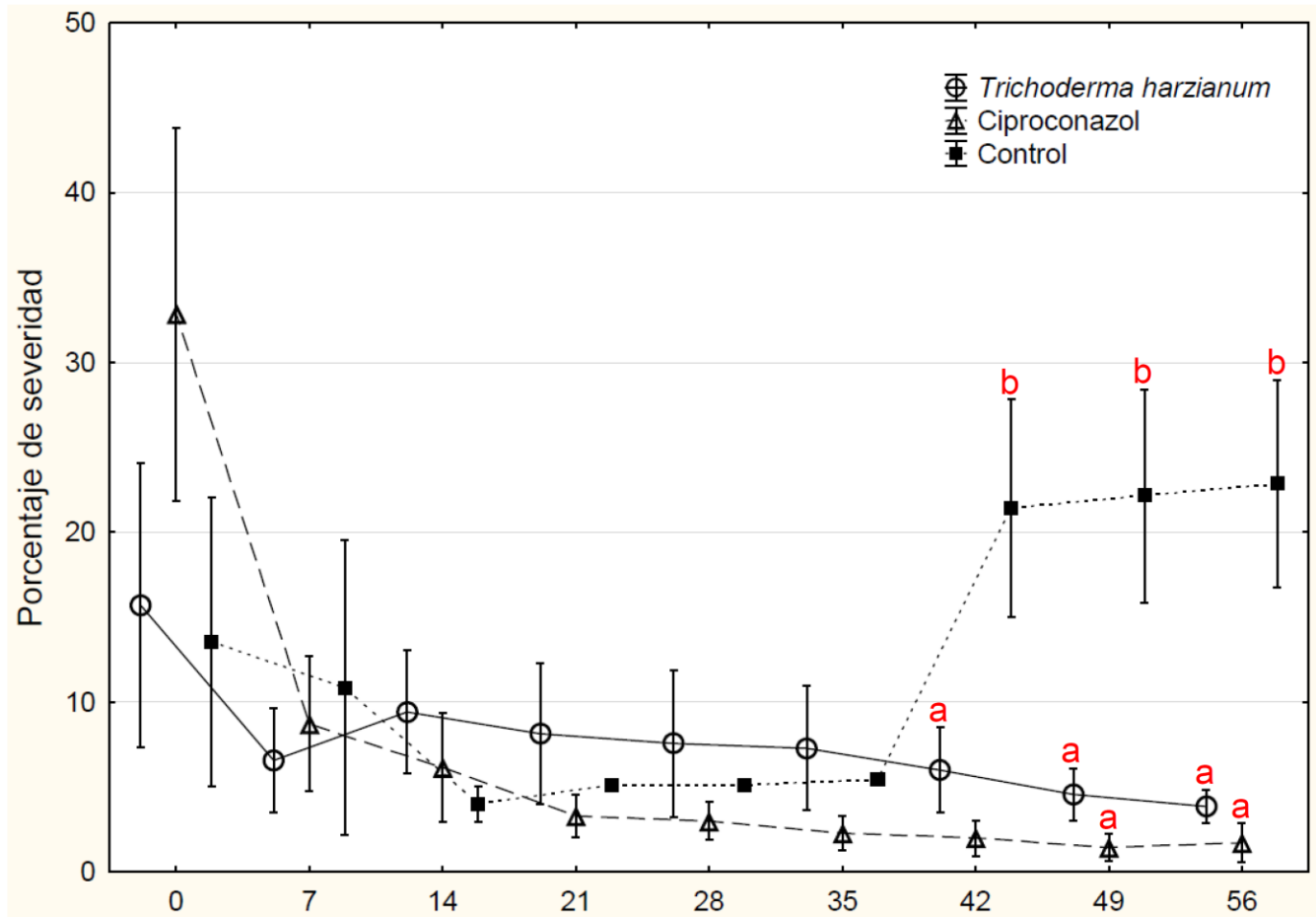
#### Efecto de *T. harzianum* sobre el porcentaje de severidad de *H. vastatrix*

Al inicio del experimento, las plantas presentaron un promedio de severidad de 20.7%. Desde el día 21 después de la primera aplicación, las plantas tratadas con ciproconazol presentaron un promedio de severidad de 3.28 y se mantuvo bajo durante el resto del experimento (Figura 2).

El porcentaje de severidad en las plantas tratadas con *T. harzianum* se mantuvo por arriba del 6% hasta los 42 días después de la primera aplicación y se mantuvo baja en los muestreos posteriores. En contraste, la severidad en las plantas control aumentó hasta 21.42% al día 42



( $H_{(2, N=21)} = 14.57455$ ,  $p = 0.0007$ ) y se mantuvo en aumento hasta el final del experimento (Figura 2).



**Figura 2. Porcentaje de severidad de las lesiones de *Hemileia vastatrix* ( $\pm$  desviación estándar) en las hojas de las plantas de *Coffea arabica* de los tres tratamientos. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos en cada punto de muestreo después de la prueba de Kruskal-Wallis con comparaciones múltiples ( $p < 0.01$ ).**

El aumento de la severidad en las plantas control coincide con el aumento de la incidencia al final del experimento en este tratamiento. La severidad de la lesión causada por roya depende del número de puntos de infección y el desarrollo de cada lesión, la cual va expandiéndose y produciendo nuevas uredosporas en el margen (Arneson, 2011). La disminución de la severidad en este experimento indica que el tratamiento con *T. harzianum* afectó las estructuras reproductoras del hongo deteniendo el avance de las lesiones. Se ha demostrado



que diversas especies de *Trichoderma* pueden colonizar y degradar estructuras de reproductivas y de resistencia de hongos fitopatógenos, incluyendo *H. vastatrix* (Rodríguez *et al.*, 2021).

### **Porcentaje de defoliación de los cafetos**

Las plantas tratadas con el fungicida químico presentaron menor porcentaje de defoliación, que el tratamiento biológico y testigo, los cuales se mantuvieron en el mismo rango a partir del día 14. Al final del experimento, el porcentaje de defoliación en el tratamiento con aplicación de ciproconazol fue de 11.42, ( $H_{(2, N=21)} = 6.666667$ ,  $p = 0.0357$ ) el cual disminuyó 62% respecto al inicio del experimento mientras que en tratamiento biológico y control el porcentaje de defoliación fue de 20 lo que representa una disminución del 12% respecto al inicio del experimento. La defoliación es el síntoma final en la infección ya que las hojas fuertemente afectadas caen. En este trabajo, el efecto del ciproconazol se observó desde el día 21 después de la primera aplicación en los parámetros de incidencia y severidad, por lo que las lesiones en las hojas infectadas no desarrollaron lo suficiente para provocar la caída.

Por otro lado, aunque *T. harzianum* logró disminuir los porcentajes de incidencia y severidad, no tuvo efecto en cuanto al porcentaje de defoliación. Esto puede deberse a que el efecto de supresión de la severidad de la lesión fue tardío (42 días después de la primera aplicación) lo que permitió que las lesiones se desarrollaran lo suficiente para provocar la caída de las hojas. Todos los agentes de control biológico necesitan un tiempo para establecerse en el agroecosistema e iniciar con la mitigación de los agentes causales de plagas (Stenberg *et al.*, 2021) a diferencia de los fungicidas químicos cuyo efecto se observa pocos días después de la aplicación. Es necesario realizar evaluaciones donde se inicie con aplicaciones anticipadas de *T. harzianum* para permitir el establecimiento del microorganismo en el agroecosistema y obtener un mejor efecto en la disminución de la severidad de las lesiones y por ende en la defoliación de los cafetos.

### **Conclusiones**

1. El fungicida biológico Labrador a base de *T. harzianum* disminuye la incidencia y severidad de la infección por *H. vastatrix* en el cultivo de *Coffea arabica*.





2. No se observó efecto en cuanto al porcentaje de defoliación de las plantas de café tratadas con *T. harzianum*.
3. Se recomienda realizar aplicaciones preventivas de *T. harzianum* para lograr establecer el hongo en el agroecosistema y lograr un mejor nivel de control.

## Literatura Citada

- Alvarado, G. y D. Pérez. 2021. Microorganismos que controlan la roya del café. Dirección de Comunicación de la Ciencia, Universidad Veracruzana.
- Arneson, P.A. 2011. *Coffee rust*. The Plant Health Instructor. American Phytopathological Society.
- Avelino, J., L. Willocquet and S. Savary. 2004. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. *Plant Pathology* 53:541-547.
- Avelino, J. y F. Anzueto. 2020. CHAPTER 9: Coffee Rust Epidemics in Central America: Chronicle of a Resistance Breakdown Following the Great Epidemics of 2012 and 2013. p. 185-198. *In*: Ristaino, J. B. y A. Records (eds.). *Emerging Plant Diseases and Global Food Security*. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
- Bacon, C. M., W. A. Sundstrom, I. T. Stewart and D. Beezer. 2017. Vulnerability to Cumulative Hazards: Coping with the Coffee Leaf Rust Outbreak, Drought, and Food Insecurity in Nicaragua. *World Development* 93:136-152.
- Belan, L. L., W. C. de Jesus Junior, A. F. de Souza, L. Zambolim, J. C. Filho, D. H. Gomes, *et al.* 2020. Management of coffee leaf rust in *Coffea canephora* based on disease monitoring reduces fungicide use and management cost. *Eur J Plant Pathol* 156: 683–694.
- Capucho, A. S., L. Zambolim, U. N. Lopes y N. S. Milagres. 2013. Chemical control of coffee leaf rust in *Coffea canephora* cv. *conilon*. *Australasian Plant Pathol.* 42: 667–673.
- Chambe-Mamani, E. S., S. Apaza-Apaza y R. Aguilar-Ancota. 2020 Control biológico (*Trichoderma* spp) y químico de roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) del cafeto (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Sandia-Puno. Polo del Conocimiento. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i2.2283> [consultado el 19 de julio de 2021].
- Diario Oficial de la Federación. 1996. NOM-019-FITO-1995 Norma Oficial Mexicana, por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introduccion de plagas del cafe. México, D.F.



- Diola, V., G. G. de Brito, E. T. Caixeta, E. Maciel-Zambolim, N. S. Sakiyama y M. E. Loureiro. 2011. High-density genetic mapping for coffee leaf rust resistance. *Tree Genetics & Genomes* 7:1199–1208.
- Gómez-De La Cruz, I., E. Pérez-Portilla, E. Escamilla-Prado, M. Martínez-Bolaños, G. L. L. Carrión-Villarnovo y T. I. Hernández-Leal. 2017. Selection in vitro of mycoparasites with potential for biological control on Coffee Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*). *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1):172-183.
- Honorato, J., L. Zambolim, U. N. Lopez, U. P. Lopez y H. S. S. Duarte. 2015. DMI and Qol fungicides for the control of coffee leaf rust. *Australasian Plant Pathology* 44: 575-581. DOI 10.1007/s13313-015-0373-4
- Rodríguez, M. dC. H., H. C. Evans, L. M. de Abreu, D. M. de Macedo, M. K. Ndacnou, K. B. Bekele y R. W. Barreto. 2021. New species and records of *Trichoderma* isolated as mycoparasites and endophytes from cultivated and wild coffee in Africa. *Scientific Reports* 11:5671.
- SENASICA. 2013. Manual técnico para el manejo preventivo de la roya del cafeto. Dirección General de Sanidad Vegetal. <http://www.royacafe.lanref.org.mx/Documentos/Manualtecnicoroya.pdf> [Consultado el 19 de julio de 2021].
- Silva, M.G., E. A. Pozza, G. B. Vasco *et al.* 2019. Geostatistical analysis of coffee leaf rust in irrigated crops and its relation to plant nutrition and soil fertility. *Phytoparasitica* 47: 117–134
- Stenberg, J. A., I. Sundh, P. G. Becher, C. Bjorkman, M. Dubey, P. A. Egan, *et al.* 2021. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *J Pest Sci.* 94:665–676.
- Talhinhas, P., D. Batista, I. Diniz, A. Vieira, D. N. Silva, A. Loureiro, *et al.* 2017. The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. *Mol Plant Pathol.* 18(8):1039-1051.



## CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE AJO (*Allium sativum* L.) VARIEDAD TACÁTZCUARO ESPECIAL A MEDIANO PLAZO

Bibiana Tirado Pérez<sup>1</sup>, Gabriela Sandoval Cancino<sup>2\*</sup>, Víctor Manuel Gómez Rodríguez<sup>1</sup> y Humberto Ramírez Vega<sup>1</sup>

### Resumen

El ajo (*Allium sativum* L.) es una planta cuyos bulbos tienen sustancias con gran potencial en agricultura y medicina. México es uno de los principales productores de ajo en América, no obstante, la planta de ajo es afectada por factores bióticos y abióticos en campo y poscosecha. Los bancos de germoplasma son fundamentales para preservar la diversidad genética de las especies de importancia agroalimentaria como el ajo. El crecimiento mínimo es una técnica de cultivo *in vitro* que permite la conservación de plantas a mediano plazo. Mediante esta técnica se han conservado diferentes variedades de ajo, no obstante, existen variedades de ajo obtenidas del programa de mejoramiento genético del INIFAP que no están conservadas *in vitro* y, por lo tanto, es necesaria su preservación. El objetivo del presente trabajo de investigación fue la conservación *in vitro* de ajo (*Allium sativum* L.) variedad Tacátzcuaro Especial mediante crecimiento mínimo. Los bulbos de ajo se colectaron de accesiones en campo y se colocaron en soluciones fungicida y fungicida/bactericida. Posteriormente, los bulbos se desinfectaron con etanol al 70% y con una solución de cloro comercial al 30% y se sembraron en medio de cultivo basal MS. Después de una semana, se seleccionaron plantas *in vitro* de ajo asépticas y se cortaron explantes de 10 x 5 mm y se conservaron en crecimiento mínimo en seis medios de cultivo a 25, 18 y 5°C mediante un diseño aleatorizado con ocho repeticiones. Se evaluó la sobrevivencia, la contaminación y longitud de los explantes a 30 y 365 días de cultivo. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias por el método de mínimos cuadrados con la prueba Tukey. La variedad de ajo Tacátzcuaro Especial fue

<sup>1</sup> Universidad de Guadalajara (UdeG) Centro Universitario de los Altos, Av. Rafael Casillas Aceves 1200, C.P. 47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP Av. Boulevard de la Biodiversidad 400, C.P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Autor para correspondencia: sandoval.gabriela@inifap.gob.mx



conservada *in vitro* de manera óptima durante un año mediante crecimiento mínimo a 5°C en medio de cultivo basal MS con sacarosa y sorbitol.

**Palabras clave:** recurso fitogenético, banco de germoplasma, cultivo *in vitro*

## Introducción

El ajo es una planta originaria de Asia central y es una de las especies más importantes del género *Allium* debido a su sabor y olor particular, así como a sus propiedades benéficas en la salud humana (Abdelrahman *et al.*, 2021). Los bulbos de ajo tienen compuestos organosulfurados y tiosulfatos los cuales tienen efecto antimicrobiano, antioxidante y potenciador de sabor, entre otros (Botas *et al.*, 2019).

En América, México es uno de los principales productores de ajo (FAO, 2021) y su mejoramiento genético se ha enfocado principalmente en incrementar el peso y diámetro de bulbo, la productividad y la tolerancia a plagas y enfermedades (FAO, 2021). Aun así, su cultivo es afectado por hongos y bacterias y, en algunos casos por factores abióticos (Mishra *et al.* 2014).

En este sentido, los bancos de germoplasma son fundamentales para preservar la diversidad genética de las especies de importancia agroalimentaria como el ajo. El germoplasma es la suma total de todos los genes presentes en un cultivo y sus especies relacionadas (Mathur, 2015). Existen 1750 bancos de germoplasma en el mundo los cuales preservan a mediano y largo plazo diferentes especies incluidas variedades élites y locales, y también parientes silvestres (Volk *et al.*, 2019). La preservación de los recursos genéticos está estipulada en tratados internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021).

El crecimiento mínimo es una técnica de cultivo *in vitro* utilizada para la conservación de plantas a mediano plazo, lo cual puede ser hasta más de un año de acuerdo con la especie (Panis *et al.*, 2020). Esta técnica se basa en el cultivo de yemas en medios adicionados con



pocos nutrientes, agentes osmóticos y retardantes del crecimiento como aceites minerales e incubación a bajas temperaturas y diferentes fotoperíodos (de Lacerda *et al.*, 2020).

Existen algunos reportes de crecimiento mínimo de ajo en los cuales se ha obtenido la conservación de ajo desde cinco hasta 15 meses tanto en condiciones estándar de temperatura y fotoperíodo como en bajas temperaturas y oscuridad (Benke *et al.*, 2018; Pardo *et al.*, 2014; Hassan *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2005). Diferentes variedades de ajo y de sus parientes silvestres están preservadas a mediano y largo plazo en diferentes bancos de germoplasma (Ruta *et al.*, 2020). No obstante, existen variedades sobresalientes que aún no lo están, entre ellas la variedad Tacátzcuaro Especial, obtenida por el INIFAP a partir de la variedad Taiwán y con un rendimiento comercial promedio de 25 t ha<sup>-1</sup> (Heredia-García, 2007). El objetivo del presente trabajo fue el crecimiento mínimo de ajo (*Allium sativum* L.) variedad Tacátzcuaro Especial.

## **Materiales y Métodos**

La presente investigación se realizó en el Laboratorio Agrícola-Forestal, Sección Conservación In vitro y Criopreservación de Tejido Vegetal, del Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, ubicado en Boulevard de la Biodiversidad No. 400, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

### **Material vegetal**

Se utilizaron bulbos de ajo de la variedad Tacátzcuaro Especial colectados en campo en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental Bajío-INIFAP, carretera Celaya San Miguel de Allende Km 6.5, 38010 Celaya, Guanajuato, México.

### **Establecimiento *in vitro***

Los bulbos de ajo se lavaron con agua y detergente comercial y se colocaron en una solución fungicida (1 mL L<sup>-1</sup>, Bravo 720®, Syngenta) durante 20 minutos con agitación constante. Posteriormente, se realizaron tres enjuagues con agua bidestilada y se colocaron en una solución fungicida-bactericida (6.25 g L<sup>-1</sup>, Agri-Mycin®500, Zoetis Inc.) durante 10 minutos en bomba de vacío (GAST HP 1/6, Voltaje 115, RPM 1725, Hz 60, Marathon SA LR39793) y después en agitación constante durante 10 minutos.



En campana de flujo laminar (Veeco), los bulbos se lavaron tres veces con agua bidestilada esterilizada y se desinfectaron con etanol al 70% (v/v) durante un minuto y con una solución de Cloralex al 30% (ingrediente activo 5.4% de NaClO) durante 20 minutos. Después, los bulbos se lavaron tres veces con agua bidestilada esterilizada y se cortaron explantes de un tamaño de 15 mm de longitud y 10 mm de diámetro.

Los explantes se sembraron individualmente en tubos de ensayo (150 x 20 mm) con 5 mL de medio de cultivo MS basal (4.43 g L<sup>-1</sup>), sacarosa (30 g L<sup>-1</sup>), pH 5.8 y agar (9 g L<sup>-1</sup>), previamente esterilizado en autoclave (Yamato SM 200) a 121±1 °C y 1.2 kg cm<sup>-2</sup> durante 15 minutos. Las condiciones de incubación fueron 25±1°C, densidad de flujo de fotones fotosintéticos de 25 µm m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y fotoperíodo de 16 h luz durante siete días.

Posteriormente, se seleccionaron plantas de ajo *in vitro* asépticas y se cortaron explantes de la base del tallo a un tamaño de 10 mm de longitud y 5 mm de diámetro. Los explantes se sembraron en diferentes medios de cultivo.

### Medios de cultivo

Se utilizaron seis medios de cultivo adicionados con diferentes concentraciones de sacarosa, sorbitol, manitol y con las sales del medio MS y BDS (Dunstan y Short, 1977), pH de 5.8 y agar (9 g L<sup>-1</sup>) (Cuadro 1). Se vertieron 10 mL de cada uno de los medios en tubos de ensayo de (150 x 20 mm) y se esterilizaron en autoclave.

**Cuadro 1. Medios de cultivo utilizados para crecimiento mínimo de ajo.**

Medio de cultivo	Manitol (g L <sup>-1</sup> )	Sacarosa (g L <sup>-1</sup> )	Sorbitol (g L <sup>-1</sup> )
M1: BDS (100%)	0	100	0
M2: MS (0.25%)	0	45	0
M3: MS (100%)	15	15	0
M4: MS (100%)	0	0	72.868
M5: MS (100%)	0	68.46	36.434
M6: MS (100%) (testigo)	0	30	0

MS: Murashige y Skoog, 1962; BDS: Dunstan y Short, 1977

Las condiciones de incubación de los explantes en los respectivos medios de cultivo fueron 25±1°C, 18±1°C y 5±1°C, densidad de flujo de fotones fotosintéticos de 25 µm m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y fotoperíodo de 16 h luz. El periodo de evaluación de los explantes fue de 365 días.



### **Variables de respuesta**

Se midió longitud, sobrevivencia y contaminación por bacterias en los explantes a 30 y 365 días. La longitud de los explantes se midió con un vernier digital y la contaminación por bacterias se evaluó de manera visual como la formación de colonias amarillas, blancas, cremosas y rojas en los explantes. La sobrevivencia de los explantes también se evaluó de manera visual, se consideraron explantes vivos aquellos con hojas verdes total o parcialmente desde la base del tallo y que no presentaron oxidación total o necrosis.

### **Diseño experimental**

El experimento se realizó mediante un diseño aleatorizado y la unidad experimental correspondió a un explante en un tubo de ensayo con medio de cultivo. Se evaluaron seis medios de cultivo por cada temperatura de incubación con ocho repeticiones cada uno. La unidad experimental correspondió a una yema dentro de un segmento de tallo de 10 mm y 5 mm de diámetro en un tubo de ensayo.

### **Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de varianza de las variables y la comparación de medias por el método de mínimos cuadrados con la prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) con el software de análisis de datos estadístico y gráfico Statgraphics XV.

### **Resultados y Discusión**

Después de evaluar la respuesta de los explantes de ajo variedad Tacázcuarro Especial en condiciones de crecimiento mínimo, se obtuvieron los siguientes resultados. No hubo diferencias significativas en sobrevivencia en las diferentes temperaturas a 30 días, pero si hubo a 365 días ( $p\leq 0.05$ ) ya que la sobrevivencia fue mayor a 5°C (Cuadro 2). Las bajas temperaturas reducen la tasa fotosintética (Li *et al.*, 2017), por lo tanto, la incubación de los explantes a 5°C permitió extender el tiempo de conservación a 365 días.

En medio de cultivo se observaron diferencias significativas en esta variable en 30 días ( $p\leq 0.05$ ) y se obtuvo menor sobrevivencia en medio de cultivo M3 (MS, manitol y sacarosa). A 365 días no se observaron diferencias significativas y el rango de sobrevivencia fue de 75 a 92% en los diferentes medios de cultivo (Cuadro 2). El medio de cultivo M5 (MS, sacarosa y



sorbitol) permitió obtener sobrevivencia de 92% la cual fue superior a lo reportado por Pardo *et al.* (2014) también en ajo (clon Boconó). En dicha investigación obtuvieron 73% de sobrevivencia en los explantes en medio de cultivo MS al 0.25% y sacarosa (45 g L<sup>-1</sup>) conservados durante siete meses en condiciones estándar de luz y temperatura (fotoperíodo de 16 h luz, 25  $\mu\text{m m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 25 $\pm$ 1°C). En general, la disminución de la sobrevivencia puede ser atribuida al estrés provocado por los agentes osmóticos en el medio de cultivo (Kielkowska, 2017).

**Cuadro 2. Análisis de medias de mínimos cuadrados de la sobrevivencia (%), longitud (mm) y contaminación (%) de ajo variedad Tacázcuaru Especial en dos mediciones.**

Factor	Sobrevivencia		Contaminación		Longitud	
	30 días	365 días	30 días	365 días	30 días	365 días
5°C	100 a	94 a	4 a	13 a	22.37 a	118.34 b
18°C	98 a	81 ab	6 a	9 a	88.22 b	119.94 b
25°C	94 a	69 b	8 a	13 a	79.95 b	94.11 a
M1	100 a	75 a	4 a	13 ab	57.46 c	73.16 b
M2	100 a	88 a	0 a	29 a	74.82 ab	112.92 a
M3	88 b	79 a	13 a	0 b	54.23 bc	115.40 a
M4	100 a	75 a	4 a	0 b	34.77 c	111.49 a
M5	100 a	92 a	8 a	18 ab	80.96 a	128.29 a
M6	96 ab	83 a	8 a	8 ab	78.84 a	123.51 a

Valores con letras iguales por columna entre cada factor no presentan diferencia significativa (Tukey  $p \leq 0.05$ ); M: Medio de cultivo (Cuadro 1).

En contaminación, no hubo diferencias significativas entre tratamientos a los 30 y 365 días ( $p \leq 0.05$ ). En general, a 365 días se observó poca contaminación a 5, 18 y 25°C (Cuadro 2). En medio de cultivo se observaron diferencias significativas en esta variable a 365 días ( $p \leq 0.05$ ), donde el rango de contaminación fue de 0 a 29% en los diferentes medios de cultivo y los explantes en los medios de cultivo M3 y M4 no presentaron contaminación (Cuadro 2). La contaminación endógena de los explantes es uno de los principales obstáculos en el cultivo *in vitro* (Singh, 2018). Los microorganismos endófitos en las plantas y en el género *Allium* son un problema para el establecimiento de cultivos asépticos porque sobreviven a los procesos de desinfección superficial con sustancias químicas (Quambusch y Winkelmann, 2018).





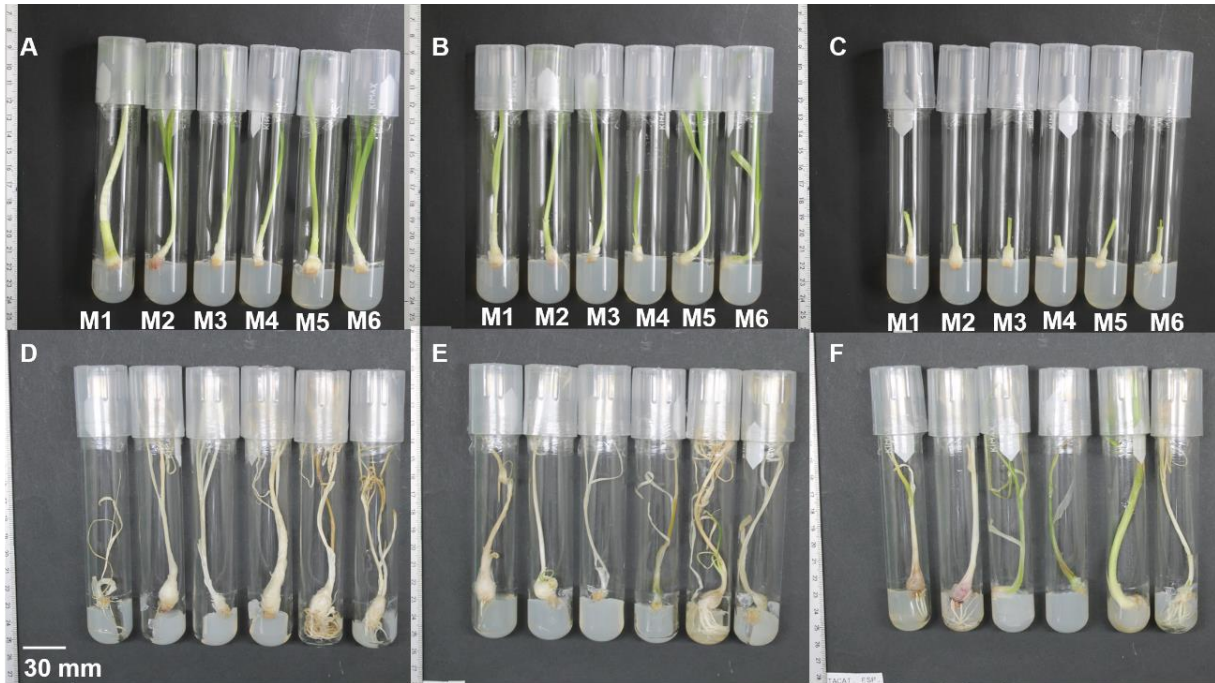
El método de desinfección utilizado fue óptimo y la mayoría de los explantes que presentaron contaminación sobrevivieron lo cual podría atribuirse a su no patogenicidad. En este sentido, de bulbos de ajo se han aislado bacterias con actividad antifúngica (Zelaya-Molina, *et al.*, 2020a; Wang *et al.*, 2019), antimicrobiana y promotora del crecimiento vegetal *in vitro* (Costa Júnior *et al.*, 2020; Zelaya-Molina, *et al.*, 2020b).

En longitud, se obtuvieron diferencias significativas en temperatura en 30 y 365 días ( $p \leq 0.05$ ). A 365 días se observó menor longitud a 25°C (Cuadro 2), no obstante, esto fue atribuido al doblamiento de las hojas al llegar al límite del tubo.

En medio de cultivo también se observaron diferencias significativas en esta variable en 30 y 365 días ( $p \leq 0.05$ ). En ambos períodos los explantes mostraron menor crecimiento en el medio de cultivo M1 (BDS y sacarosa) (Cuadro 2). Lo anterior puede ser atribuido al efecto de la temperatura y medio de cultivo. El medio MS es ampliamente utilizado en la regeneración de diferentes especies debido a las grandes cantidades de nitrato y amonio (Phillips y Garda, 2019). Otras especies requieren menor cantidad de amonio, en esos casos el medio B5 (Gamborg *et al.*, 1976) es óptimo. No obstante, Dunstan y Short (1977) optimizaron el cultivo *in vitro* de cebolla (*Allium cepa* L.) mediante la adición de más amonio y fosfato al medio B5, denominado medio BDS.

Además, se observó bulbificación de los explantes en los medios con grandes concentraciones de sacarosa (M1 y M2) en las tres temperaturas. Se ha observado que grandes concentraciones de sacarosa inducen la formación de bulbos en ajo (Hegazy *et al.*, 2018) y en otras especies (Marković *et al.*, 2021; Doğan *et al.*, 2020).

Otros factores que influyen en el crecimiento y sobrevivencia durante el cultivo *in vitro* son el tipo de explante, el estado fenológico, el tamaño y volumen del recipiente de cultivo y el volumen de medio de cultivo utilizado (Niino y Arizaga, 2015). En la Figura 1 se observa el crecimiento mínimo de ajo variedad Tacátzcuaro Especial en tres temperaturas y seis medios de cultivos diferentes a los 30 y 365 días de cultivo *in vitro*.



**Figura 1. Crecimiento mínimo de ajo variedad Tacázcvaro Especial. A) 25°C, 30 días de cultivo *in vitro*; B) 18°C, 30 días de cultivo *in vitro*; C) 5°C, 30 días de cultivo *in vitro*; D) 25°C, 365 días de cultivo *in vitro*; E) 18°C, 365 días de cultivo *in vitro*; F) 5°C, 365 días de cultivo *in vitro*. M1: BDS, 100 g L<sup>-1</sup> sacarosa; M2: MS (25%), 45 L<sup>-1</sup> sacarosa; M3: MS, 15 g L<sup>-1</sup> manitol, 15 g L<sup>-1</sup> sacarosa, M4: MS, 72.868 g L<sup>-1</sup> sorbitol; M5: MS, 68.46 g L<sup>-1</sup> sacarosa, 36.434 g L<sup>-1</sup> sorbitol; M6: MS, 30 g L<sup>-1</sup> sacarosa.**

## Conclusiones

Se realizó la conservación *in vitro* de ajo variedad Tacázcvaro Especial de manera óptima durante un año mediante crecimiento mínimo a 5°C en medio de cultivo basal MS con sacarosa y sorbitol.

## Agradecimientos

La presente investigación fue financiada con recursos fiscales del INIFAP con el proyecto “Conservación *in vitro* y criopreservación de germoplasma de ajo en México” con No. SIGI 1155634761.



## Literatura Citada

- Abdelrahman, M., S. Hirata, T. Mukae, T. Yamada, Y. Sawada, M. El-Syaed *et al.* 2021. Comprehensive metabolite profiling in genetic resources of garlic (*Allium sativum* L.) collected from different geographical regions. *Molecules* 26:1415.
- Benke, A., P. Kuldip, M. Shelke and M. Singh. 2018. Slow growth *in vitro* conservation studies in garlic. *J Allium Res.* 1(1):98-101.
- Botas, J., Â. Fernandes, L. Barros, M. J. Alves, A. M. Carvalho and I. C. F. R. Ferreira. 2019. A comparative study of black and white *Allium sativum* L.: nutritional composition and bioactive properties. *Molecules* 24:11.
- Costa Júnior, P. S. P., F. P. Cardoso, A. D. Martins, V. H. T. Teixeira, M. Buttrós, M. Pasqual, D. R. Días *et al.* 2020. Endophytic bacteria of garlic roots promote growth of micropropagated meristems. *Microbiol Res.* 241:126585.
- de Lacerda, L. F., H. T. Gomes, P. M. C. Bartos, J. M. Vasconcelos, S. C. Vasconcelos-Filho, I. M. A. Silva-Cardoso *et al.* 2021. Growth, anatomy and histochemistry of fast growing species under *in vitro* conservation through mineral oil and low-temperature combination. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 144:143-156.
- Doğan, S., G. Çağlar and E. B. Palaz. 2020. The effect of different applications on *in vitro* bulb development of an endemic hyacinth plant (*Hyacinthus orientalis* L. subsp. *chionophyllus* Wendelbo) grown in Turkey. *Turkish J Agric-Food Sci Technol.* 8(8):1713-9.
- Dunstan, D. I. and K. C. Short. 1977. Improvement growth of tissue cultures of the onion *Allium cepa*. *Physiol Plant* 41:70-72.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [Consultado el 6 de mayo de 2021].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. <https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention> [Consultado el 6 de mayo de 2021].
- Gamborg, O. L., T. Murashige, T. A. Thorpe and I. K. Vasil. 1976. Plant tissue culture media. *In Vitro* 12:473-478.
- Hassan, N. A., A. A. El-awady, A. Gaber, M. El-awady and A. Khalaf. 2007. Slow-growth *in vitro* conservation of garlic cultivars grow in Egypt: chemical characterization and molecular evaluation. *Glob J Mol Sci.* 2(2):67-75.



- Hegazy, H., A. E. Gehan and S. Salat. 2018. Evaluation the growth performance of egyptian garlic landraces and *in vitro* synseeds of bulblets formation. *Alex J Agric Sci.* 63(6):339-352.
- Heredia-García, E. 2007. Variedades de ajo. Desplegable Técnica No. 1. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Guanajuato, México.
- Kielkowska, A. 2017. *Allium cepa* root meristem cells under osmotic (sorbitol) and salt (NaCl) stress *in vitro*. *Acta Bot Croat.* 76(2):146-53.
- Li, S. L., Z. G. Li, L. T. Yang, Y. R. Li and Z. L. He. 2017. Differential effects of cold stress on chloroplasts structures and photosynthetic characteristics in cold-sensitive and cold-tolerant cultivars of sugarcane. *Sugar Tech.* 20(1):11-20.
- Marković, M., M. T. Momčilov, B. Uzelac, S. Jevremović and A. Subotić. 2021. Bulb dormancy *in vitro* *Fritillaria meleagris*: initiation, release and physiological parameters. *Plants* 10:902.
- Mathur, S. Conservation of biodiversity through tissue culture. 2015. *J Biodivers Res.*1(1):5-12.
- Mishra, R. K., R. K. Jaiswal, D. Kumar, P. R. Saabale and A. Sing. 2014. Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: a comprehensive review. *J Plant Breed Crop Sci.* 6(11):160-170.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15(3):473-497.
- Niino, T. and M. V. Arizaga. 2015. Cryopreservation for preservation of potato genetic resources. *Breed Sci.* 65:41-42.
- Pardo, A., S. Rivero and G. Alvarado. 2014. Conservación *in vitro* de microbulbos de ajo (*Allium sativum* L.). *Bioagro.* 25(2):115-122.
- Panis, B, M. Nagel and I. V. den Houwe. 2020. Challenges and prospects for the conservation of crop genetic resources in field genebanks, in *in vitro* collections and/or in liquid nitrogen. *Plants* 9(12):1-22.
- Phillips, G. C. and M. Garda. 2019. Plant tissue culture media and practices: an overview. *Vitr Cell Dev Biol-Plant* 55(3):242-57.
- Quambusch, M. and T. Winkelmann. 2018. Bacterial endophytes in plant tissue culture: mode of action, detection, and control. p. 69-88. In: Loyola-Vargas, V. and N. Ochoa-Alejo (eds.). *Plant cell culture protocols, methods in molecular biology.* Humana Press. New York, Nueva York. Estados Unidos.



- Ruta, C., M. Lambardi and E. A. Ozudogru. 2020. Biobanking of vegetable genetic resources by *in vitro* conservation and cryopreservation. *Biodivers Conserv.* 29:3495-3532.
- Singh, C. R. 2018. Review on problems and its remedy in plant tissue culture. *Asian J Biol Sci.* 11(4):165-72.
- Torres, M. A., J. Alonso, A. Font, V. Moreno and A. Capote. 2005. Conservación de ajo (*Allium sativum* L.) por reducción de la tasa de crecimiento. *Revista Agrotecnia de Cuba* 1(4):24-33.
- Volk, G.M., P. K. Bretting and P. F. Byrne. 2019. Survey identifies essential plant genetic resources training program components. *Crop Sci.* 59(6):2308-2316.
- Wang, J., L. Shi, D. Wang, L. Li, G. J. Loake, X. Yang et al. 2019. White rot disease protection and growth promotion of garlic (*Allium sativum*) by endophytic bacteria. *Plant Pathol.* 68(8):1543-1554.
- Zelaya-Molina, L. X., G. Sandoval-Cancino, J. E. Guerra-Camacho, I. F. Chávez-Díaz, R. I. Arteaga-Garibay y E. Heredia-García. 2020a. Inhibición de *Fusarium* sp. y *Penicillium* sp. asociadas a la pudrición y marchitez de bulbos de ajo por cepas de *Pseudomonas*. p. 167-169. In: *Memorias del II Congreso Internacional en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Retos y Experiencias para lograr la Soberanía Alimentaria y Sustentabilidad*, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Zelaya-Molina, L. X., G. Sandoval-Cancino, I. F. Díaz-Chávez, R. I. Arteaga-Garibay y C. I. Cruz-Cárdenas. 2020b. Selección de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en diferentes variedades de ajo. 2020b. In: *Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía*, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.



## ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTO DE HOJAS DE *Psittacanthus calyculatus* CONTRA BACTERIAS ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA

Jesús Emmanuel González García<sup>1\*</sup>, José Osvaldo Bernal Gallardo<sup>2</sup>, Zaida Ochoa Cruz<sup>2</sup>,  
Jeanette Guadalupe Cárdenas Valdovinos<sup>2</sup>, María Valentina Angoa Pérez<sup>2</sup> y Hortencia Gabriela Mena Violante<sup>2</sup>

---

### Resumen

Se conoce que México es uno de los países con mayor diversidad vegetal, la mayoría de esta es utilizada de manera tradicional y cultural ya que se sabe que tiene beneficios, pero no todas ellas han sido estudiadas de manera científica para determinar cada una de sus propiedades biológicas. Por lo que, se ha optado por investigarlas y desarrollar aplicaciones con base en algunas propiedades que poseen, dichas aplicaciones pueden incluir el control de bacterias patógenas de animales de producción, así se pueden aprovechar estos valiosos recursos naturales. En el actual trabajo se hizo un análisis de la actividad antibacteriana que posee el muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en su follaje, considerando aislados de *Streptococcus agalactiae* y *Staphylococcus aureus* como principales bacterias a controlar, ambas asociadas a la mastitis bovina. Se recolectaron hojas de muérdago, teniendo como hospedero el encino (*Quercus* sp.), seleccionando hojas con características físicas homogéneas (ej.: color y tamaño). Se prepararon extractos etanólicos de la hoja, con los cuales se realizó el ensayo antibacteriano de difusión en agar y la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) contra aislados de *Streptococcus agalactiae* y *Staphylococcus aureus*. Los extractos mostraron efecto antibacteriano contra todos los aislados en estudio, siendo *S. aureus* AMC-23 y *S. agalactiae* TD-3 los aislados más susceptibles al antibiótico, en cambio los aislados más susceptibles al extracto de *P. calyculatus* fueron *S. aureus* AMC-9 y *S. agalactiae* DI-22. Respecto a la CMI se obtuvo un valor de 2.89 mg/mL de H<sub>2</sub>O. La inhibición del extracto de la hoja de *P. calyculatus*, contra las bacterias *S. agalactiae* y *S. aureus*, representó el 58% y el

---

<sup>1</sup> \*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, [e-m-i-l.m@hotmail.com](mailto:e-m-i-l.m@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR IPN Unidad Michoacán



53%, del efecto del antibiótico control ciprofloxacino, respectivamente. Los resultados podrán ser utilizados como conocimiento nuevo para próximas investigaciones, y así poder ensayar nuevas distintas dosis que mejoren la efectividad del extracto de hoja de *P. calyculatus* respecto a este u otros antibióticos, para inhibir el crecimiento de bacterias causantes de mastitis bovina.

**Palabras clave:** muérdago, antibacteriano, *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*

## Introducción

El *P. calyculatus*, afecta gran número de especies entre las que se encuentran forestales y frutales como el aguacate, por lo que puede considerarse una maleza (Muñoz *et al.*, 2018). Se sabe que su follaje tiene importantes propiedades biológicas (antioxidante, antihipertensiva, anticancerígena) debido a sus metabolitos secundarios (Ocares, 2012). Por lo cual, es prudente y necesario investigar y proponer estrategias para el manejo de *P. calyculatus*, tal como encontrar usos potenciales de este que, le den valor agregado y contribuya a su control, tanto en árboles forestales como en cultivos agrícolas. Dicho valor agregado puede basarse en las propiedades biológicas de extractos de sus distintos tejidos, para aplicación en el sector agropecuario. Hasta el día de hoy no se conocen todas las propiedades biológicas de *P. calyculatus*, y estudiarlas podría revelarnos usos potenciales en medicina, farmacología, y otras industrias; así, la propuesta del uso de su follaje podría ser parte de una estrategia de manejo de este parásito o maleza, ya que la demanda en la utilización de sus hojas podría mermar la producción de frutos y por tanto su disseminación, contribuyendo a la reducción del problema. Una de sus propiedades que no se conoce es la actividad antibacteriana contra patógenos que afectan al ganado bovino y que impactan la producción y calidad de la leche, por lo que es importante investigarlas y sentar las bases para futuras propuestas de aplicación. Una de las principales problemáticas que tienen los ganaderos, es la aparición de infecciones bacterianas en las ubres de sus vacas, las cuales suelen ocasionar importantes impactos en la calidad de la leche y a su vez en la economía (Mera *et al.*, 2017). Actualmente, la mayoría de ganaderos o empresas utilizan distintos métodos para poder controlar esta enfermedad,



entre ellos el uso de antibióticos y así no tener pérdidas de sus producciones lecheras, pero aun así el uso irracional de estos antibióticos genera una resistencia en las bacterias asociadas a la mastitis bovina frente a estos (Pacheco *et al.*, 2013), y se requieren alternativas para evitar o racionalizar su uso. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el extracto etanólico de hojas de *P. calyculatus* frente a bacterias asociadas a la mastitis bovina, específicamente las bacterias *Streptococcus agalactiae* y *Staphylococcus aureus*.

## **Materiales y Métodos**

### **Material microbiológico**

Se utilizaron los siguientes aislados provenientes de casos de mastitis subclínica: *Streptococcus agalactiae* TD-3, *Streptococcus agalactiae* DI-2, *Streptococcus agalactiae* DI-22, *Streptococcus agalactiae* TI-12 y *Streptococcus agalactiae* TI-5, *Staphylococcus aureus* AVC-5, *Staphylococcus aureus* AMC-9, *Staphylococcus aureus* AMC-38, *Staphylococcus aureus* AMC-23 y *Staphylococcus aureus* ATCC-27.

### **Material vegetal**

Las hojas de *P. calyculatus* del hospedero *Quercus* sp. fueron recolectadas en el municipio de Jiquilpan, Michoacán (19°59'24.7"N, 102°53'56.5"W a 2,122 msnm). Se eligieron las hojas con las mejores características físicas de color y tamaño homogéneos. Las hojas se lavaron con agua destilada y fueron colocadas en tiras de aluminio, enseguida se congelaron y almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C} \pm 2$ . Las hojas congeladas se liofilizaron (FreeZone 6, LABCONCO, Missouri, EUA), y se molieron en mortero con pistilo hasta obtener un polvo fino.

### **Preparación de extractos**

La preparación de los extractos se realizó con base en lo reportado por Mostafa *et al.* (2018), con algunas modificaciones, se tomó 1 g de muestra y se colocó en 75 mL de etanol acidificado con HCl 1N en una proporción volumétrica de 85:15, enseguida se sonificaron (ULTRASONIK, DENSTPLY, NEYTECH, EUA.) por 30 min. Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm por 30 min, procediendo a la filtración al vacío con filtros de 0.45  $\mu\text{m}$ . Los extractos se concentraron en un rotavapor (Rotavapor r-2, BUCHI, Zúrich, Suiza), y se resuspendieron en agua desionizada estéril. Se obtuvo una concentración de la hoja de 185 mg/mL de H<sub>2</sub>O.





### **Ensayo de actividad antibacteriana**

Los ensayos de actividad antibacteriana se realizaron según lo reportado por Torres *et al.* (2017). Para evaluar la actividad antimicrobiana se utilizó el método modificado de difusión en pocillos en agar Müeller Hinton. Los aislados de *S. agalactiae* y *S. aureus* fueron llevados a una concentración  $5 \times 10^8$  UFC y se adicionaron al medio. Los pocillos (6 mm de diámetro) se prepararon con ayuda de un sacabocado estéril, donde se depositó el extracto con carga de 0.92, 1.85, 2.77 y 3.70  $\mu\text{g}$ /pocillo. Luego de una incubación a 37 °C por 24 h se realizó la lectura de los halos de inhibición. Se utilizó como control positivo ciprofloxacino (200 mg/mL), siendo el agua estéril el control negativo. Para la medida de los halos de inhibición (mm) se empleó un vernier. Se realizó por triplicado el ensayo.

### **Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)**

La actividad antimicrobiana se determinó de acuerdo a Sun *et al.* (2020). La CMI se obtuvo utilizando el método estándar de microdilución en caldo. Se utilizaron placas de micro-título estériles de poliestireno con 96 pocillos en las que se colocaron alícuotas de 100  $\mu\text{L}$  de caldo Mueller-Hinton. Se añadieron los extractos ajustados a 185.0, 92.5, 46.2, 23.1, 11.5, 5.7, 2.8 y 1.4 mg/mL (50  $\mu\text{L}$  de cada uno). Como controles no tratados se colocaron 200  $\mu\text{L}$  de caldo. Se utilizaron los aislados *S. agalactiae* DI-22 y *S. aureus* AMC-9 ya que estos fueron los que presentaron los mayores halos de inhibición. Se añadieron 20  $\mu\text{L}$  de suspensión de *S. agalactiae* DI-22 ajustado a  $1 \times 10^7$  UFC/mL, y se incubaron a 37° C  $\pm$  2 durante 19 h. Después de la incubación, se agregaron 20  $\mu\text{L}$  de sal de tetrazolio MTT, se incubó 45 min a 37° C  $\pm$  2 y se registró la CMI, la cual se define como la concentración más baja de los extractos sin crecimiento bacteriano visible. Se añadieron 20  $\mu\text{L}$  de suspensión de *S. aureus* AMC-9 ajustado a  $1 \times 10^7$  UFC/mL, y se incubaron a 37° C  $\pm$  2 durante 19 h. Después de la incubación, se agregaron 20  $\mu\text{L}$  de sal de tetrazolio MTT, se incubó 45 min a 37° C  $\pm$  2 y se registró la CMI, la cual se define como la concentración más baja de los extractos sin crecimiento bacteriano visible. Se repitió el ensayo tres veces en fechas distintas. El periodo de realización de los presentes estudios comprendió de enero a junio del 2021.

### **Análisis estadístico**

Los resultados de cada experimento se reportaron con la media  $\pm$  la desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y las medias se separaron por la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), utilizando el software R Studio versión 1.4.1717.



## Resultados y Discusión

La actividad antibacteriana de los extractos de hoja frente a las cepas de *S. agalactiae* y *S. aureus* se observa en el Cuadro 1. Cabe destacar que, el extracto de follaje de *P. calyculatus* obtuvo los mayores halos de inhibición en todos los aislados con una cantidad de 3.70 µg. Los aislados de *S. aureus* AMC-23 y *S. agalactiae* TD-3 fueron los más susceptibles al antibiótico, en cambio los aislados más susceptibles a la muestra de *P. calyculatus* fueron *S. aureus* AMC-9 y *S. agalactiae* DI-22.

**Cuadro 1. Inhibición de bacterias asociadas a mastitis bovina por extracto de hoja de muérdago *P. calyculatus*.**

Aislado	Antibiótico	Extracto de hoja de <i>P. calyculatus</i>			
	4 µg	3.70 µg	2.77 µg	1.85 µg	0.92 µg
<i>S. aureus</i> AVC-5	18.12 ± 0.60 <sup>a</sup>	15.35 ± 0.64 <sup>b</sup>	12.08 ± 0.83 <sup>c</sup>	9.10 ± 0.40 <sup>d</sup>	5.05 ± 0.27 <sup>e</sup>
<i>S. aureus</i> AMC-9	24.11 ± 0.69 <sup>a</sup>	16.97 ± 0.63 <sup>b</sup>	13.40 ± 0.47 <sup>c</sup>	10.35 ± 1.04 <sup>d</sup>	7.55 ± 0.58 <sup>e</sup>
<i>S. aureus</i> AMC-38	24.33 ± 0.23 <sup>a</sup>	14.85 ± 0.49 <sup>b</sup>	11.30 ± 1.18 <sup>c</sup>	9.19 ± 1.33 <sup>d</sup>	6.58 ± 0.80 <sup>e</sup>
<i>S. aureus</i> ATCC-27	33.19 ± 1.12 <sup>a</sup>	12.58 ± 2.30 <sup>b</sup>	10.26 ± 1.74 <sup>b</sup>	8.32 ± 1.62 <sup>bc</sup>	4.43 ± 1.91 <sup>c</sup>
<i>S. aureus</i> AMC-23	35.51 ± 1.34 <sup>a</sup>	11.52 ± 1.45 <sup>b</sup>	9.20 ± 0.79 <sup>bc</sup>	7.79 ± 0.87 <sup>cd</sup>	5.92 ± 0.57 <sup>d</sup>
<i>S. agalactiae</i> DI-22	21.80 ± 0.32 <sup>a</sup>	16.24 ± 1.16 <sup>b</sup>	13.71 ± 0.35 <sup>c</sup>	11.26 ± 0.51 <sup>d</sup>	7.03 ± 0.94 <sup>e</sup>
<i>S. agalactiae</i> TI-5	25.15 ± 0.69 <sup>a</sup>	15.07 ± 0.45 <sup>b</sup>	12.75 ± 0.37 <sup>c</sup>	9.52 ± 0.39 <sup>d</sup>	6.23 ± 0.21 <sup>e</sup>
<i>S. agalactiae</i> TI-12	31.40 ± 0.67 <sup>a</sup>	15.67 ± 0.29 <sup>b</sup>	13.21 ± 0.29 <sup>c</sup>	9.38 ± 0.32 <sup>d</sup>	6.40 ± 0.27 <sup>e</sup>
<i>S. agalactiae</i> DI-2	25.01 ± 3.06 <sup>a</sup>	12.29 ± 1.34 <sup>b</sup>	10.28 ± 0.38 <sup>c</sup>	8.70 ± 0.59 <sup>c</sup>	6.31 ± 1.26 <sup>d</sup>
<i>S. agalactiae</i> TD-3	40.48 ± 6.26 <sup>a</sup>	11.54 ± 1.22 <sup>b</sup>	8.97 ± 1.91 <sup>bc</sup>	7.95 ± 2.66 <sup>bc</sup>	4.69 ± 1.68 <sup>c</sup>

Se presenta la media en mm ± desviación estándar, letras distintas indican diferencia estadística significativa en las filas. La separación de medias se realizó por pruebas de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Es importante mencionar que, según lo reportado por Alonso *et al.* (2011) el extracto de follaje de *P. calyculatus* no logró inhibir a *S. aureus* 3090014 (patógeno de humanos), contrario a lo encontrado en este trabajo. Baron (2019) reportó que el extracto etanólico de hoja de *H. novogalicianus* no presentó un halo de inhibición contra bacterias *S. aureus* (patógeno de humanos). Por otro lado, según Díaz *et al.* (2017), los extractos de hojas de *Morus alba* L. a una dosis de 100 µg mostraron un halo de inhibición contra *S. aureus* de 9.25 mm ± 0.46 y *S. agalactiae* de 9.38 mm ± 0.52, siendo una dosis 27 veces mayor que la utilizada en nuestro estudio (3.70 µg), además en este estudio se superó el diámetro de inhibición reportado.



El Cuadro 2 muestra la efectividad del extracto con relación al antibiótico utilizado. Respecto a la bacteria *S. aureus* la mayor efectividad del extracto fue obtenida con el aislado AVC-5, en contraste, la menor efectividad fue con AMC-23. De acuerdo a *S. agalactiae*, la mayor efectividad del extracto fue con el aislado DI-22, en cambio, la menor fue con TD-3. Es importante mencionar que en promedio el extracto obtuvo una efectividad contra los aislados de *S. aureus* y *S. agalactiae* de 58% y 53% respectivamente. Cabe mencionar que, la concentración del antibiótico fue mayor a la de los ingredientes activos presentes en el extracto, ya que las cantidades ensayadas fueron de tejido y no de ingrediente activo. Esto sugiere que, si en futuras investigaciones se ensayan dosis de ingredientes activos del extracto, su efectividad puede mejorar y acercarse o superar la del antibiótico.

**Cuadro 2. Porcentaje de efectividad del extracto etanólico de la hoja de muérdago *P. calyculatus* en relación al antibiótico ciprofloxacino.**

Aislado	Antibiótico 4 µg	Extracto de Hoja 3.70 µg
<i>S. aureus</i> AVC-5	100%	84.02%
<i>S. aureus</i> AMC-9	100%	70.71%
<i>S. aureus</i> AMC-38	100%	61.04%
<i>S. aureus</i> ATCC-27	100%	37.90%
<i>S. aureus</i> AMC-23	100%	32.44%
<i>S. agalactiae</i> DI-22	100%	74.50%
<i>S. agalactiae</i> TI-5	100%	59.92%
<i>S. agalactiae</i> TI-12	100%	49.90%
<i>S. agalactiae</i> DI-2	100%	49.14%
<i>S. agalactiae</i> TD-3	100%	28.51%

La CMI que presentó el extracto etanólico de las hojas de *P. calyculatus* contra los aislados *S. aureus* AMC-9 y *S. agalactiae* DI-22 fue de 2.89 mg/mL de H<sub>2</sub>O. Estudios previos de *S. aureus* han reportado que el extracto de hoja de *D. granadensis* inhibió la bacteria a 15 mg/mL (Salcedo *et al.*, 2019), siendo 5.19 veces mayor a la CMI de este estudio. Sin embargo, hasta donde se tiene conocimiento, no existen otras investigaciones de extractos de *P. calyculatus* contra *S. agalactiae*, por lo que no se puede hacer una comparación de resultados.



Los extractos vegetales para la obtención de metabolitos secundarios es de suma importancia en la innovación del área de la biotecnología agropecuaria, ya que los metabolitos secundarios de manera general se asocian con una inhibición en la actividad bacteriana (Vélez *et al.*, 2014).

## Conclusiones

- 1) El extracto etanólico de hoja de *P. calyculatus* posee actividad antibacteriana frente a los aislados *S. agalactiae* y *S. aureus* asociados a mastitis bovina.
- 2) Los aislados tuvieron una respuesta diferencial al extracto de hoja de muérdago.
- 3) Esta investigación podrá ser utilizada como base inicial para próximas investigaciones, y así poder tener una referencia sobre la efectividad que poseen los metabolitos secundarios extraídos del follaje de *P. calyculatus* de inhibir el crecimiento de bacterias y tal vez el crecimiento de hongos fitopatógenos.

## Agradecimientos

Agradezco al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán, del Instituto Politécnico Nacional, por facilitar sus instalaciones y el uso de los equipos para la realización de la presente investigación.

## Literatura Citada

- Alonso, A. J., M. R. Jacobo, L. A. Salazar, C. Carranza, L. A. González, F. Domínguez *et al.* 2011. Antimicrobial and Cytotoxic effects of Mexican Medicinal Plants. NPC 6(12): 1925-1928.
- Baron, M.G. 2019. Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de *Hemiphylacus novogalicianus*. Tesis de Maestría. Facultad de farmacia. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, Cuernavaca, México. 11 p.



- Díaz Solares, M., Y. L. Morales, L. F. Carballo and I. C. Cabrera. 2017. Evaluation of the antimicrobial activity of fresh extracts of *Morus alba* L. *Pastos y forrajes* 40(1): 43–48.
- Mera, R., M. Muñoz, J. R. Artieda, P. Ortiz, R. González y V. Vega. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET* 18(11): 1695-7504.
- Mostafa, A. A., A. A. Al-Askar, K. S. Almaary, T. M. Dawoud, E. N. Sholkamy and M. M. Bakri. 2018. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25(2): 361–366.
- Muñoz, J., V. M. Coria, M. A. Bello, M. A. Cortes, L. F. Guzmán y R. G. Coria. 2018. Estudio de susceptibilidad de variedades de aguacate al ataque de muérdagos en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(8): 1715-1725.
- Ocares, M. A. 2012. Acción antimicrobiana de extractos crudos de especies de plantas nativas sobre *E. coli* y *Salmonella* spp. Tesis de Ingeniería. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Los Ríos, Valdivia, Chile. 5 p.
- Pacheco, D., A. Cruz y G. Moreno. 2013. Resistencia de las bacterias causantes de mastitis bovina frente a los antibióticos más frecuentes. *Conexión Agropecuaria* 3(1): 53-73.
- Salcedo, D., J. Campos, D. Corzo y F. Correa. 2019. Evaluación de la capacidad bactericida de extractos vegetales de distinta polaridad de *Drimys granadensis*. *Revista peruana de Biología* 26(1): 135–142.
- Sun, X. H., L. R. Hao, Q. C. Xie, W. Q. Lan, Y. Zhao, Y. J. Pan *et al.* 2020. Antimicrobial effects and membrane damage mechanism of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) extract against *Vibrio parahaemolyticus*. *Food Control* 111:107020.
- Torres, J., J. León y G. Tomas. 2017. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de hojas de *Luma chequen* (Molina) A. Gray “arrayán” frente a patógenos de origen clínico. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología* 37(1): 10–16.
- Vélez, M., R. Campos y H. Sánchez. 2014. Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17:489-499.



# BIOCONTROL CON BACTERIAS Y BACTERIÓFAGOS DE LA MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas vesicatoria*) DE CHILE EN INVERNADERO

Jorge Daniel Payan Almanza<sup>1</sup>, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar<sup>1</sup>, Melchor Arellano Plaza<sup>2</sup> y Gabriel Rincón Enríquez<sup>1\*</sup>

## Resumen

El cultivo de chile es una actividad económica importante en México, no obstante, tiene algunas limitantes importantes para su producción. Las enfermedades de origen bacteriano, como la mancha bacteriana causan pérdidas importantes en su rendimiento aunado al hecho de que el control de esta enfermedad (*Xanthomonas* spp.) se ha dificultado debido al mal uso del control químico y a la alta variabilidad patogénica del agente causal. Sin embargo, existen otras alternativas con gran potencial, como el control biológico con microorganismos benéficos y bacteriófagos. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad biológica de bacteriófagos líticos (ØXaF18 y ØXaF13) y bacterias benéficas (Serenade<sup>®</sup> Max y Fungifree AB<sup>®</sup>) para el control de la mancha bacteriana (BV801 de *Xanthomonas vesicatoria*) en plantas de chile poblano bajo condiciones de invernadero. Se estableció un experimento en completamente al azar con 12 tratamientos con 8 repeticiones. Se evaluaron las variables de respuesta: hojas defoliadas y una escala cualitativa de severidad de la enfermedad. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las dos variables de respuesta, destacando el tratamiento Serenade<sup>®</sup> Max con una disminución de la defoliación de un 49.3% (LSD,  $\alpha \leq 0.05$ ), mientras que su adición a ØXaF18 y ØXaF13 lograron reducir la defoliación 41.5% y 42.5 respectivamente. Así mismo la adición de Serenade<sup>®</sup> Max a cualquiera de los dos bacteriófagos redujo la severidad (Kruskal-Wallis,  $\alpha \leq 0.05$ ), manteniendo un valor de 1 en la escala de severidad, respecto al control enfermo con una mediana de 3, correspondiente a un valor de daño severo en la escala cualitativa de severidad. Estos resultados muestran que pueden combinarse las estrategias de control biológico mediante

<sup>1</sup> Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal. \* grincon@ciatej.mx

<sup>2</sup> Biotecnología Industrial, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco, Unidad Zapopan. Camino Arenero 1227, El Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco.



distintos agentes de control biológico para hacer un manejo integral fitosanitario de la mancha bacteriana en el cultivo de chile.

**Palabras clave:** bacterias benéficas, defoliación foliar, manejo integral

## Introducción

En la actualidad gran cantidad de cultivos se ven amenazados por diversos problemas entre los que destacan las enfermedades y sus agentes causales. Un ejemplo es el cultivo de chile (*Capsicum annuum*); cultivo de gran importancia económica y cultural en México que se ve amenazado por una gran cantidad de factores bióticos. Se estima que en años recientes se sembraron más de 157 mil ha, con una producción de alrededor de 3.3 millones de toneladas y un valor estimado de 30 mil millones de pesos (SIAP, 2018), lo que demuestra su valor económico dentro de la producción agrícola nacional. No obstante, esta generación de riqueza se ve afectado de manera negativa por enfermedades como la mancha bacteriana, enfermedad bacteriana causada por el género *Xanthomonas*, que afecta principalmente a solanáceas, causando daño en varias regiones importantes de producción en México (López *et al.*, 2016). Los síntomas de esta enfermedad se caracterizan por lesiones necróticas en hojas, tallos y frutos (Dutta *et al.*, 2013). En casos severos, los tejidos en el centro de la mancha se tornan secos y se caen, adicionalmente si existen hojas con numerosos puntos necróticos, pueden darse la absición y provocar defoliación de la planta, lo que disminuye el rendimiento del cultivo (Pernezny *et al.*, 2003). Algunos de los mayores problemas en el control de la mancha bacteriana radican en su alta variabilidad patogénica, a la ineficiencia del control químico y a la resistencia que estas bacterias fitopatógenas ha generado sobre los antibióticos agrícolas (Areas *et al.*, 2017). Por otra parte, se ha demostrado cierta efectividad en el control biológico de *Xanthomonas*, que incluye el uso de microorganismos con potencial antagónico, compuestos bioactivos obtenidos mediante extractos de plantas, extractos de microorganismos y de bacteriófagos líticos. Estos últimos, también conocidos como fagos, son virus presentes de manera natural en la biósfera, capaces de atacar células bacterianas, replicarse en su hospedero y no causar daño a células eucariotas (Jones *et al.*, 2007), entre



sus ventajas como control biológico se encuentra; la especificidad sobre el hospedero, la simplicidad en la aplicación, la rentabilidad de su uso y la posibilidad de aplicarse en combinación con otros tratamientos (Frampton *et al.*, 2012). Un caso comercial de éxito del uso de bacteriófagos es el producto AgriPhage™, que contiene una mezcla de fagos específicos para *X. vesicatoria*, el cual demostró reducir hasta 62% de las lesiones causadas a plantas de tomate (Balogh *et al.*, 2003). Sin embargo, en México no se produce ni comercializa ningún producto a base de fagos para el control de *Xanthomonas* ni de ninguna otra bacteria fitopatógena. Por esta razón el objetivo de este trabajo fue evaluar bacteriófagos en combinación con cepas bacterianas benéficas para el control biológico de la mancha bacteriana en plantas de chile bajo condiciones de invernadero y de esta manera corroborar un efecto sinérgico en la efectividad biológica de ambos agentes de control (bacteriófago y bacteria benéfica) respecto al uso de estos tratamientos de manera individual.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización y material vegetal**

El experimento fue realizado en un invernadero de polietileno, dentro de las instalaciones del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco (CIATEJ) (Latitud 20°42'13"; Longitud 103°28'17") durante el periodo junio-julio de 2021. El material vegetal utilizado consistió en semillas de chile poblano variedad "San Luis", las cuales se sembraron en charolas de germinación con sustrato previamente esterilizado (120°C, 1.05 kg/cm<sup>2</sup>, 6 h), compuesto por: 60% suelo agrícola, 30% de arena y 10% de agropelita. Cuando las plántulas presentaron dos hojas verdaderas se trasplantaron en contenedores de 3 L, con 3 kg del mismo sustrato. La aplicación de tratamientos se realizó a los 50 días después del trasplante (DDT).

### **Material biológico**

Se utilizó la cepa BV801 de *Xanthomonas vesicatoria* (Xv), obtenida del Laboratorio de Fitopatología de la unidad de Biotecnología Vegetal de CIATEJ. Los bacteriófagos evaluados corresponden a los fagos líticos ØXaF18 y ØXaF13 asociados a cepas de Xv contenidos en una formulación fotoprotectora (F4) bajo solicitud de patente realizada por Ibarra (2019). Respecto a los productos de control biológico a base de bacterias benéficas se utilizaron:





Serenade® Max a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713 y Fungifree AB®, formulado con esporas de *Bacillus subtilis* cepa 83.

### **Inoculación del material vegetal y aplicación de tratamientos**

La cepa BV801 fue cultivada 24 h previas a la inoculación, en medio NYG líquido (0.3% de extracto de levadura, 0.5% peptona, 2.0% glicerol), cumplido el tiempo se realizó un lavado bacteriano mediante centrifugación a 10000 rpm durante 15 min, donde se resuspendió la pastilla bacteriana en un buffer de fosfatos de potasio ( $K_2HPO_4$ - $KH_2PO_4$ ) y este procedimiento se realizó en tres ocasiones, por último, se ajustó su concentración a  $10^8$  UFC/mL, mediante densidad óptica (OD). La infección de las plantas se realizó por aspersión manual, rociando la solución bacteriana en todo el follaje, cubriendo el haz y envés de cada hoja con 6 mL de inóculo en total. Posteriormente las plantas se colocaron bajo condiciones de humedad relativa altas (60-100%) mediante nebulizadores para favorecer la penetración bacteriana en el tejido por 96 h. La aplicación de los tratamientos de control biológico (virales y bacterianos) se realizó 24 h antes de la inoculación bacteriana (bacteria fitopatógena) para contemplar un posible efecto preventivo y residual, que consistió en 12 diferentes tratamientos (Cuadro 1). Los bacteriófagos fueron preparados en una concentración  $1 \times 10^8$  UFP/mL, mientras que Serenade® Max y Fungifree AB® a las concentraciones recomendadas por el fabricante. Adicionalmente se probaron estos productos en combinación con los formulados virales, para evaluar los efectos de su aplicación simultánea, puesto que se sabe los fagos pueden ser utilizados en combinación con distintos tratamientos y aumentar su efectividad biológica (Frampton *et al.*, 2012). Como referencia de un tratamiento de control no biológico se aplicó Kasumin®, fungicida-bactericida cuyo ingrediente activo es la kasugamicina, en las dosis recomendadas por el fabricante. Como tratamiento testigo, sin la presencia del fago o bacterias de control biológico, se aplicó el medio de cultivo NYG filtrado, es decir, se obtuvo a partir del crecimiento de *Xv* filtrando a la bacteria con membrana de  $0.22 \mu m$  para simular el medio natural en el que vienen contenidos los tratamientos virales o bacterianos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 8 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental se constituyó de una maceta con una planta de chile.



**Cuadro 1. Descripción del diseño de tratamientos empleado para determinar el efecto del control biológico usando bacteriófagos y bacterias benéficas.**

Producto comercial	Bacteriófago	Clave	Tratamiento
<b>INOCULADAS con la cepa BV801 de <i>X. vesicatoria</i></b>			
Serenade®Max	ØXaF18	Se.F18	1
	ØXaF13	Se.F13	2
	Sin fago	Se.SinF	3
Fungifree®AB	ØXaF18	Fu.F18	4
	ØXaF13	Fu.F13	5
	Sin fago	Fu.SinF	6
Sin producto	ØXaF18	SinP.F18	7
	ØXaF13	SinP.F13	8
	Sin fago	SinP.SinF + 801 (Enfermo)	9
Sin producto	Sin fago + Kasumin®	Antibiótico	10
<b>SIN INOCULAR con la cepa BV801 de <i>X. vesicatoria</i></b>			
Sin producto	Sin fago + Kasumin®	Antibiótico (Testigo químico)	11
Sin producto	Sin fago	SinP.SinF-801 (Sano)	12

### **Variables de respuesta y análisis estadístico**

Para estimar el efecto de los tratamientos sobre el control biológico de la mancha bacteriana en plantas de chile, se tomaron como variables de respuesta: número de hojas defoliadas y una escala cualitativa de severidad de la enfermedad. Estas variables fueron evaluadas a los 20 días después de la inoculación con *Xv*. Para determinar el nivel de daño en la planta se realizó un registro de la sintomatología visible de la mancha bacteriana con una escala ordinal de severidad con valores de 0 a 3; donde 0 corresponde a una planta sana, el 1 a una planta con daños leves, 2 a una planta con daños moderados y el 3 a una planta con daños severos de la mancha bacteriana. Los resultados de las variables cuantitativas fueron analizados mediante un ANAVA y prueba múltiple con comparación de medias de Fisher-LSD con nivel de significancia del 5% ( $\alpha \leq 0.05$ ), mientras que los resultados de la escala ordinal de severidad fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ( $\alpha \leq 0.05$ ) e intervalos de confianza al 95% de la mediana. Estos análisis estadísticos se realizaron empleando el programa estadístico Statgraphics Centurion V 18.1 (2019).



## Resultados y Discusión

### Presencia del agente causal de la mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*)

Se corroboró la presencia del agente causal de la mancha bacteriana en plantas de Chile con base en la identificación visual de los signos más evidentes de infección, a los 20 días después de la inoculación de la cepa BV801 de *X. vesicatoria*; se notaron los síntomas siguientes: defoliación o abscisión foliar y la presencia de manchas necróticas y húmedas de forma circular en hojas, signos característicos de la mancha bacteriana (Figura 1).



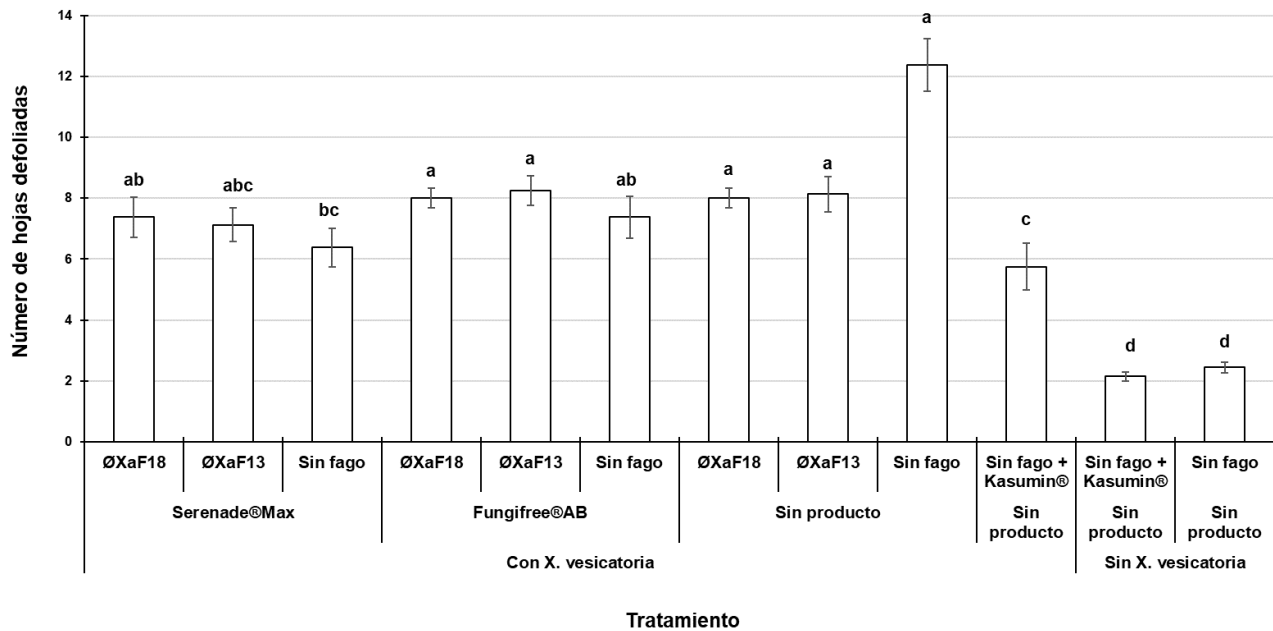
**Figura 1. Manchas cloróticas y necróticas provocadas por la cepa BV801 de *Xanthomonas vesicatoria* en hojas de Chile poblano variedad “San Luis” a los 20 días después de la inoculación en condiciones de invernadero.**

### Control biológico de la mancha bacteriana en el cultivo de Chile según la defoliación en condiciones de invernadero

El efecto de los tratamientos sobre el control biológico de la mancha bacteriana fue diverso. Se observó que el control enfermo (T10) obtuvo el valor más alto de defoliación con una media de 12.37 hojas defoliadas, mientras que los tratamientos control químico (T11) y control sano (T12) obtuvieron medias de 2.14 y 2.44 hojas respectivamente, esto debido posiblemente a una abscisión natural por envejecimiento de las primeras hojas verdaderas (Figura 2). El tratamiento Serenade® Max en adición con  $\emptyset$ XaF18 y  $\emptyset$ XaF13 logró reducir la defoliación 41.5% y 42.5% respectivamente, no obstante, su aplicación sin la presencia de fagos obtuvo



una media de 6.37 hojas defoliadas, lo que representa una reducción del 49.3% respecto al control enfermo. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de ØXaF18 y ØXaF13 aplicados de manera individual o en combinación con Fungifree®AB y el control enfermo, a excepción de Fungifree®AB aplicado de manera individual, pues logró obtener una media de 7.37 hojas defoliadas, lo que representa una disminución del 41.5% respecto al control (Figura 2). Aunque la mayoría de los tratamientos lograron reducir de manera significativa la defoliación causada por la mancha bacteriana, estos resultados muestran poco efecto de acción sinérgica de los bacteriófagos con las bacterias benéficas para esta variable de respuesta, pues en ningún caso se vió mejorada la aplicación simultánea de los agentes de control biológico.



**Figura 2. Efecto de la aplicación de bacteriófagos y bacterias benéficas sobre el control biológico de la mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*) según la defoliación de hojas de plantas de chile (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero al final del experimento durante la época primavera-verano en Zapopan, Jalisco. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Fisher LSD ( $p \leq 0.05$ ). Las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar.**

Hasta el momento en la literatura científica hay poca información similar al experimento aquí realizado, pues la mayoría de los estudios realizados han ido encaminados al estudio de la aplicación conjunta de bacteriófagos con productos cúpricos, ácidos grasos y antibióticos como



la estreptomicina (Papaianni *et al.*, 2019). Sin embargo, es importante tener en cuenta el complicado sistema fago-fitopatógeno-planta, que mantiene características únicas y requiere la optimización del control biológico empleando el bacteriófago ahora aunado a la adición de un agente de control biológico a base de bacterias benéficas.

### **Disminución de la severidad de la mancha bacteriana en el cultivo de chile en condiciones de invernadero**

La escala de severidad evidenció la presencia de distintos grados de daño en la planta provocados por la mancha bacteriana, relacionados a la defoliación, presencia de manchas cloróticas y desarrollo de planta (Figura 3).

Para esta variable de respuesta también se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a los diferentes tratamientos; el tratamiento control enfermo (T9) mostró tener el nivel más alto de daño, con una mediana de 3, lo que representa un daño severo, respecto al control sano (T12) con un valor solo de 0.

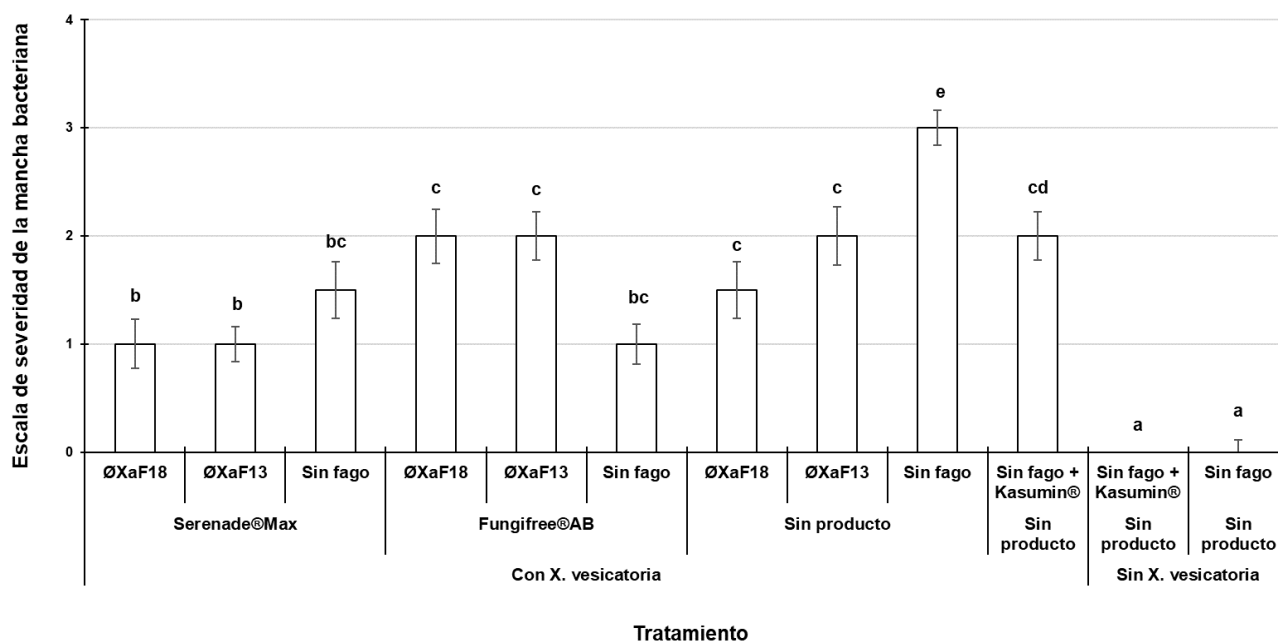


**Figura 3. Nivel de daño según la escala de severidad de la mancha bacteriana en plantas de chile bajo condiciones de invernadero: 0 = planta sana, 1 = planta con daños leves, 2 = planta con daños moderados, 3 = planta con daños severos.**

Sin embargo, a diferencia del número de hojas defoliadas, para esta variable se observó que el tratamiento Serenade® Max mostró un sinergismo significativo por la adición de los fagos



ØXaF18 o ØXaF13, donde se obtuvo una mediana de 1 en la escala de severidad para los dos casos, mientras en el tratamiento de Serenade® Max sin fagos, se obtuvo una mediana de 1.5 (Figura 4).



**Figura 4. Control biológico de la mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*) por efecto de la aplicación de bacteriófagos y bacterias benéficas en plantas de chile (*Capsicum annum*) bajo condiciones de invernadero al final del experimento durante la época primavera-verano en Zapopan, Jalisco. Letras distintas indican diferencias significativas según el intervalo de confianza de la mediana ( $p \leq 0.05$ ). El valor superior es la mediana y las barras en cada rectángulo indican  $\pm$  el error estándar.**

De manera similar a los efectos observados en la variable anterior, no se encontraron diferencias significativas entre ØXaF18 y ØXaF13 aplicados de manera individual o en combinación con Fungifree®AB, a excepción de este último sin la presencia de los fagos, pues logró obtener una mediana de 1 en la escala de severidad. No obstante, todos los tratamientos bacteriófagos-bacterias benéficas demostraron una reducción significativa de la severidad respecto al control enfermo y el tratamiento no biológico (Kasumin®). Un experimento similar fue realizado por Šević *et al.* (2019) quienes buscaron integrar métodos de control convencional con métodos de control biológico en el control de la mancha bacteriana en chile bajo condiciones de campo, donde evaluaron ASM (Acibenzolar-S-metil), el fago KΦ1 y Serenade®, así como sus combinaciones, reportando que la combinación de estos tres fue la



más efectiva, pues resultó en una efectividad del 87% en la reducción de la mancha bacteriana respecto al tratamiento sin agente de control. Por lo cual el uso de bacterias benéficas (Serenade®) en combinación con bacteriófagos puede ser propuesto para el control integral de la mancha bacteriana en el cultivo del chile.

## Conclusiones

Este trabajo es uno de los pocos experimentos reportados sobre la evaluación de la combinación de productos de control biológico a base de cepas bacterianas benéficas en combinación con bacteriófagos líticos. El efecto de la combinación de tratamientos es variable, no obstante, no refleja una limitación marcada de un agente de control biológico sobre el otro, lo que indica baja probabilidad de competencia o inhibición. Todos los tratamientos con Serenade®-bacteriófago tuvieron un efecto positivo sobre la reducción de la defoliación y severidad de la mancha bacteriana respecto al control enfermo. Se requieren estudios para tener mayores evidencias experimentales que posibiliten el uso combinado de estos agentes de control biológico para reducir el daño de microorganismos fitopatógenos.

## Agradecimientos

J. D. Payan-Almanza agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para sus estudios de maestría (CVU 1063685). Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ y el proyecto PLANTEC 2021.

## Literatura Citada

Areas, M., R. Gonçalves, J. Soman, R. Souza, R. Filho-Gioria, T. Da Silva *et al.* 2018. Resistance of *Xanthomonas euvesicatoria* strains from Brazilian pepper to copper and zinc sulfates. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90(2):2375-2380.



- 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 Diseases* 87:949-954.
- Dutta, B., R. Gitaitis, H. Sanders, C. Booth, S. Smith and D. B. Langston. 2014. Role of blossom colonization in pepper seed infestation by *Xanthomonas euvesicatoria*. *Phytopathology* 104(3):232-239.
- Frampton, R. A., A. R. Pitman and P. C. Fineran 2012. Advances in bacteriophage mediated control of plant pathogens. *International Journal of Microbiology* 326452.
- Ibarra, R. G. 2019. Control biológico de la mancha bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*) en el cultivo de chile mediante bacteriófagos formulados. Tesis para obtener el grado de maestría en Ciencias de la Innovación Biotecnológica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco A.C. Zapopan, Jalisco. 151 p.
- Papaianni, M., A. Ricciardelli, A. Casillo, M. M. Corsaro, F. Borbone, B. D. Ventura *et al.* 2020. The union is strength: the synergic action of long fatty acids and a bacteriophage against *Xanthomonas campestris* biofilm. *Microorganisms*. 9(1):60.
- Pernezny, K., P. D. Roberts, J. F. Murphy and N. P. Goldberg. 2009. American Phytopathological Society. Compendium of pepper diseases. St. Paul, Minnesota: Aps Press.
- Šević, M., K. Gašić, M. Ignjatov, M. Mijatović, A. Prokić and A. Obradović. 2019. Integration of biological and conventional treatments in control of pepper bacterial spot. *Crop Protection*. 119:46-51.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Producción nacional de chile verde. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>





# MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* DE CAÑA DE AZÚCAR CON NANOTUBOS DE CARBONO EN INMERSIÓN TEMPORAL

Montserrat Sorcia Morales<sup>1</sup>, María del Rosario Moreno Hernández<sup>1</sup>, Jonathan González Hernández<sup>2</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>3\*</sup>

## Resumen

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia económica en México, operando 50 ingenios azucareros alrededor de 15 estados de la república, posicionándose en el octavo lugar a nivel mundial en producción de azúcar y caña molida. El cultivo de tejidos vegetales, ayuda a rejuvenecer y obtener plantas saneadas mejorando su calidad, sin embargo, el uso de otras tecnologías como es la nanotecnología, podría potencializar la producción de plantas. La nanotecnología es importante para la elaboración y manipulación de materiales a escala (1 a 100 nm) que se pueden utilizar en la agricultura para mejorar la calidad y desarrollo de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM) en la multiplicación *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290). Se emplearon biorreactores de inmersión temporal con capacidad de 1000 mL, se aforaron a 500 mL de medio de cultivo y se esterilizaron a 120°C por 20 minutos. Los NTCPM fueron administrados al medio de cultivo líquido, utilizando diferentes concentraciones (0, 50, 100, 200 mg/L). A los 30 días, se evaluaron variables de desarrollo, incluyendo, número de brotes por explante, longitud del brote, hojas por brote y porcentaje de materia seca. Los resultados mostraron que los mejores parámetros de desarrollo fueron, 38.33 y 37.93 brotes por explante en las concentraciones 100 y 200 mg/L NTCPM, para longitud de brote la mayor altura fue 8.61 cm en la concentración de 200 mg/L NTCPM, para el número de hojas por brote los mayores contenidos fueron en 100 y 200 mg/L NTCPM con 4.6 y 5.06, respectivamente, así como el mayor porcentaje de materia seca con 7.31 y 7.44% en las concentraciones 100 y 200 mg/L NTCPM. En conclusión, los nanotubos de carbono pueden potencializar la

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba Veracruz, km 348. C.P. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Cuitláhuac, Veracruz, México

<sup>3</sup> CONACyT-Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Autor de correspondencia\* e-mail: jericobello@gmail.com



multiplicación *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290), en biorreactores de inmersión temporal.

**Palabras clave:** desarrollo, concentraciones, potencializa

## Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo de la familia de las Poaceae que crecen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Bigott *et al.*, 2019). Es uno de los cultivos comerciales más importantes principalmente por la obtención de sacarosa. Además de obtener más de 200 productos, coproductos, subproductos y derivados (Rivero *et al.*, 2020; Zan *et al.*, 2020). México se posicionó en el 8vo lugar a nivel mundial en producción de azúcar y caña molida lo que genera un motor económico y de desarrollo, durante la zafra 2019/2020 (CONADESUCA, 2020). Sin embargo, se sigue enfrentando a problemáticas como es su método de reproducción convencional de caña de azúcar, implica la plantación de esquejes de tallo de caña aproximadamente de 8 a 12 meses de edad cultivada para tomarlos como semilla de caña (Getnet, 2017), sin embargo, aunque es simple y rentable, esta técnica no asegura el saneamiento y rejuvenecimiento de las variedades seleccionadas en el campo (Bello-Bello *et al.*, 2018). Las técnicas biotecnológicas son una alternativa para obtener plantas libres de plagas y enfermedades, además de la conservación de los recursos fitogenéticos, preservar la variabilidad genética de las poblaciones (Bello-Bello *et al.*, 2014). El cultivo de tejidos vegetales (CTV) es una herramienta de la biotecnología importante en la ciencia básica y la aplicación comercial, puesto que es utilizada para la conservación, manipulación, saneamiento y propagación de células, tejidos, órganos, bajo condiciones *in vitro* de plantas comestibles, medicinales y ornamentales (Thorpe, 2007; Efferth, 2019). Una alternativa para obtener un gran volumen de plantas a escala y en menor tiempo, es el uso de técnicas como la micropropagación, la cual nos garantiza plantas asépticas para el uso comercial, a partir de un fragmento (explante) de una planta madre, se obtiene una descendencia uniforme, con plantas genéticamente idénticas, denominadas clones (Castillo, 2004). A pesar de los beneficios de la micropropagación convencional en medios semisólidos, también implica altos costos de



producción causados principalmente por la mano de obra, el uso de agentes gelificantes y la falta de automatización (Estrada-Martínez *et al.*, 2019). El uso de medio líquido durante la micropropagación, se considera la solución ideal para reducir los costos de producción e introducir la automatización (San José *et al.*, 2020). La frecuencia y duración de la inmersión, el volumen del medio líquido, el número de explantes, la aireación y la ventilación forzada son factores críticos para optimizar la técnica de micropropagación (Bello-Bello *et al.*, 2019). Es por esto que se opta por usar sistemas semi automatizados para minimizar los costos de producción, aumentar las tasas de multiplicación y reducir la cantidad de manipulación, entre estos sistemas se encuentran los sistemas de inmersión temporal (SIT). La multiplicación *in vitro* se ha buscado potencializarla con el uso de nuevas tecnologías como lo es la nanotecnología que ha traído grandes avances tecnológicos-científicos beneficiando a distintos sectores entre los cuales se encuentra el sector de la agricultura, beneficiándola en la detección de patógenos, mejorando a los cultivos con la absorción de agua y nutrientes. La nanotecnología se encarga de la manipulación controlada estudiando materiales con escalas en un rango de 1 a 100 nanómetros (McNeil, 2005; Bhushan, 2017), entre estos nanomateriales encontramos a los nanotubos de carbono. Los nanotubos de carbono se clasifican en dos tipos, uno es de pared simple que están compuestos por una hoja enrollada de grafeno, mientras que los nanotubos de carbono de paredes múltiples están compuestos por varias hojas de grafeno enrolladas en cilindros (Ahmad y Silva, 2020; Paramo *et al.*, 2020). Se ha descrito que los nanotubos de carbono pueden penetrar en las capas más duras de las semillas creando nuevos poros, en las plántulas han producido resultados positivos en el desarrollo de las plantas, así como alargamiento de raíces y brotes durante el crecimiento temprano (Mittal *et al.*, 2019; Majeed *et al.*, 2020). Es por eso que este trabajo tiene como objetivo evaluar el uso de nanotubos de carbono en la multiplicación *in vitro* de caña de azúcar.

## **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, el cual tiene certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado: 01-016-2/COLPOS/2021). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). Dicho trabajo se realizó durante el periodo comprendido de agosto 2020 a mayo 2021

### **Nanotubos de carbono (NTC)**

Se utilizaron nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM), (CAS: 308068-56-6) (Sigma-Aldrich® Chemical Company, MO, USA).

### **Establecimiento y multiplicación de explantes caña de azúcar *in vitro***

En una campana de flujo laminar los ápices se redujeron a 1.5 cm, posteriormente, los explantes se colocaron individualmente en tubos de ensayo que contenían 10 mL de medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 30 g/L de sacarosa sin reguladores de crecimiento. El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8, se añadió 0.25% (w/v) Phytigel™ (Sigma-Aldrich®) como agente gelificante y se esterilizó en la autoclave durante 15 min a 120 °C y 115 kPa. Los explantes se incubaron a  $24 \pm 2$  °C, bajo irradiancia de  $40 \pm 5$   $\mu\text{mol/ms}$  y un fotoperiodo de 16 h de luz. Después de una semana de cultivo, los ápices se transfirieron para la fase de multiplicación a medio MS suplementado con 30 g/L sacarosa, 1 mg/L kinetina (KIN), 0.6 mg/L Ácido indolacético (AIA) y 0.6 mg/L Bencilaminopurina (BAP). Todos los reactivos fueron Sigma-Aldrich®.

### **Aplicación de nanotubos de carbono en cultivos *in vitro***

Para la multiplicación *in vitro* se utilizó medio líquido MS de multiplicación. Los nanotubos de carbono fueron administrados al medio de cultivo líquido en diferentes concentraciones (0, 50, 100, 200 mg/L). Se emplearon biorreactores de inmersión temporal con capacidad de 1000 mL, se aforaron a 500 mL de medio de cultivo y se esterilizaron a 120 °C por 20 minutos. Se utilizaron 10 explantes por frasco los cuales se cortaron de dos brotes fusionados de la base con longitud de 2 cm. El tiempo de inmersión fue de 2 min cada 8 h. Las condiciones de incubación fueron las mismas descritas anteriormente. A los 30 días, se evaluaron variables de desarrollo, incluyendo número de brotes por explante, longitud del brote, hojas por brote, y porcentaje de materia seca.



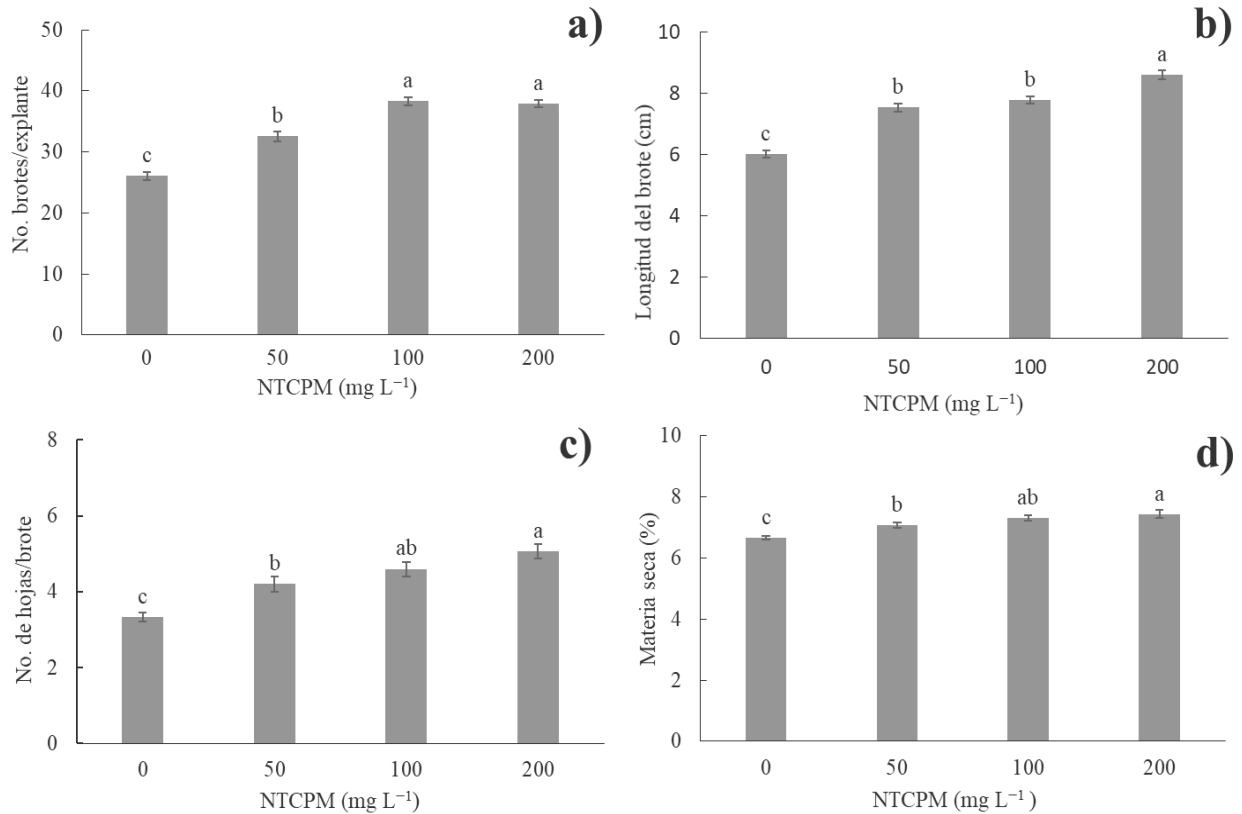
### ***Diseño experimental y análisis estadístico***

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el software estadístico IBM SPSS® (versión. 22 para Windows).

### **Resultados y Discusión**

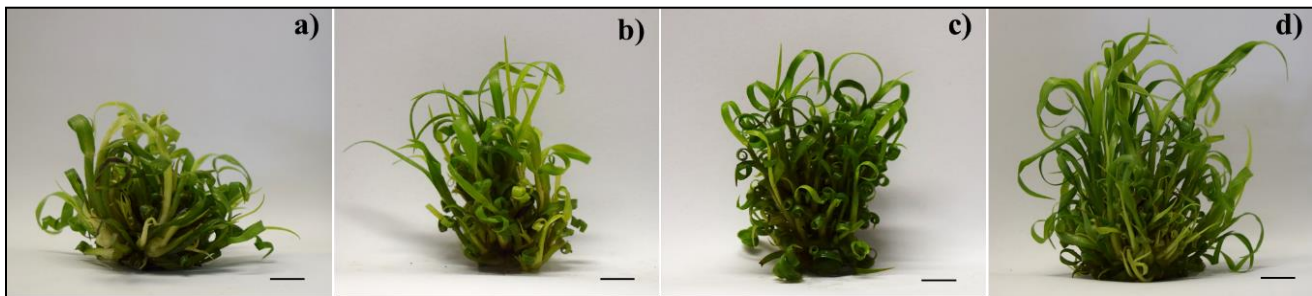
La administración de diferentes concentraciones de nanotubos de carbono de pared múltiple tuvo un efecto contrastante sobre el número de brotes por explante, longitud de brote, número de hojas por brote y porcentaje de materia seca (Figura 1). La mayor cantidad de brotes se obtuvo en las concentraciones de 100 y 200 mg/L NTCPM, con 38.33 y 37.93 brotes por explante, respectivamente; mientras que, la menor cantidad de brotes se observó en el tratamiento control, con 26.06 brotes por explante (Figura 1a). Respecto a la longitud de brote, la mayor altura de brotes se observó en el tratamiento con 200 mg/L NTCPM, con 8.61 cm de longitud; mientras que la menor longitud se observó en el tratamiento control, con 6.01 cm de altura (Figura 1b). La mayor cantidad de hojas por brote se observó en las concentraciones de 100 y 200 mg/L NTCPM, con 4.6 y 5.06, respectivamente; mientras que, la menor cantidad de hojas se obtuvo en el tratamiento control, con 3.33 de hojas por brote (Figura 1c). Por otra parte, para el porcentaje de materia seca, el mayor contenido de materia seca se observó en los tratamientos con 100 y 200 mg/L NTCPM, con 7.31 y 7.44% de materia seca, respectivamente; mientras que, el menor contenido se observó en el tratamiento control, con 6.65% de materia seca (Figura 1d).

El incremento en la tasa de multiplicación, longitud de brote y número de hojas a concentraciones de 100 y 200 mg/L de NTCPM podría deberse a una mayor absorción de nutrimentos y compuestos orgánicos como la sacarosa, reguladores del crecimiento, vitaminas, entre otros.



**Figura 1. Efecto de los nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM) en el desarrollo de brotes de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290) cultivadas *in vitro* en inmersión temporal. a) brotes por explante, b) longitud de brote, c) hojas por brote y d) materia seca. Los valores representan la media  $\pm$  ES (error estándar). Medias con diferente letra, son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).**

En la figura 2 se observa el efecto de diferentes concentraciones de NTCPM en el desarrollo de brotes *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290).



**Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de NTCPM en el desarrollo de brotes *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290) a los 30 días en inmersión temporal; a-d) 0, 50, 100, y 200 mg/L de NTCPM, respectivamente. Barra = 1 cm**



Resultados similares se obtuvieron en la concentración de 200 mg/L de NTCPM, , como es el caso de Pandey *et al.* (2018) que en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pasto varilla (*Panicum virgatum*) *in vitro* lograron aumentar el porcentaje de germinación y longitud del brote; Seddighinia *et al.* (2020) en melón amargo (*Momordica charantia*) obtuvieron un mayor desarrollo en longitud de brote y raíz, contenido de biomasa fresca y seca durante la germinación. De manera similar, Samadi *et al.* (2020) en tomillo (*Thymus daenensis* celak) *in vitro* reportaron aumento en el peso fresco y seco de los tallos mientras que su altura fue tres veces mayor que el control en plántulas desarrolladas con 250 µg/mL de NTCPM.

En este estudio, el incremento en el peso seco se presentó como respuesta al incremento de la concentración de NTCPM adicionados al medio de cultivo, probablemente se debe a una mayor acumulación de compuestos orgánicos e inorgánicos que son transportados en los tejidos por los NTCPM.

La mayor fuente de carbono fue suministrada en forma de sacarosa y otros compuestos orgánicos en el medio de cultivo MS (glicina, mioinositol, ácido nicotínico, piridoxina, tiamina), reguladores de crecimiento KIN, AIA, BAP y por el contenido de C de los tratamientos con NTCPM.

## Conclusiones

1. Los nanotubos de carbono tuvieron un efecto sobre el desarrollo *in vitro* de explantes de caña de azúcar. Las concentraciones de 100 y 200 mg/L de NTCPM promovieron el mayor número de brotes por explante, número hojas por brote y porcentaje de materia seca. Sin embargo, en la concentración de, 200 mg/L de NTCPM se observó un incremento de la longitud de los brotes.
2. Los NTCPM a una concentración produce efectos fisiológicos favorables sobre el desarrolló en etapa de multiplicación *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290) utilizando biorreactores de inmersión temporal.



## Literatura Citada

- Ahmad, M. and S. R. P. Silva. 2020. Low temperature growth of carbon nanotubes—A review. *Carbon* 158: 24-44.
- Bello-Bello, J. J., C. A. Cruz-Cruz and J. C. Pérez-Guerra. 2019. A new temporary immersion system for commercial micropropagation of banana (*Musa AAA* cv. Grand Naine). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 55(3): 313-320.
- Bello-Bello, J. J., M. Mendoza-Mexicano and J. A. Pérez-Sato. 2018. In Vitro Propagation of Sugarcane for Certified Seed Production. In *Sugarcane-Technology and Research*. IntechOpen.
- Bello-Bello, J. J., V. Morales-Ramos and F. C. Gómez-Merino. 2014. Conservación de recursos genéticos de Caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *AGROProductividad* 7(2): 42-47.
- Bhushan, B. 2017. Introduction to nanotechnology. In *Springer handbook of nanotechnology* p. 1-19. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bigott, A. F., J. W. Hoy and L. M. Fultz. 2019. Soil properties, microbial communities, and sugarcane yield in paired fields with short-or long-term sugarcane cultivation histories. *Applied Soil Ecology* 142: 166-176.
- Castillo, A. 2004. Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. INIA, Uruguay.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2020. Concluye la zafra 2019/2020.
- Efferth, T. 2019. Biotechnology applications of plant callus cultures. *Engineering* 5(1): 50-59
- Getnet, B. 2017. Review on *in vitro* propagation of sugarcane to advance the value of tissue culture. *Agri Res Tech: Open Access J.* 5(4): 555670.
- Majeed, N., K. C. Panigrahi, L. B. Sukla, R. John and M. Panigrahy. 2020. Application of carbon nanomaterials in plant biotechnology. *Materials Today: Proceedings*.
- Martínez-Estrada, E. B., B. Islas-Luna, J. A. Pérez-Sato and J. J. Bello-Bello. 2019. Temporary immersion improves *in vitro* multiplication and acclimatization of *Anthurium andreanum* Lind. *Scientia Horticulturae* 249: 185-191.
- McNeil, S. E. 2005. Nanotecnología para el biólogo. *Revista de biología de leucocitos*, 78 (3): 585-594.





- Mittal, J., S. Osheen, A. Gupta and R. Kumar. 2019. Carbon Nanomaterials in Agriculture. In *Nanoscience for Sustainable Agriculture*, p. 153-170. Springer, Cham.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plant* 15: 473-497.
- Pandey, K., M. H. Lahiani, V. K. Hicks, M. K. Hudson, M. J. Green and M. Khodakovskaya. 2018. Effects of carbon-based nanomaterials on seed germination, biomass accumulation and salt stress response of bioenergy crops. *PLoS One* 13, e0202274.
- Paramo, L. A., A. A. Feregrino-Pérez, R. Guevara, S. Mendoza and K. Esquivel. 2020. Nanoparticles in agroindustry: Applications, toxicity, challenges, and trends. *Nanomaterials* 10(9): 1654.
- Rivero, A. V. and F. M. Tyron. 2020. La quema de cañaverales y su influencia en la composición de arvenses, en zonas de la costa ecuatoriana. *Universidad Ciencia y Tecnología* 1(1): 74-80.
- Samadi, S., M. J. Saharkhiz, M. Azizi, L. Samiei and M. Ghorbanpour. 2020. Multi-walled carbon nanotubes stimulate growth, redox reactions and biosynthesis of antioxidant metabolites in *Thymus daenensis* celak. in vitro. *Chemosphere* 249: 126069.
- San José, M. C., N. Blázquez, M. J. Cernadas, L. V. Janeiro, B. Cuenca, C. Sánchez *et al.* 2020. Temporary immersion systems to improve alder micropropagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 1432: 265-275.
- Seddighinia, F. S., A. Iranbakhsh, Z. O. Ardebili, T. N. Satari and S. Soleimanpour. 2020. Seed priming with cold plasma and multi-walled carbon nanotubes modified growth, tissue differentiation, anatomy, and yield in bitter melon (*Momordica charantia*). *Journal of plant growth regulation* 39(1): 87-98.
- Thorpe, T. A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular biotechnology* 37(2): 169-180.
- Zan, F., Y. Zhang, Z. Wu, J. Zhao, C. Wu, Y. Zhao, *et al.* 2020. Genetic analysis of agronomic traits in elite sugarcane (*Saccharum spp.*) germplasm. *Plos one* 15(6), e0233752.



## EVALUACIÓN DE REGULADORES DE DESARROLLO PARA LA MULTIPLICACIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

Sandra Silvana Schettino Salomón<sup>1</sup>, María Cristina Martínez Arroyo<sup>1</sup>, Javier García Ameca<sup>1</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>1\*</sup>

### Resumen

La pitahaya (*Hylocereus undatus*), también conocida como fruta del dragón es nativa del sur de México y América central, es una planta cactácea, y como tal, resistente a sequías. Entre las propiedades que contiene esta fruta, su sabor y color han logrado un gran éxito en el mercado. El método tradicional de propagación de este cultivo se realiza por medio de semillas o esquejes, lo que, para generar un fruto maduro, se necesitan de tres a cinco años, esto hace que los productores busquen alternativas y nuevos métodos de propagación con mayor eficiencia, rapidez y una mejor fidelidad genética. La biotecnología ha desarrollado métodos de propagación *in vitro*, rápidos, eficaces y con la capacidad de obtener plantas libres de plagas, virus y enfermedades.

El uso de los reguladores de crecimiento, como 6-bencilaminopurina (BAP) y ácido indol-3-butírico (IAB), se ha demostrado ayudan a generar mayor número de brotes y raíces. Para ello, se establecieron 15 explantes por tratamiento del cultivo de pitahaya con un tamaño de 0.5 cm, en concentraciones intercaladas de 0, 1, 2 mg/L de BAP e IAB, se evaluaron nueve tratamientos y el medio utilizado fue Murashige and Skoog (MS) al 50%, después de 45 días se contabilizó la longitud de brotes, raíces y número de brotes generados por los explantes, realizado de manera triplicada. Con este estudio, se definió que la concentración de (2 mg/L de BAP con 1 mg/L de IAB) fue la más óptima para la generación de brotes, presentando una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos.

**Palabras clave:** citocininas, micropropagación, *in vitro*, auxinas

<sup>1</sup> Colegio de postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba Veracruz, km 348. C.P. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz. \* jericobello@gmail.com



## Introducción

La fruta del dragón, pitahaya, es nativa del sur de México y América Central, debido a su atractivo color y sabor. La producción mundial está en aumento rápidamente y se encuentran desarrollándose nuevos cultivos frutales en zonas áridas (Tel-Zuret *et al.*, 2004; Mizrahi, 2014; 2015). En México desde tiempos prehispánicos, *Hylocereus undatus*, es comúnmente utilizada por sus propiedades curativas y como alimento (De Clerck y Negreros-Castillos, 2000). *H. undatus* se propaga vegetativamente por estacas; sin embargo, este método de multiplicación no garantiza la calidad genética y fitosanitaria para su cultivo, mientras que técnicas biotecnológicas abren un nuevo horizonte y oportunidad para el aumento en la rentabilidad de dicho cultivo. Una de dichas técnicas es la regeneración *in vitro* de pitahaya, proponiendo una alternativa para obtener material vegetal saludable libre de plagas y enfermedades (Deo *et al.*, 2009). La micropropagación de pitahaya ha sido reportada utilizando medio de cultivo semisólido (Drew, y Azimi, 2000; Mohamed-Yasseen, 2002; Hua *et al.*, 2015). El uso de los reguladores de crecimiento, como 6-bencilaminopurina (BAP) y ácido indol-3-butírico (IAB), se ha demostrado ayudan a generar mayor número de brotes y raíces, de tal manera que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dichos reguladores en el crecimiento *in vitro* de *Hylocereus undatus*, utilizando una citoquinina (BAP) y una auxina (IAB), empleando distintas concentraciones.

## Materiales y Métodos

### Material vegetal y establecimiento

El material vegetal consistió en esquejes de pitahaya (*H. undatus*), cultivados en invernadero Pitamex, ubicado en Uriangato, Gto., las cuales, se sometieron a un tratamiento de desinfección cada 15 días con 2 g/L de bactericida (Agri-mycin, Pfizer, Nueva York, EE. UU.) y 3 g/L de fungicida (Captan, Bayer, Leverkusen, DE). Se recogieron los esquejes de plantas jóvenes donantes, lavadas con agua y jabón comercial (ROMA), se realizó un corte a los esquejes con un diámetro de 3 cm en la zona de las areolas, posteriormente, se transfirieron al laboratorio, donde fueron sumergidos en una solución 2 ml/L de fungicida (Captan) durante



un tiempo de inmersión de 25 min, seguidos de cuatro enjuagues con agua destilada. Consecuentemente, se trasladaron a campana de flujo laminar, donde se realizó el protocolo de desinfección a los explantes. Estos se sumergieron en alcohol al 70% por 30 segundos, y finalmente se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril. Los explantes fueron cultivados en medio MS al 50% (Murashige and Skoog, 1962) suplementado con 30 g/L de sacarosa, el medio fue ajustado a un pH 5,8 con NaOH 0.1 N y antes de ser esterilizado en una autoclave a 121°C y 115 kPa durante 30 min, se empleó como agente gelificante 5.5 g/L de Agar (Plant TC PhytoTech Labs, EE. UU.). Los cultivos se incubaron a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , con un fotoperiodo de 16 h luz, utilizando lámparas de luz blanca con 40 – 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  de densidad de flujo de fotones fotosintéticos. Después de tres subcultivos de 30 días, se procedió a la evaluación de los reguladores de crecimiento, empleados con las diferentes concentraciones de BAP (6-benzilaminopurina, Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, EE. UU.), IAB (ácido indol-3-butírico, Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, EE. UU.) Para lo que se establecieron 15 explantes por tratamiento en concentraciones intercaladas de 0, 1, 2 mg/L de BAP e IAB, formando nueve tratamientos.

### **Diseño experimental y análisis de datos**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para todos los experimentos, que fueron establecidos de manera triplicada. En todos los tratamientos *in vitro*, se evaluó el número y la longitud de los brotes, asimismo, el número de raíces generadas después de 45 días de cultivo. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) las cuales se realizaron para todas las variables utilizando el software estadístico SPSS (versión 22 para Windows).

### **Resultados y Discusión**

Los resultados mostraron diferencias significativas en el número y longitud de brotes durante la multiplicación *in vitro* de pitahaya utilizando diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento (Cuadro 1). La tasa de multiplicación más alta se obtuvo en el tratamiento número 8, generando mayor número y longitud de brotes. En cuanto al número de raíces y longitud de raíces no hubo diferencia significativa.



**Cuadro 1. Efecto de diferentes concentraciones de Bencilaminopurina y Ácido indol-3-butírico en brotes de Pitahaya cv. Write después de 45 días de cultivo.**

Tratamiento	Bencilaminopurina (mg L <sup>-1</sup> )	Ácido indol-3-butírico (mg L <sup>-1</sup> )	No. de brotes	Longitud de brotes (cm)	No. de raíces	Longitud de raíces (cm)
1		0	1.13± 0.90 <sup>c</sup>	0.53±0.02 <sup>d</sup>	1.73±0.18 <sup>bc</sup>	0.60±0.05 <sup>d</sup>
2	0	1	1.20±0.10 <sup>c</sup>	0.58±0.03 <sup>cd</sup>	2.20±0.27 <sup>ab</sup>	3.00±0.29 <sup>a</sup>
3		2	1.13± 0.90 <sup>c</sup>	0.70±0.05 <sup>bc</sup>	2.86±0.19 <sup>a</sup>	2.70±0.18 <sup>a</sup>
4		0	1.26± 0.11 <sup>c</sup>	0.65±0.72 <sup>cd</sup>	1.46±0.16 <sup>bc</sup>	0.73±0.12 <sup>cd</sup>
5	1	1	3.06±0.15 <sup>b</sup>	1.03±0.12 <sup>ab</sup>	0.80±0.20 <sup>c</sup>	0.70±0.08 <sup>cd</sup>
6		2	3.40±0.19 <sup>ab</sup>	1.00±0.10 <sup>ab</sup>	1.66±0.15 <sup>bc</sup>	0.73±0.06 <sup>cd</sup>
7		0	1.80± 0.17 <sup>c</sup>	0.86±0.13 <sup>bc</sup>	1.26±0.22 <sup>bc</sup>	0.95±0.15 <sup>bcd</sup>
8	2	1	4.06±0.18 <sup>a</sup>	1.46±0.15 <sup>a</sup>	1.80±0.22 <sup>b</sup>	1.40±0.22 <sup>bc</sup>
9		2	3.93±0.20 <sup>a</sup>	1.16±0.14 <sup>a</sup>	1.93±0.24 <sup>ab</sup>	1.60±0.23 <sup>b</sup>
<i>P Valor</i>						
<i>P</i> (Bencilaminopurina)			0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P</i> (Ácido indol-3-butírico)			0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P</i> (Bencilaminopurina x ácido indol-3-butírico)			0.000	0.109	0.020	0.000

Los números representan la media ± ES, error estándar. Las medias con letras diferentes en las columnas son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

El efecto de las concentraciones de BAP e IAB en brotes de pitahaya, se pueden observar después de 45 días en cultivo *in vitro*, siendo el tratamiento número 8 el más óptimo para su desarrollo (Figura 1). La micropropagación de la fruta de dragón para mejorar la rentabilidad en el mercado y la industria, ha generado el establecimiento de una metodología de propagación eficiente. Varios investigadores han informado que el cultivo de tejidos es una herramienta biotecnológica que ayuda a la regeneración de diferentes especies de plantas *Hylocereus*.

Mohamed-Yasseen (2002), describe un procedimiento para la micropropagación de la fruta de dragón, que proporcionó una base para la clonación de pitahaya a través de la proliferación de brotes utilizando el thidiazuron (TDZ) como citoquinina, donde, muestra resultados favorables para la cactácea, aumentando la altura y el diámetro de los brotes.



**Figura 1. Comparación de los explantes después de 45 días de cultivo de pitahaya con las diferentes concentraciones de BAP y AIB. A) 0 mg/L de BAP y 0 mg/L de IAB, B) 0 mg/L de BAP y 1 mg/L de IAB, C) 0 mg/L de BAP y 2 mg/L de IAB, D) 1 mg/L de BAP y 0 mg/L de IAB, E) 1 mg/L de BAP y 1 mg/L de IAB, F) 1 mg/L de BAP y 2 mg/L de IAB, G) 2 mg/L de BAP y 0 mg/L de IAB, H) 2 mg/L de BAP y 1 mg/L de IAB e I) 2 mg/L de BAP y 2 mg/L de IAB y Barra = 1 cm.**

Qing-Jie Fan (2013), mostró la micropropagación de la fruta del dragón mediante la regeneración de múltiples brotes adventicios a partir de yemas cultivadas y con adición de reguladores del crecimiento. Se obtuvo el promedio de proliferación más alta (8.2 brotes por explante) en medio MS suplementado con una combinación de 2,0 M6-benciladenina (BA) y 0,4 M Ácido 1-naftalenacético (NAA), que también generó alta eficiencia en la regeneración de brotes de pitahaya.

El actual trabajo demuestra que la adición de reguladores de crecimiento (una citoquinina y una auxina) al medio de cultivo presenta la generación de brotes en 45 días cultivados *in vitro*.

## Conclusiones

Como se ha hecho mención con anterioridad, la pitahaya es un cultivo que ha tenido su importancia en el sector salud por las propiedades que a este se le confieren, además de ser una fruta dulce, dicha problemática sobre el cultivo, reside en la poca rentabilidad de producción y la presencia de enfermedades y plagas sobre el mismo. Por tales motivos es que



se ha recurrido a técnicas de la biotecnología vegetal, como lo es el cultivo *in vitro*. La alternativa propuesta fue el empleo de dos reguladores de crecimiento que son de uso frecuente en el cultivo de tejidos vegetales. Las moléculas fueron puestas a prueba en distintas concentraciones, donde es posible concluir con la eficacia que provee el uso de las mismas en concentraciones establecidas en el tratamiento 8, por lo que se garantiza en los cultivos el mayor número de brotes y raíces, así mismo, la longitud de los previos, proponiendo de tal forma, una alternativa biotecnológica para el mejoramiento de la rentabilidad del cultivo de pitahaya *Hylocereus undatus*.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Laboratorio de Cultivos Vegetales, a la empresa Pitamex, al Colegio de Postgraduados campus Córdoba y al Dr. Jericó Jabín Bello Bello.

### **Literatura Citada**

- De Clerck, F. A. and P. Negreros-Castillo. 2000. Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. *Agroforestry Systems*, 48(3): 303-317.
- Deo, P. C., A. P. Tyagi, M. Taylor, D. K. Becker and R. M. Harding. 2009. Improving taro (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) production using biotechnological approaches. *South Pac. J. Nat. Appl. Sci* 27 (1): 6–13.
- Drew, R. A. and M. Azimi. 2002. Micropropagation of red pitaya (*Hylocereous undatus*). *Acta Horti In International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits* 575: 93-98.
- Hua, Q., P. Chen, W. Liu, Y. Ma, R. Liang, L. Wang, Y. Qin et al. 2015. A protocol for rapid in vitro propagation of genetically diverse pitaya. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture PCTOC* 120(2): 741-745
- Mizrahi, Y. 2014. Vine cacti pitayas the new crops of the world. *Rev. Bras. Frutic.* 36 (1): 124138.



- Mizrahi, Y. 2015. Thirty-one years of research and development in the vine cacti pitaya in Israel. 219 p. In: Jiang, Y. L., P. C. Liu, P. H. Huang (eds.). Improving pitaya production and marketing: International Workshop Proceedings, September 79, 2015, Kaoshiung, Taiwan, organized by FFTC, TARI and SOFRI. Taipei, Taiwan, ROC: FFTC
- Mohamed-Yasseen, Y. 2002. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant 38(5): 427-429.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15 (3): 473 -497.
- Tel-Zur, N., S. Abbo, D. Bar-Zvi and Y. Mizrahi. 2004. Genetic relationships among *Hylocereus* and *Selenicereus* vine cacti (Cactaceae): Evidence from hybridization and cytological studies. *Annals of Botany* 94(4): 527- 534.
- Qing-Jie, F., Z. Si-Cheng, Y. Feng-Xia, Z. Bing-Xee, Q. Guang and W. Xiao-Peng. 2013. Efficient regeneration of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) and an assessment of regeneration of the genetic fidelity of in vitro-derived plants using ISSR markers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 88(5): 631-637.





# PRODUCCIÓN DE LICOPENO EN TOMATE GENÉTICAMENTE MODIFICADO (*Solanum lycopersicum* TA234) DURANTE SU VIDA POSTCOSECHA

Irving Celestino Romero Lascurain<sup>1</sup>, Elizabeth León García<sup>2\*</sup>, Javier de la Cruz Medina<sup>2</sup> y Hugo Sergio García Galindo<sup>2</sup>

## Resumen

El licopeno es un carotenoide responsable de la coloración roja en los tomates, posee propiedades antioxidantes y anticancerígenas, por lo que su consumo representa un objetivo clave para prevenir muchos tipos de cáncer. Cabe señalar que más del 80% del licopeno en la dieta humana proceden del tomate el cual es considerado un fruto climatérico. Por lo tanto, es de interés estudiar el efecto del silenciamiento del gen *TomloxB* sobre la síntesis de licopeno a lo largo de su vida postcosecha. En el presente trabajo se determinó la producción de licopeno en el tomate genéticamente modificado (*Solanum lycopersicum* TA234) en diferentes estadios de maduración y de esta manera relacionar el efecto del silenciamiento del gen *TomloxB* sobre la producción de licopeno. Se cuantificó el licopeno en tomate genéticamente modificado y silvestre utilizando el coeficiente molar de extinción en hexano por espectrofotometría, la actividad de la lipoxigenasa utilizando la técnica de Gökmen y el color medido como °Hue. El estudio estadístico indicó que no existía diferencia significativa en la concentración de licopeno del endocarpio carnoso tanto en el testigo como en las 3 líneas genéticamente modificadas del día 1 al 24, mientras que en el epicarpio en los días 8 y 12, si hubo diferencia significativa en la línea transgénica 6H (37.02 y 39.27 mg de licopeno / 100 g de pericarpio) con respecto a las demás líneas silvestres (40.78 y 40.93 mg de licopeno / 100 g de pericarpio). Estos hallazgos apoyan que el silenciamiento de la lipoxigenasa no afecta significativamente a la ruta de los carotenoides.

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz.

<sup>2</sup> INIFAP/CIRGOC. C.E. La Posta. Autor por correspondencia: elibq@gmail.com



**Palabras clave:** tomate genéticamente modificado, carotenoides, lipoxigenas

## Introducción

El licopeno es un carotenoide responsable de la coloración roja en los tomates. Posee propiedades antioxidantes y anticancerígenas, por lo que su consumo representa un objetivo clave para prevenir muchos tipos de cáncer. Sus fuentes principales de obtención son frutas, hortalizas y microalgas. Cabe señalar que más del 80% del licopeno en la dieta humana procede de los tomates (Olmedilla, 1999; Shi y Le Maguer, 2000; Candelas *et al.*, 2005; Fornelli *et al.*, 2007)

Una fuente de licopeno debe presentar altas concentraciones de este carotenoide para poder llevar a cabo una explotación comercial. Para la extracción del licopeno se debe tener en cuenta los diferentes agentes físicos y químico, puesto que afectan su estabilidad, principalmente la exposición a la luz, el pH elevado, temperaturas altas y la exposición al oxígeno. Hoy en día existen varias técnicas para la extracción del licopeno, una de las más comunes es mediante el uso de solventes por etapas (Calvo, 2003; Torres *et al.*, 2003; Nguyen y Schwartz, 1999; Cardona *et al.*, 2006)

El tomate de acuerdo a su patrón respiratorio es considerado climatérico, es decir, una vez alcanzado su estado de maduración fisiológico, puede ser cortado y su proceso de maduración no se ve interrumpido. Lo anterior se ve favorecido por la presencia del etileno, este compuesto participa regulando la síntesis del licopeno y  $\beta$ -caroteno, además, promueve la degradación de la clorofila (Gómez y Camelo, 2002; Gil, 2010).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la concentración de licopeno presente en el tomate genéticamente modificado (*Solanum lycopersicum* TA234) en diferentes estadios de maduración, esto permitirá eventualmente esclarecer la interacción de este carotenoide o su dependencia con respecto al gen silenciado (*TomloxB*).



## **Materiales y Métodos**

### **Material vegetal**

Se utilizó el filial 1 de plantas genéticamente modificadas por León *et al.* (2017). Este material vegetal (*Solanum lycopersicum* var. TA234) tiene silenciado el gen *TomloxB*. En este estudio se utilizaron tres líneas genéticamente modificadas: 1I, 6H y 5.1C, así como un tratamiento de tomate sin modificación genética el cual es nuestro tomate testigo. En cada línea se evaluaron 5 frutos.

### **Cultivo**

El estudio se realizó del 2018 al 2020, donde los frutos se cultivaron en el invernadero de la UNIDA del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Veracruz con un fotoperiodo de 16/8 h y una temperatura de  $25 \pm 2$  °C. Para evaluar la actividad lipoxigenasa los frutos fueron cortados en los estadios de maduración: quebrado, rayado, rosado, rojo brillante y rojo después de haber sido cosechados, basándose en la carta de estadios de maduración del tomate del departamento de agricultura de Estados Unidos donde clasifican al tomate en 6 estadios de maduración, por otro lado, para las evaluaciones del color y la concentración de licopeno se evaluaron a partir del estadio de maduración rosado.

### **Actividad lipoxigenasa**

La actividad lipoxigenasa se evaluó en 5 estadios de maduración (quebrado, rayado, rosado, rojo, claro y rojo) por método espectrofotométrico como lo describe Gökmen *et al.* (2002), con modificaciones, donde se obtuvo la muestra a partir del jugo de 5 tomates (sin semillas). El extracto obtenido se colocó en tubos Eppendorf y este fue centrifugado a 14 000 rpm durante 5 min, posterior a ello se recuperó el sobrenadante y se colocó en un segundo tubo Eppendorf®, siendo centrifugado a 12 000 rpm durante 3 min. Por último, el sobrenadante se filtró en discos con membrana de 0.42 nm de poro.

La preparación del sustrato se obtuvo mezclando 2 mL de buffer de fosfato (JTBaker, Phillipsburg, NJ, EE. UU.), 42 µL de ácido linoleico (Sigma-Aldrich, Merck, St. Louis, MO, EE. UU.) en un matraz aforado, este se agitó manualmente, seguido de ello se agregó 39 µL de Tween 20 (JTBaker), 1 ml de buffer (JTBaker) y 250 µL de NaOH 1 N (Golden Bell, Chapultepec, Ciudad de México, México); se agitó manualmente, posteriormente se aforó con



buffer fosfato, a partir de ese momento se mantuvo en oscuridad (envolviéndolo en papel aluminio) y en refrigeración hasta su utilización.

La reacción se llevó a cabo en tubos de ensayo. Se mezclaron 40  $\mu\text{L}$  de muestra, 1360  $\mu\text{L}$  de buffer y 2640  $\mu\text{L}$  de sustrato; seguido de ello se colocó a baño María con temperatura de 37° C durante 10 min, posterior a ello se sometió a baño de hielo a una temperatura de 5 °C, esto con la finalidad de detener la reacción.

La lectura se llevó a cabo en un espectrofotómetro Agilent modelo 8453 donde se leyó a 234 nm, tomando como blanco la mezcla de 1360  $\mu\text{L}$  buffer y 2640  $\mu\text{L}$  sustrato.

Para cuantificar la actividad lipoxigenasa se definió el incremento de la absorbancia de 0.001 a 234 nm por minuto por mg de proteína, utilizando una curva de calibración de Bradford utilizado en técnica de Gökmen.

### **Color**

La cuantificación del color se evaluó a partir del estadio de maduración "rosado" cada 4 días hasta llegar al día 26. Se utilizó un colorímetro de la marca Hunter Lab, Modelo 4500L, empleando la escala CIE. Para ello se tomaron muestras de cada línea y se registraron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en 3 puntos diferentes de cada fruto.

Seguido de ello, se calculó el Chroma con la siguiente ecuación:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Donde  $C^*$  es el Chroma que nos indica la saturación del color, mientras que  $a^*$  es la coordenada que representa desde el tono verde hasta el color rojo, y  $b^*$  es la coordenada que se representa desde el tono amarillo hasta el azul. De la misma manera se calculó los °Hue con la siguiente ecuación:

$$h = \arctan(b^*/a^*)$$

Donde h son los °Hue que indica el tono del color,  $a^*$  y  $b^*$  indican las coordenadas antes mencionadas.

### **Cuantificación de licopeno**

La cuantificación de licopeno se evaluó a partir del estadio de maduración "rosado" cada 4 días hasta llegar al día 26, en todo el proceso descrito se realizaron con la luz tenue y a una temperatura de 25 °C.



Para la preparación de la muestra se extrajo de manera manual 500 mg de epicarpio y 500 mg de mesocarpio, las cuales se analizaron por separado, estas fueron pulverizadas con nitrógeno líquido, seguido de ello, se colocó en un matraz Erlenmeyer de 125 mL forrado con papel aluminio, donde se incorporó una mezcla de 60 mL de hexano/acetona/etanol (2:1:1:) (JTBaker) la cual se mantuvo en agitación magnética durante 3 h, pasado ese tiempo se le adicionaron 3 mL de agua destilada, dejándola reposar 5 min, esto con fin de separar las fases polares (agua, etanol y acetona) de las no polares (hexano y licopeno), finalmente se colectó la fase superior (hexano y licopeno).

La lectura se llevó a cabo en un espectrofotómetro Agilent modelo 8453 a una longitud de onda de 503 nm, utilizando hexano como blanco.

La cuantificación fue estimada utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Licopeno} \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(A)(PM)(V)(100)}{(\varepsilon)(P)(L)}$$

Donde:

A = absorbancia leída a 503 nm

V = volumen total la fase superior

PM = peso molecular del licopeno (536.9 g/mol)

P = peso de muestra

$\varepsilon$  = coeficiente de extinción molar del licopeno en hexano ( $\varepsilon$  M/1 cm) del licopeno ( $17.2 \times 10^4$  M/cm).

L = longitud de la celda (1 cm)

### **Análisis estadístico**

Los datos se expresan como valor medio ya que muestran una distribución normal, estos fueron analizados utilizando el software MINITAB 17, para determinar los valores promedio y los errores estándar se analizó por ANOVA de una sola vía para cada una de las respuestas. Para comparar los resultados de todas las variables de respuestas se utilizó análisis de medias por Tukey. El nivel de significación estadística se estableció para un valor de  $p < 0,05$ .









## Resultados y Discusión

### Relación de los estadios de maduración con los grados HUE

Antes de realizar la actividad LOX, se estableció la relación entre los estadios de maduración fisiológicos y los °Hue con la finalidad de correlacionar datos cuantitativos a partir de datos subjetivos, los cuales se muestran en el Cuadro 1.

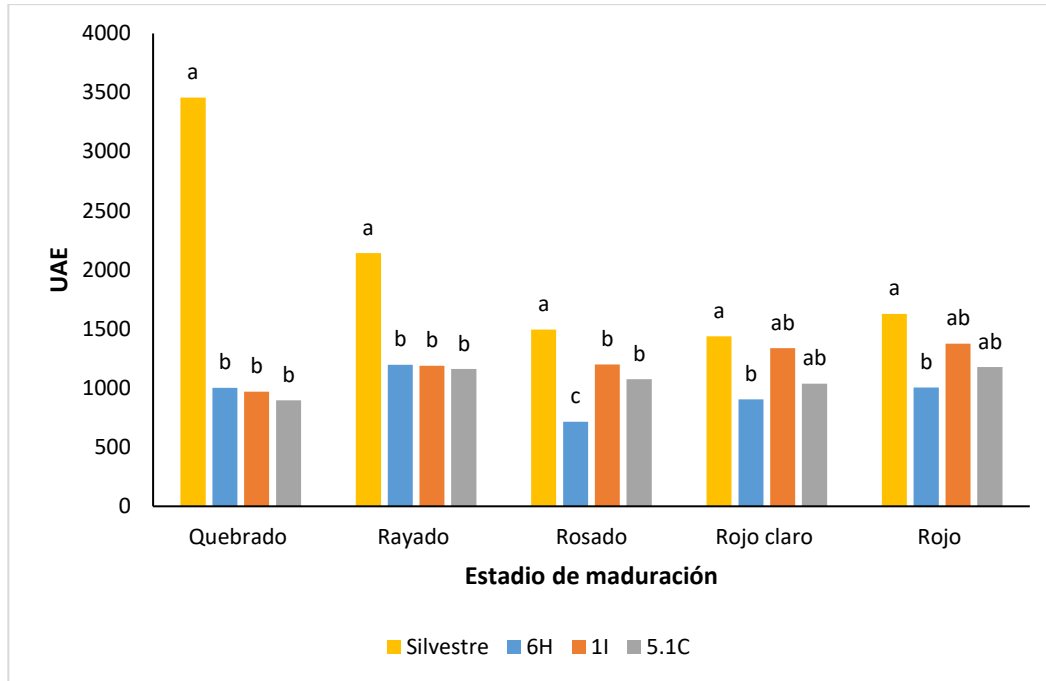
**Cuadro 1: Relación de los °Hue con los 6 estadios de maduración del tomate.**

Estadio de maduración						
°Hue	111.79 ± 2.56	89.81 ± 3.21	78.12 ± 4.87	59.77 ± 7.01	45.43 ± 4.73	37.23 ± 2.02

### Actividad LOX

La actividad de LOX se midió en 5 estadios de maduración que va desde el estadio quebrado hasta el rojo. En todos los estadios de maduración los frutos testigos tuvieron mayor actividad enzimática, esto como consecuencia del silenciamiento del gen *TomloxB*, siendo más alta en el estadio quebrado, mientras que 5.1C y 1I tuvieron mayor actividad en el estadio de maduración rojo y la línea 6H en el estadio rayado. Por otra parte, del estadio quebrado al rosado hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) de los tomates genéticamente modificados con respecto al tomate testigo, mientras la línea 6H tuvo diferencia significativamente más baja en todos los estadios de maduración fisiológico con respecto al tomate testigo. A continuación, se muestran en la Figura 1, los resultados de la actividad lipoxigenasa medida en UAE.

Algunos autores reportan la mayor actividad enzimática en el estadio de maduración rojo (Ferrie *et al.*, 1994; León, 2017), mientras que Sheng *et al.* (2000) reporta mayor actividad en el estado rayado; y Griffiths *et al.* (1999) en el rayado más 3 días. Estas diferencias donde expresa su mayor actividad podrían deberse a la técnica de maduración, la fecha de corte, el genotipo o al método de cuantificación, por otra parte, se debe reportar datos cuantitativos para obtener una mejor comparación, ya que los estadios de maduración son datos subjetivos.



**Figura 1: Actividad LOX en diferentes estadios de maduración. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**

### Color

Se midieron las variables de luminosidad, Chroma y °Hue a partir del estadio de maduración rosado, evaluándolo cada 4 días hasta llegar al día 26. Tanto en el tomate testigo como en las 3 líneas genéticamente modificadas, como se muestra en la Figura 2, donde se puede apreciar que los tomates testigos llegaron a su senescencia en el día 8, mientras la línea 6H mostró signos de senescencia el día 16.

Esto es resultado del silenciamiento anti-sentido del gen *TomLoxB*, ya que la línea 6H mantuvo diferencia significativa en todos los estadios de maduración con respecto a la línea testigo.



Días	1	4	8	12	16	20	24	26
Testigo								
6H								
1I								
5.1C								

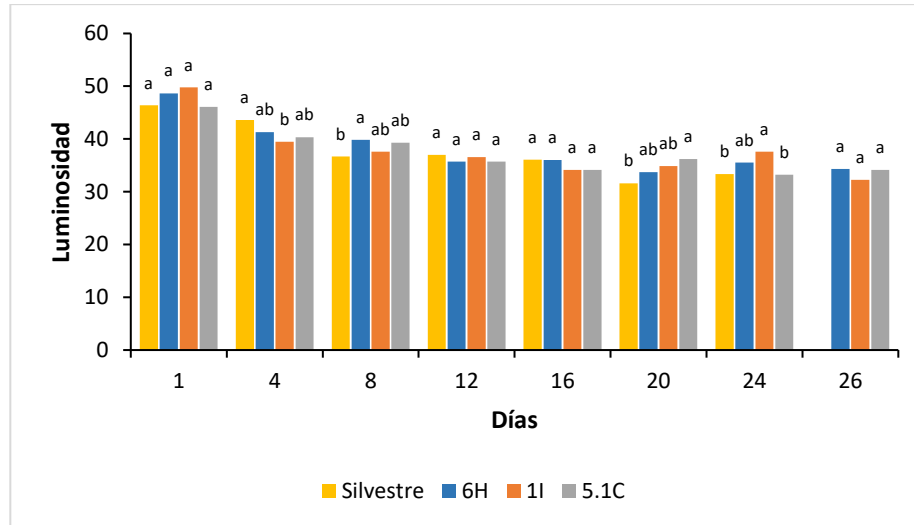
**Figura 2. Cinética del tomate a los 26 días.**

A continuación, se muestran los resultados de la medición de los parámetros del color:

### **Luminosidad**

En el día 1 (Figura 3) tanto líneas genéticamente modificadas como la líneas testigo tuvieron su máxima luminosidad, mientras que en los días siguientes esta disminuye; esto podría deberse a que la enzima lipoxigenasa cataliza la hidroperoxidación de ácidos grasos poliinsaturados, responsables en parte de la luminosidad. Por otra parte, en el día 1, 12 y 16 las líneas genéticamente modificadas no mostraron diferencia significativa con respecto a la línea testigo, y en el día 4 y 24 la línea 1I mostró diferencia significativa con los tomates testigos, mientras que 6H en día 8 mostró diferencia significativa más alta que el tomate testigo como se puede apreciar en la Figura 3.

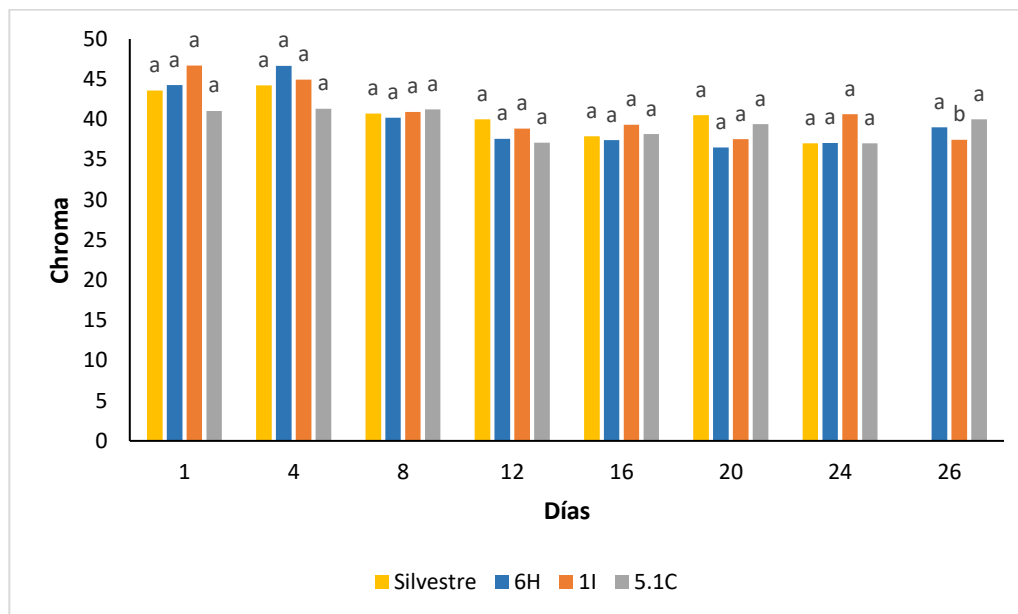




**Figura 3. Determinación de la luminosidad en los 6 estadios de maduración. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**

### Chroma

En el parámetro chroma donde se mide la saturación del color no hubo diferencia significativa de los tomates genéticamente modificados con respecto al tomate testigo como se puede apreciar en la Figura 4, esto coincide con León *et al.* (2017).

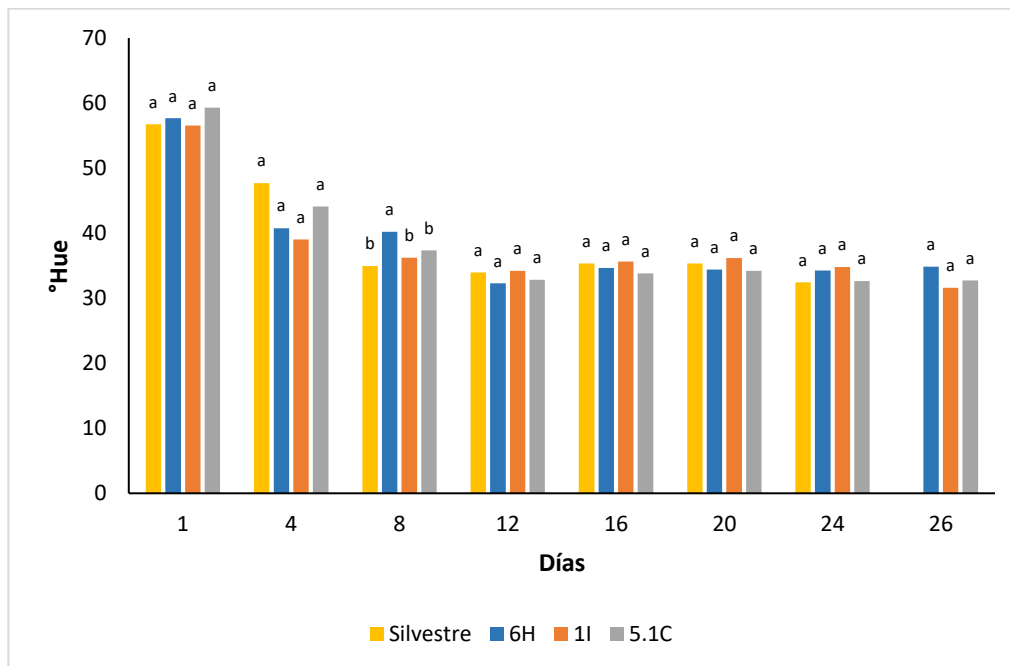


**Figura 4. Determinación de la saturación en los 6 estadios de maduración. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**



## °Hue

Los °Hue muestran el tono del color, siendo este un indicador visual del grado de madurez fisiológica. Tanto en tomates genéticamente modificados como en tomates testigos, mostraron mayores unidades en el día 1 como se muestra en la Figura 5 obteniendo tonos más cercanos al amarillo. Por otra parte, en el día 8 hubo diferencia significativamente ( $P \leq 0.05$ ) más alta de la línea 6H con respecto a los tomates testigos, esto está relacionado a la concentración de licopeno.



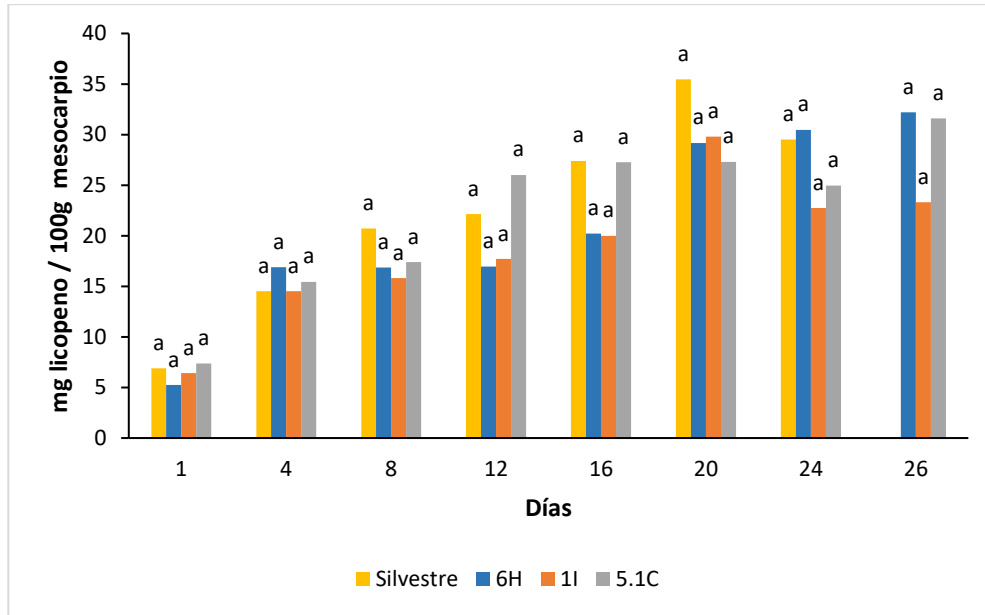
**Figura 5. Determinación de °Hue en los 6 estadios de maduración. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**

## Determinación del licopeno

La cuantificación de licopeno se realizó tanto en el epicarpio (piel) como en el mesocarpio (pulpa), elaborando una cinética donde se analizaron los frutos cada 4 días, partiendo desde el estadio de maduración rosado donde el fruto silvestre perdió su integridad física el día 25, mientras que frutos genéticamente modificados aun persistían.

## Concentración de licopeno en el mesocarpio

En el estudio estadístico nos indica que en el mesocarpio no existe alguna diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) del día 1 al 24 entre los tratamientos por día (Figura 6).

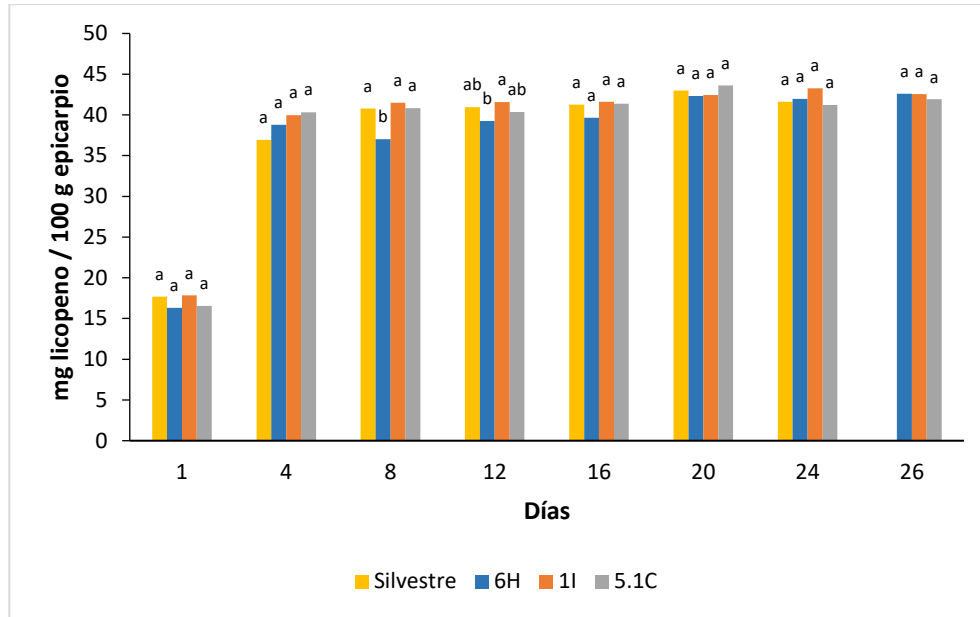


**Figura 6. Concentración de licopeno en el mesocarpio. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**

Diversos autores han propuesto una posible conexión entre el etileno y la enzima lipoxigenasa, ya que esta última al catalizar la hidroperoxidación de ácidos grasos poliinsaturados, produce radicales alcoxi que son utilizados para catalizar la síntesis de etileno a partir de ACC (Wang y Yang, 1987), y el etileno a su vez estimula los RNAm que codifican algunas enzimas que intervienen en la ruta metabólica de los carotenoides, provocando con ello una producción exponencial más tardía.

#### **Concentración de licopeno en epicarpio**

Los resultados estadísticos indican que no hay diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) los días 1, 4, 16, 24 y 26 (Figura 7). Siendo los días 8 y 12 donde existe una diferencia entre la línea 6H y la silvestre, esto podría estar relacionado a una baja actividad de Lox y la influencia sobre la producción de etileno. También se puede apreciar que el tomate testigo y la línea transgénica 5.1C alcanzan una mayor concentración de licopeno en el día 20 (43 mg / 100 g epicarpio y 43.62 mg / 100 g epicarpio) mientras que la línea 1I lo hace en el día 24 (43.27 mg / 100 g epicarpio) y la línea 6H en el día 26 (42.60 mg / 100 g epicarpio), esto es debido al silenciamiento anti-sentido del gen que codifica a la enzima de Lox provocando una madurez más prologada y así mismo una acumulación máxima de carotenoides más tardía en el mesocarpio. Por lo tanto la máxima concentración de licopeno se ve retrasada.



**Figura 7. Concentración de licopeno en el epicarpio. Letras diferentes indican significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ).**

## Conclusiones

El silenciamiento del gen *TomloxB* disminuyó significativamente la actividad de la enzima Lox del estadio quebrado al rosado en las 3 líneas genéticamente modificadas, mientras que en la línea 6H disminuyó su actividad enzimática en todos los estadios de maduración, siendo así la línea con menor actividad enzimática.

Tanto los tomates testigos como los tomates genéticamente modificados tuvieron mayor luminosidad en el día 1, mientras que en los días siguientes esta disminuye; esto podría deberse a que la lipoxigenasa cataliza la hidroxidación de ácidos grasos poliinsaturados perdiendo la luminosidad con el pasar del tiempo.

La saturación del color (Chroma) no se vió afectada por el silenciamiento del gen *TomloxB*.

La línea 6H obtuvo mayor °Hue (40.21) en el día 8 a comparación de las demás obteniendo un tono más cercano a amarillo; esto podría estar relacionado con la concentración de licopeno afectada por el retraso en el pico climatérico debido al silenciamiento del gen *TomloxB*.

El silenciamiento del gen *TomloxB* no disminuyó significativamente la producción del licopeno en el mesocarpio a partir del estadio de maduración "Rosado".



La línea 6H obtuvo una menor concentración de licopeno en el epicarpio en el día 8 y 12 a comparación de los frutos testigos. Esto podría deberse a que la línea 6H fue la que obtuvo menor actividad enzimática en los estadios de maduración analizados, ya que estudios han demostrado que una menor actividad Lox retrasa la aparición del pico máximo del etileno (Velázquez *et al.*, 2020) y por consiguiente la síntesis de licopeno también se vio afectada, sin embargo, llega su concentración máxima al día 20.

### Literatura Citada

- Calvo, C. 2003. Colorantes funcionales. Alimentación, equipos y tecnología 22(180): 87-92.
- Candelas, M. G., M. Alanís., M. Bautista, F. Del Río y C. García. 2005. Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersión. Revista Mexicana de Ingeniería Química 4: 299-307.
- Cardona, E., L. Ríos y G. Restrepo. 2006. Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*Lycopersicum esculentum*). Revista de la Facultad de Química Farmacéutica 13(2): 44-53.
- Fornelli, F., A. Leone, I. Verdesca, F. Minervini and G. Zacheo. 2007. The influence of lycopene on the proliferation of human brast cell line (MVF/). Toxicol in vitro, 21(2): 217-223.
- Gil, H. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos (Segunda ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Gökmen, V., S. Bahçeci y J. Acar. 2002. Caracterización del extracto crudo de lipoxigenasa de guisante verde utilizando un método espectrofotométrico modificado. Eur Food Res Technol. 215(1): 42-45.
- Gómez, P. y A. Camel. 2002. Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. Horticultura Brasileña, 20(1): 38-43.
- León, E., G. Vela, O. Del Ángel, C. Torres, J De La Cruz, M. Gómez and *et al.* 2017. TomLox B silenced mutants of tomato (*Solanum lycopersicum*) var. TA234 present increased postharvest life. Plant Foods for Human Nutrition, 72(4): 380-387.
- Nguyen, M. and S. Schwartz. 1999. Lycopene: Chemical and biological properties. Food Technology, 53(2): 38-45.



- Olmedilla, B. 1999. Licopeno: Fuentes dietéticas y biodisponibilidad en los humanos. *Ibérica Actualidad Tecnológica*, 424: 535-540.
- Shi, J. and M. Le Maguer. 2000. Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical properties affected by food processing. *Critical Review in Biotechnology*, 20(4): 293-334.
- Torres, A. M., L. Rojas, J. Mazo, C. Sampedro, S. Restrepo, L. Atehortúa and *et al.* 2003. Estudio de medios de cultivo para la síntesis de Licopeno a partir de *Clavibacter michiganensis* sub. *Michiganensis Vitae*, 10(2): 37-45.



## INDUCCIÓN DE VARIABILIDAD EN VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) MEDIANTE RADIACIÓN GAMMA ( $^{60}\text{Co}$ ) *IN VITRO*

María Karen Serrano Fuentes<sup>1</sup>, Eucario Mancilla Álvarez<sup>2</sup>, Maritere Marín Anzures<sup>3</sup>, Serafín Cruz Izquierdo<sup>4</sup> y Jericó Jabín Bello Bello<sup>5\*</sup>

### Resumen

México es considerado el centro de origen y domesticación de vainilla (*Vanilla planifolia*), en la actualidad es una especie que se encuentra en una categoría de riesgo, principalmente por su método de reproducción asexual; como resultado de la reducción de diversidad genética. Para superar este impedimento, una de las estrategias que se persigue para inducir la variabilidad genética es mediante técnicas de mutagénesis para generar mutaciones inespecíficas y así aumentar la variabilidad genética del germoplasma en conjunto con las técnicas de cultivos de tejidos vegetales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de irradiación gamma en el desarrollo de brotes cultivados *in vitro* de vainilla (*V. planifolia*). Los brotes previamente establecidos *in vitro* fueron multiplicados en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962). Posteriormente, fueron irradiados con diferentes dosis (0, 20, 40, 60, 80 y 100 Gy) de rayos gamma (fuente  $^{60}\text{Co}$ ), y con diferentes tiempos de exposición (2.1, 4.2, 6.3, 8.3, 10.4 min). El diseño experimental fue completamente al azar con 12 explantes por tratamiento, todo el experimento se realizó por triplicado. Después de 60 días se evaluó el porcentaje de supervivencia, número de brotes por explante, longitud de brote y número de hojas por brote.

Los resultados obtenidos muestran que, al aumentar las dosis y el tiempo de exposición de los brotes a los rayos gamma, disminuye la tasa de supervivencia (de 100 a 24%) así, como el número de brotes por explantes (de 5.4 a 3.0 brotes). Por tanto, se recomiendan utilizar dosis bajas de 20-40 Gy para no afectar (disminuir) las variables morfológicas en el cultivo *in vitro*

<sup>1</sup> Colegio de Posgraduados, Campus Córdoba, Km 348 carr. Federal Córdoba-Veracruz.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, carr. Peñuela Amatlán Km 177, 94500 Córdoba, Veracruz.

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Campus Cuitláhuac, Avenida Universidad 350, 94910 Cuitláhuac, Ver.

<sup>4</sup> Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

<sup>5</sup> CONACyT-Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, Km 348 carr. Federal Córdoba-Veracruz. \*Correspondencia: jericobello@gmail.com



de *V. planifolia*. Este estudio contribuirá como base para implementar programas de mejoramiento genético asistido por mutaciones.

**Palabras clave:** cobalto 60 ( $^{60}\text{Co}$ ), cultivo *in vitro*, mutagénesis *in vitro*

## Introducción

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) es una especie epífita, nativa de Centroamérica y sureste de México, por sus antecedentes históricos es considerada una especie emblemática del estado de Veracruz (Cameron, 2018). La importancia de la vainilla radica en su particular fragancia, por lo que la vainillina ha ocupado un lugar prominente en diversas industrias de productos alimenticios, bebidas, perfumería, farmacéutica y cosmética (Manokari *et al.*, 2021). En México, esta especie actualmente se encuentra sujeta a protección especial (Pr) debido a la severa fragmentación de su hábitat natural (SEMARNAT, 2010).

La propagación de vainilla es de forma vegetativa (por esquejes) y se poliniza manualmente para la obtención de vainas, con baja o nula germinación natural (Gantait y Kundu, 2017; Wan *et al.*, 2020). 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 y Iglesias, 2015). 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).

Una alternativa para inducir a variabilidad genética es mediante técnicas de mutagénesis *in vitro* (OIEA, 2021). Aunado a ello, el Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV) es una herramienta eficaz para la micropropagación de vainilla, ya que facilita la regeneración masiva de plantas dentro de un corto periodo y en condiciones controladas (Ramírez-Mosqueda *et al.*, 2019). 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 *et al.*, 2017). Por tanto, en este trabajo se planteó evaluar el efecto de





diferentes dosis de rayos gamma 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 en el Laboratorio de Cultivos de Tejidos Vegetales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, ubicado en la Carretera Estatal Córdoba – Veracruz, Km. 348.5, Venta Parada 11, 94500 Córdoba, Ver. Dicho trabajo se realizó durante el periodo comprendido de marzo del 2020 a febrero 2021. El laboratorio CTV tiene certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado: 01-016-2/COLPOS/2021), por dos años (2021-2022). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott), estevia (*Stevia rebaudiana* B.) y vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.).

Las irradiaciones se realizaron en el departamento de irradiaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ubicado en Carretera Toluca - México s/n, 52750 La Marquesa, México.

### **Material vegetal**

Se emplearon plantas de *Vanilla planifolia* previamente establecidas *in vitro*. Las plantas *in vitro* fueron multiplicadas a partir de segmentos nodales de 2 cm de longitud (conteniendo una yema axilar) en un medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 30 g/L de sacarosa, 2.15 mg/L de 6-bencilaminopurina (BAP) (Sigma-Aldrich® Chemical Company, St. Louis, MO, USA) 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 en tubos de ensayo de 22 x 150 mm que contenían 10 mL de medio 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 irradiancia de  $50 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , proporcionada por lámparas fluorescentes.



Después de dos semanas de cultivo, los explantes fueron transferidos a frascos de 500 mL que contenían 30 mL de medio de multiplicación MS suplementado con 30 g/L de sacarosa y 2 mg/L de BAP (Sigma-Aldrich®), bajo las condiciones de luz y temperatura antes mencionadas. Se realizaron tres subcultivos en periodos de 60 días para los tratamientos de irradiación con  $^{60}\text{Co}$ .

### **Efecto de Irradiación de brotes de vainilla con $^{60}\text{Co}$**

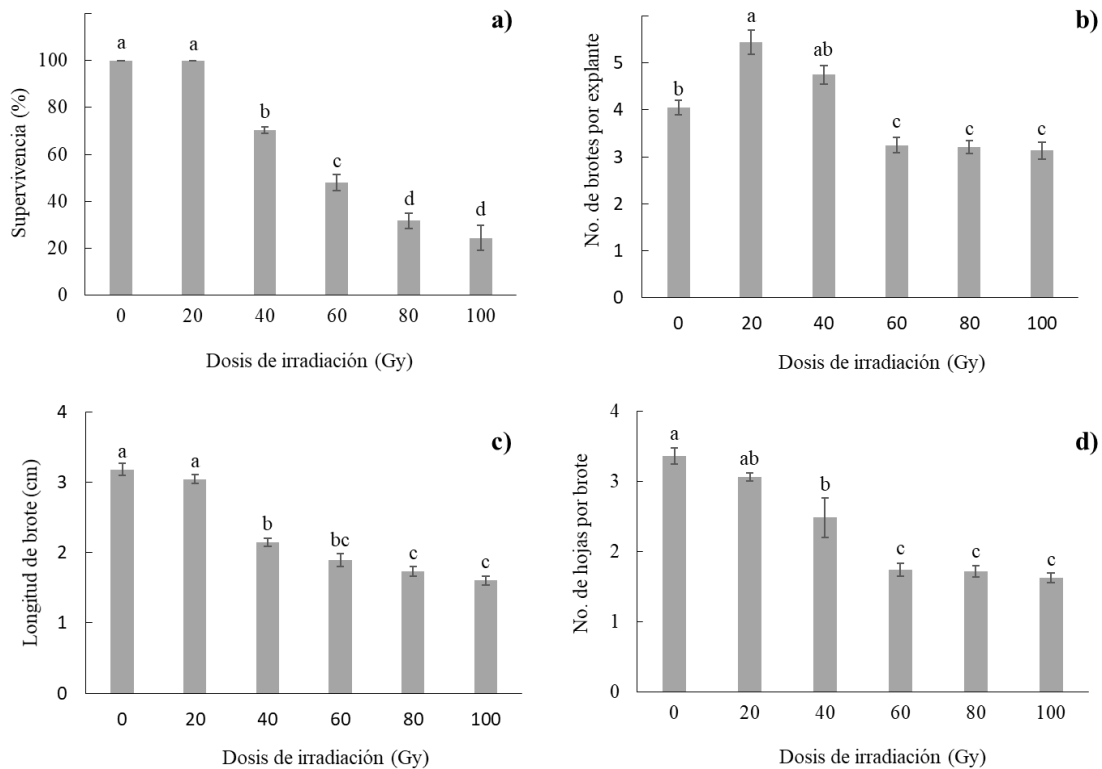
Se utilizaron tres cajas de Petri con cuatro explantes por cada dosis de radiación. Los explantes de aproximadamente 2 cm fueron tratados con dosis de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 Gy, el tiempo de exposición fue de 2.1, 4.2, 6.3, 8.3, 10.4 min, respectivamente. Se utilizó un irradiador Transelektro (LG1-01, Budapest, HU) con una fuente de  $^{60}\text{Co}$  a una razón de dosis de 696.59 Gy/h. Se irradiaron 12 explantes (conglomerado de brotes) por tratamiento, las cajas de Petri contenían medio MS sin reguladores de crecimiento. Posteriormente, los brotes irradiados fueron transferidos a medio fresco MS de multiplicación para evitar los posibles efectos de desnaturalización de los componentes del medio. Los explantes fueron cultivados durante 60 días en medio de multiplicación antes descrito, bajo las condiciones de luz y temperatura antes mencionadas.

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 12 explantes por tratamiento, se utilizaron explantes sin irradiar como controles, se tuvieron tres replicas con cuatro brotes. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el software estadístico IBM SPSS® (versión. 22 para Windows). Los datos porcentuales se transformaron con la formula  $Y = \arcsen(\sqrt{x/100})$ , donde x es el valor del porcentaje.

## **Resultados y Discusión**

Después de 60 días de cultivo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 1).

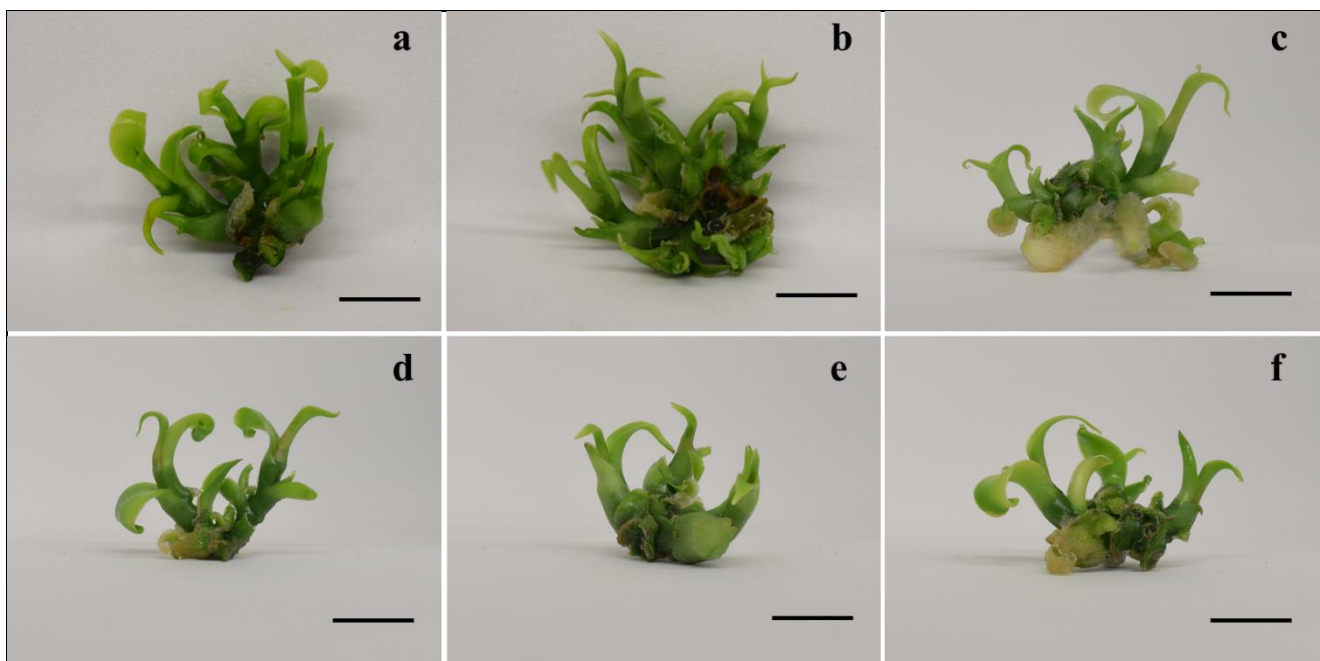


**Figura 1. Efecto de la radiación gamma sobre la supervivencia y desarrollo *in vitro* de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). a) porcentaje de supervivencia, b) brotes por explante, c) longitud de brote y d) hojas por brote a los 60 días de cultivo. Los valores representan la media  $\pm$  ES (error estándar). Medias con diferente letra, son significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).**

El mayor porcentaje de supervivencia se observó en las dosis 0 y 20 Gy, con el 100%, y mostrándose el menor porcentaje de 24% en la dosis de 100 Gy. Respecto al número de brotes, los mayores resultados se obtuvieron en las dosis de 20 y 40 Gy con 5.4 y 4.7 brotes por explante, respectivamente. El menor número de brotes se observó en las dosis de 60, 80 y 100 Gy, con tan sólo 3 brotes por explante. La mayor longitud de brote y número de hojas por explante se observaron en las dosis de 0 y 20 Gy con 3 cm y 3 hojas por brote (Figura 2). En este contexto, se observó que tanto la dosis más baja evaluada (20 Gy) como la dosis de radiación más alta (100 Gy) tienen un efecto en las dosis evaluadas. Taheri *et al.* (2014) obtuvo una tasa de supervivencia de 78.80% con una dosis de 20 Gy en cultivos de tulipán (*Curcuma alismatifolia*). Menciona también, que la tasa de supervivencia de las plantas disminuyó con el aumento de la dosis de irradiación, y que algunas variedades pueden ser más sensibles a la



irradiación gamma que otras. Así mismo, Tangpong *et al.* (2009) en plántulas de anubias (*Anubias congensis*) a los 60 días que fueron expuestos a irradiación gamma, las plántulas expuestas a 40 Gy o más no desarrollaron raíces. Las plántulas expuestas a 80 Gy o más no desarrollaron brotes y finalmente murieron. Las dosis más altas de radiación resultaron en una disminución en el ancho de la hoja, la longitud de la hoja y la longitud de la raíz. 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*.



**Figura 2. Efecto de diferentes dosis de irradiación gamma en el desarrollo de brotes *in vitro* de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) a los 60 días de cultivo; a-f) 0, 20, 40, 60, 80 y 100 Gy, respectivamente. Barra negra = 1 cm.**

La muerte de las plantas se atribuye a la interacción de la radiación con otras moléculas de la célula, en particular el agua, por producir radicales libres (H, OH). Los radicales libres podrían combinarse para formar sustancias tóxicas, como el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que contribuyen a la destrucción de las células, este efecto indirecto es especialmente significativo en las células vegetativas, el citoplasma que contiene aproximadamente un 80% de agua (Kovács y Keresztes, 2002). Sin embargo, la sensibilidad del material vegetal depende de la constitución genética, la dosis empleada, la cantidad de ADN, el contenido de humedad y la



etapa de desarrollo y genotipo (Ramesh *et al.*, 2010). Es posible también que altas dosis de radiación destruyan las enzimas necesarias para la síntesis de IAA a partir de triptófano, ya que IAA promueve el crecimiento de las raíces.

## Conclusiones

La radiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  tuvo un efecto positivo sobre el desarrollo de los brotes de *V. planifolia*.

A dosis de 20 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.

Las dosis de 20-40 Gy no afectan (disminuir) las variables morfológicas en el cultivo *in vitro* de *V. planifolia*, y pueden ser utilizadas de manera segura para programas de mejoramiento genético.

## Literatura Citada

- Cameron, K. 2018. Vanilla Phylogeny and Classification p. 377-390 in Daphna H. F. and Faith C. B. (ed). Handbook of Vanilla Science and Technology.
- Gantait, S. and S. Kundu. 2017. *In vitro* biotechnological approaches on *Vanilla planifolia* Andrews: advancements and opportunities. Acta Physiol Plant. 39, 196.
- 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-Muñoz, S., M. E. Pedraza-Santos, P. A. López, E. De La Cruz-Torres, S.P. Fernández-Pavía, A. Martínez-Palacios y M. Martínez-Trujillo. 2017. Determinación de la DL50 y GR50 con rayos gamma ( $^{60}\text{Co}$ ) en protocormos de *Laelia autumnalis in vitro*. Agrociencia, 51: 507-524.



- Kovacs, E. and A. Keresztes. 2002. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron*, 33(2):199-210.
- Manokari, M., S. Priyadharshini, P. Jogam, A. Dey y M. S. Shekhawat. 2021. Meta-topolin and liquid medium mediated enhanced micropropagation via ex vitro rooting in *Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 1-14.
- Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. plant.* 15(3):473-497.
- OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). 2021. Inducción de mutaciones. <https://www.iaea.org/es/temas/inducccion-de-mutaciones> [Consultado 4 de junio 2021].
- Ramírez-Mosqueda, M. A y L. G Iglesias-Andreu. 2015. Indirect organogenesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 123: 657-664.
- Ramírez-Mosqueda, M. A., L. G. Iglesias-Andreu, E. Favián-Vega, J. A. Telxeira da Silva, O. R. Leyva-Ovalle y J. Murguía-González. 2019. Morphogenetic stability of variegated *Vanilla planifolia* Jacks. Plants micropropagated in a temporary immersion system (TIB®). *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali.* 30:603-609.
- Ramesh, H. L., Y. Murthy and V. N. Munirajappa. 2010. Effect of gamma radiation on morphological and growth parameters of Mulberry variety M5. *Int. J. Sci. Nat.* 3:447 - 452.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) de Protección especial de especies nativas de México de Flora y Fauna silvestres. *Diario Oficial de la Federación*, marzo 6, pp 2–56.
- Taheri, S., T. L. Abdullah, Z. Ahmad and N. A. P. Abdullah. 2014. Effect of acute gamma irradiation on *Curcuma alismatifolia* varieties and detection of DNA polymorphism through SSR marker. *BioMed research international*.
- Tangpong, P., T. Taychasinpitak, C. Jompuk and P. Jompuk. 2009. Effects of acute and chronic gamma irradiations on *in vitro* culture of *Anubias congensis* NE Brown. *Agric. Nat. Resour.* 43(3):449-457.
- Wan Abdullah, W. M. A. N., L. Y. Low, S. B. Mumaiyizah, Q. Y. Chai, J. Y. Loh, Ong-Abdullah, J. *et al.* 2020. Effect of lignosulphonates on *Vanilla planifolia* shoot multiplication, regeneration and metabolism. *Acta Physiol. Plant.* 42: 1-8.



## EXTRACTOS DE HOJAS DE SALVIA MEXICANA (*Salvia officinalis* L.) Y SUS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y ANTIBACTERIANAS

Lilia Alejandra Conde Hernández<sup>1</sup>, María Lorena Luna Guevara<sup>1\*</sup>, Juan José Luna Guevara<sup>1</sup>, Jessica Pérez Vázquez<sup>1</sup>, Janeth Gasca Corona<sup>1</sup> y Rubén Jonatan Aranda García<sup>1</sup>

### Resumen

Los aceites esenciales (AE) se han utilizado en las medicinas populares y se denominan aceites etéreos o volátiles, que se extraen de las diversas partes de las plantas y se utilizan principalmente como sabores alimentarios. El objetivo de este estudio fue evaluar el proceso de extracción, la composición química, las actividades antioxidantes y antibacterianas de los aceites esenciales (AE) de *Salvia officinalis* L. Mexicana. Se analizó la actividad antioxidante (método ABTS) y actividad antibacteriana (método de difusión en pozo sobre agar en placa con *Enterobacter agglomerans*, *Citrobacter freundii*, *Salmonella sp*, *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los extractos se obtuvieron por hidrodestilación (HYDRO) y destilación al vapor (SD), utilizando 25 y 50 g de hojas secas enteras y molidas. Los resultados de la actividad antioxidante estuvieron en el rango de 2,35-3,45 mg de equivalente de Trolox/g de aceite esencial y 1.92-2.79 mg de equivalente de ácido ascórbico/g de aceite esencial. La actividad antibacteriana se confirmó con la inhibición del diámetro variando de 11.25 a 24.25 mm a diferentes concentraciones de AE. El mayor porcentaje de inhibición correspondió a *E. agglomerans* (86,95 ± 2,0%) y *P. aeruginosa* fue la bacteria más resistente. Finalmente, se verificaron los potenciales antioxidantes y antimicrobianos de *S. officinalis* L. EO, considerando como una alternativa natural para su aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica.

**Palabras clave:** salvia, extracción, actividad antioxidante, antimicrobiano

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 18 Sur. Ciudad Universitaria, 72570. Puebla, Puebla, México. \*Correspondencia: maria.luna@correo.buap.mx



## Introducción

Los aceites esenciales (AE) se han utilizado en las medicinas populares y se denominan aceites etéreos o volátiles, que se extraen de las diversas partes de las plantas y se utilizan principalmente como sabores alimentarios (Irshad *et al.*, 2020). Se trata de mezclas complejas de varios compuestos volátiles y de bajo peso molecular, incluidos isoprenoides, principalmente mono y sesquiterpenos, alcoholes de cadena corta, aldehídos y fenoles simples. Los AE son producidos y secretados por tricomas glandulares, tejidos secretores especializados que se difunden sobre la superficie de los órganos de las plantas, en particular en flores y hojas (Iriti *et al.*, 2006).

Las especies de salvia (*Salvia officinalis* L.) son generalmente conocidas por sus múltiples efectos farmacológicos tales como: antibacterianos, antivirales, antioxidantes, antiinflamatorios, antidiabéticos, cardiovasculares, antitumorales y anticancerígenos (Alizadeh y Shaabanin, 2012). Estas actividades beneficiosas se relacionan positivamente con compuestos fenólicos, como los diterpenoides fenólicos (ácido carnósico, carnosol, rosmanol), ácidos fenólicos (ácido cafeico, ácido rosmarínico, ácido ferúlico) y flavonoides (derivados de luteolina, derivados de apigenina), entre otros (Poulios *et al.*, 2019).

Las actividades antioxidantes de la salvia EO las hacen útiles como conservantes naturales en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos (Prakash *et al.*, 2015). Estas propiedades dependen de la composición química del AE que está fuertemente influenciada por factores ambientales, genéticos, botánicos y el tiempo de cosecha (Maksimovic *et al.*, 2007).

Por otro lado, el aceite esencial de *Salvia officinalis* ha sido evaluado por su efecto antibacteriano sobre bacterias Gram positivas y negativas. Se encontró que en comparación con la mayoría de los antibióticos conocidos, la eficacia del aceite esencial de *Salvia officinalis* era mucho mejor, especialmente contra las bacterias resistentes (Khalil *et al.*, 2011).

Los aceites esenciales y extractos de *S. officinalis* generalmente se reconocen como GRAS (generalmente reconocidos como seguros) para su uso como especias, otros condimentos y aromatizantes naturales, según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, 2020). Para ello, en esta investigación nos propusimos evaluar los aceites esenciales de *Salvia officinalis* mexicana en términos de su actividad de extracción, caracterización, antioxidante y antibacteriana.





## **Materiales y Métodos**

### **Material vegetal**

La salvia (*S. officinalis*) utilizada en este estudio se cultivó en la región de Atlixco, Puebla, México y las hojas secas se compraron en una herboristería local (marca "Sagrado Corazón de Jesús").

### **Preparación de muestras**

Las hojas secas de salvia entera y molida se utilizaron para el proceso de extracción del aceite esencial. Las muestras se pulverizaron ( $420 \pm 25 \mu\text{m}$ ) con un mortero y se tamizaron usando un kit Keck Sieve Shaker (Cole Parmer, Vernon Hills, IL, EE. UU.). Las muestras secas se empaquetaron en bolsas de plástico, se sellaron al vacío, se protegieron de la luz y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso.

### **Extracción de aceite esencial**

Se utilizaron dos cantidades (25 y 50 g) y dos presentaciones (entera y molida) de hojas de salvia. El proceso, para la obtención del aceite esencial por los métodos SD e HYDRO, se realizó en un aparato de destilación tipo Clevenger. El tiempo de extracción para cada experimento fue de 120 min y todas las extracciones se realizaron por triplicado.

### **Rendimiento**

El rendimiento de aceite esencial se calculó mediante la ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{Masa de aceite esencial (g)} / \text{Masa de hojas deshidratadas (g)}) * 100$$

(Ecuación 1)

Se eligió el aceite esencial con mayor rendimiento para evaluar la actividad antimicrobiana.

### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante se analizó mediante el método ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato)) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU.), según la metodología sugerida por Re *et al.* (1999). El radical ABTS • + se obtuvo haciendo reaccionar el ABTS (7 mM) junto con persulfato de potasio (2,45 mM) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE.UU.) durante 16 h a temperatura ambiente. Una vez formado el radical ABTS • +, se diluyó con etanol hasta obtener una absorbancia inicial ( $A_i$ ) de  $0,700 \pm 0,020$ , medida a 754 nm (Thermo Scientific™ GENESYS™ 20, espectrofotómetro visible). La capacidad antioxidante se midió colocando 3920  $\mu\text{L}$  de la solución ABTS • + radical-etanol en una celda de espectrofotómetro de cuarzo,



80  $\mu$ L de aceite esencial (disuelto en etanol), se dejó reaccionar durante 7 min y la absorbancia final medida (Af), usando como blanco etanol. Para calcular la actividad antioxidante, se ejecutaron dos curvas estándar usando: a) Trolox (T) (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8 tetrametilcromano-2-carboxílico) en concentraciones de 0 a 0,2 mg/mL y b) ácido ascórbico (AA) (Sigma Aldrich, México) en concentraciones de 0 a 0.14 mg/mL, como estándares. Las curvas estándar fueron: a) para Trolox: Inhibición (%) = 387.13 (%/mg Trolox/mL) \* C (mg Trolox/mL) + 3.25% ( $R^2 = 0.996$ ); b) para el ácido ascórbico: Inhibición (%) = 491.28 (% / mg ácido ascórbico/mL) \* C (mg ácido ascórbico/mL) + 0.358% ( $R^2 = 0,996$ ). La actividad antioxidante en los aceites se expresó como mg de equivalente de Trolox/g de aceite esencial (mg de TE/g de AE) o mg de ácido ascórbico equivalente/g de aceite esencial (mg de AAE/g de AE).

$$\% \text{ Inhibitorio} = D / AD * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

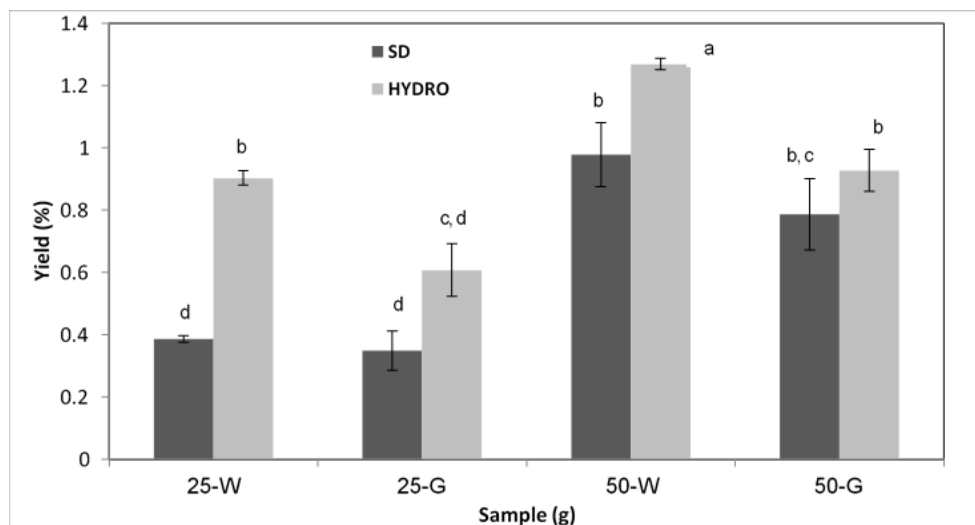
donde D correspondió al diámetro del halo de inhibición del agente microbiano expuesto a diferentes concentraciones del extracto antimicrobiano y AD fue el diámetro del halo de inhibición del antibiótico (ácido nalidíxico, 45 mm).

### **Análisis estadístico**

Se utilizaron tres repeticiones para cada tratamiento. Los datos se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Las medias se compararon utilizando el ANOVA de un factor seguido de las pruebas de rango múltiple de Tukey. Las diferencias entre las medias individuales se consideraron significativas a  $P < 0.05$ .

### **Resultados y Discusión**

Los rendimientos de los aceites esenciales de salvia obtenidos por los métodos SD e HYDRO se muestran en la Figura 1 Se observaron rendimientos más altos de aceite esencial en el aceite de salvia obtenido por hidrodestilación, seguido de destilación al vapor. El uso de hojas enteras de salvia mejoró la extracción de aceite en comparación con el aceite esencial extraído de las hojas en polvo. Además, se observaron mayores rendimientos de aceite esencial utilizando 50 g de muestra. Sin embargo, al duplicar la cantidad de materia prima, el rendimiento no se duplica.



**Figura 1. Rendimiento de los aceites esenciales de salvia obtenidos por los métodos HYDRO y SD. SD: destilación al vapor, HIDRO: hidrodestilación. 25 o 50: cantidad de material (g). W: entero, G: molido.**

El menor rendimiento fue del 0,35% (p/p) cuando se extrajeron 25 g de salvia molida usando el método SD. El mayor rendimiento (1.27%) se obtuvo por el método HYDRO utilizando 50 g de muestra completa (HYDRO-50-W). Este valor fue mejor que el informado para la salvia de Argelia (0.9% p/p) por hidrodestilación (Dob *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en este trabajo son consistentes con los reportados previamente por Baydar *et al.* (2009) con rendimientos de 1,43-3,24% a aceite esencial de Turquía, utilizando un aparato tipo Clevenger durante 3 h. Miguel *et al.* (2011) obtuvieron un rendimiento de aceite de salvia de Portugal de 2.0-2.1% (v/p) cuando la extracción se realizó con el método de hidrodestilación. Russo *et al.* (2013) encontraron rendimientos entre 0.55-2.2%, usando hidrodestilación durante 3 h para 18 tipos diferentes de aceites esenciales de salvia (de varios sitios en Italia). Kammoun *et al.* (2019) reportaron para el mismo método y tiempo, un rendimiento de 1.03% (p/p), para salvia de Túnez.

### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante del aceite de salvia obtenido por destilación al vapor e hidrodestilación se muestra en el Cuadro 1. Todas las muestras molidas obtenidas por destilación al vapor son estadísticamente iguales. La mayor actividad antioxidante se observó en el aceite esencial obtenido por el método de destilación al vapor utilizando 25 g y hoja molida ( $3.45 \pm 0.17$  mg de TE/g de AE), mientras que los valores más bajos se reportaron por



el método de hidrodestilación, utilizando 25 g y hoja entera ( $2,35 \pm 0,05$  mg TE / g AE). Sin embargo, Carnerio *et al.* (2017) reportaron valores de actividad antioxidante entre 14.46 y 36 mg Trolox/g de aceite ( $57.81-143.85$   $\mu\text{mol}$  Trolox/g aceite) en *Eugenia klotzschiana* Berg (*Myrtaceae*) por hidrodestilación con un aparato tipo Clevenger modificado, durante 2 h. Mientras que Ribeiro-Santos *et al.* (2017) analizaron la actividad antioxidante de cuatro aceites esenciales comerciales: *Ocimum basilicum*, *Cinnamomum cassia*, *Cinnamomum zeylanicum* y *Rosmarinus officinalis* con valores de 1.81, 4.17, 474.80 y 2.75 mg Trolox/g ( $7.24, 16.7, 1897, 11$   $\mu\text{mol}$  de Equivalente de Trolox/g), respectivamente. Conde-Hernández *et al.* (2017a) y Conde-Hernández *et al.* (2017b) evaluaron los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*) y hoja de pimiento (*Piper auritum*) obtenidos por destilación al vapor, reportando valores de actividad antioxidante de 2,7 mg de Trolox/g y 1,8 mg de Trolox/g, respectivamente. Prasad (2018) informó un valor de actividad antioxidante de 11.82 mg de ácido ascórbico equivalente/g ( $6,71$  mM de ácido ascórbico equivalente por 100 g) para el aceite esencial de *Pogostemon amaranthoides*. Por lo tanto, los resultados reportados fueron comparables con este estudio, que indica que los aceites esenciales de salvia podrían ser una fuente potencial de alimentos antioxidantes naturales.

**Cuadro 1. Actividades antioxidantes de los aceites esenciales de *Salvia officinalis*.**

Muestra	mg TE/g AE	mg AAE/g EA
SD-25-W	$2.83 \pm 0.06^{c,d}$	$2.24 \pm 0.04^{c,d}$
SD-50-W	$2.94 \pm 0.06^{b,c,d}$	$2.41 \pm 0.05^{b,c,d}$
SD-25-G	$3.45 \pm 0.17^a$	$2.79 \pm 0.14^a$
SD-50-G	$3.35 \pm 0.08^a$	$2.75 \pm 0.05^a$
HYDRO-25-W	$2.35 \pm 0.05^e$	$1.92 \pm 0.03^e$
HYDRO-50-W	$2.61 \pm 0.03^{d,e}$	$2.15 \pm 0.02^{d,e}$
HYDRO-25-G	$3.21 \pm 0.10^{a,b}$	$2.62 \pm 0.08^{a,b}$
HYDRO-50-G	$3.11 \pm 0.06^{a,b,c}$	$2.55 \pm 0.04^{a,b,c}$

Dónde: SD: destilación al vapor, HIDRO: hidrodestilación. 25 o 50g: cantidad de material. W: entero, G: suelo. Letras diferentes en una fila diferente indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

### Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana del aceite esencial de *S. officinalis* se evaluó frente a cuatro bacterias Gram negativas *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Salmonella* y *E. coli*. Estas



bacterias fueron elegidas debido a que son potencialmente patógenas para los humanos, algunas de ellas forman parte del grupo de coliformes totales y fecales. Estos microorganismos suelen ser responsables de causar enfermedades de leves a graves que se transmiten por vía oral fecal y se han detectado en diversos alimentos y durante la preparación de alimentos (Luna-Guevara *et al.*, 2019).

Los resultados muestran que el aceite esencial de *S. officinalis* tiene propiedades antimicrobianas contra los microorganismos estudiados y en todos los tratamientos, el efecto inhibitorio aumentó con la concentración de aceite esencial. Los diámetros variaron de 11.25 a 24.25 mm correspondientes al género *Enterobacter*. Esta misma bacteria y *Citrobacter* mostraron mayor sensibilidad con porcentajes de inhibición de 86.95% y 73.5%, respectivamente. Según los análisis llevados a cabo por Alizadeh y Shaabanin (2012), las bacterias que mostraban diámetros de inhibición inferiores a 7 mm se consideraron resistentes al aceite esencial de *S. officinalis*, mientras que los diámetros entre 7-11 mm fueron dosis-dependientes y los diámetros superiores a 11 mm fueron sensibles. Mientras que los patógenos *E. coli* y *Salmonella* presentaron una sensibilidad similar a los extractos con un 100%. En cuanto a *E. coli*, se observaron porcentajes de inhibición superiores al 50% con extractos del 50, 75 y 100% (Cuadro 2), estos resultados coinciden con los obtenidos por López de Ávila *et al.* (2013) quienes analizaron las propiedades antimicrobianas de la salvia con varios patógenos de relevancia en la seguridad alimentaria a través de métodos de difusión en placa y disco. Además, Pierozan *et al.* (2009) evaluaron la actividad antimicrobiana del AE de *S. officinalis* y obtuvieron diámetros de inhibición inferiores a los alcanzados en nuestro estudio con valores de 8 mm y 11 mm para *E. coli* y *Salmonella*, respectivamente. Ivanovic *et al.* (2012) confirmaron la actividad frente a *E. coli* considerando una CMI de 2.56 mg / mL.

**Cuadro 2. Diámetros y porcentajes de inhibición obtenidos con diferentes concentraciones de extractos de hojas de *S. officinalis* sobre diferentes bacterias Gram negativas.**

Microorganismo	Concentraciones extractos (%)	Diámetro inhibición (mm)	Porcentajes Inhibición (%)
<i>E. agglomerans</i>	25	11.75±2.2	42.13±7.9
	50	11.25±1.3	40.34±4.5
	75	16.0±1.4	57.37±5.1
	100	24.25±0.8	86.95±2.0



**Continúa Cuadro 2...**

Microorganismo	Concentraciones extractos (%)	Diámetro inhibición (mm)	Porcentajes Inhibición (%)
<i>Citrobacter freundii</i>	25	13.0±3.7	46.61±1.0
	50	16.25±2.3	58.26±1.3
	75	19.0±1.2	68.13±4.1
	100	20.5±1.3	73.5±4.6
<i>E. coli</i>	25	11.75±2.9	42.13±1.7
	50	14.75±1.7	52.88±6.1
	75	17.75±0.9	63.64±3.6
	100	19.25±3.8	69±1.35
<i>Salmonella sp.</i>	25	11.50±1.0	41.23±3.6
	50	14.0±0.82	50.12±2.9
	75	15.50±0.98	55.58±3.5
	100	19.0±0.14	68.13±5.2

Las diferencias entre los métodos para analizar la actividad antimicrobiana dependen de varios factores como la naturaleza volátil de los componentes de los aceites esenciales, que pueden evaporarse durante la inoculación e incubación, las capacidades de dispersión del EO en el medio de cultivo, entre otros (Fournomiti *et al.*, 2015). Sin embargo, el método en placa en pozo es una técnica utilizada para la evaluación de la capacidad antibacteriana debido a su simplicidad y a las pequeñas cantidades de muestra necesarias (Escobar-Muciño *et al.*, 2020). *P. aeruginosa* no mostró inhibición con las concentraciones analizadas del AE, su resistencia fue verificada por el estudio de Harfouch *et al.* (2019), quienes utilizaron el método de difusión en sensidisco y extractos de *Rosmarinus officinalis* y *Salvia officinalis*. Esta resistencia a múltiples agentes antimicrobianos es causada por varios factores como la membrana externa de baja permeabilidad, la codificación de plásmidos y los sistemas específicos de expresión eflujo de múltiples fármacos (Schweizer, 2003). Los estudios sobre los aceites esenciales de *Salvia officinalis* muestran que la potencia antimicrobiana generalmente se correlaciona con la composición química del aceite (Tepe *et al.*, 2004). Pierozan *et al.* (2009) consideran que la actividad antimicrobiana de *S. officinalis*, podría atribuirse a componentes como  $\alpha$ -tuyona, 1,8-cineol y alcanfor, en este trabajo el alcanfor es el componente principal del aceite esencial (Cuadro 2). Además, se ha demostrado que los compuestos minoritarios de estos AE pueden



presentar un efecto sinérgico con los componentes principales. Las propiedades antimicrobianas derivadas de *S. officinalis* son de gran importancia porque podrían utilizarse como una alternativa a la creciente resistencia de los antibióticos tradicionales frente a infecciones por organismos patógenos (Poulios *et al.*, 2019).

## Conclusiones

Estos resultados demuestran que el método de extracción, la cantidad y la presentación del material vegetal influyeron en el rendimiento del aceite esencial. Los principales compuestos encontrados en la salvia fueron alcanfor, limoneno, canfeno y cariofileno. Estos compuestos están relacionados con las actividades antioxidantes y antimicrobianas. La actividad antioxidante del aceite obtenido por la salvia molida con hidrodestilación y destilación al vapor, fue significativamente igual. Finalmente, los resultados obtenidos concluyeron que el AE de salvia inhibió el crecimiento de *E. coli*, *C. freundii*, *E. agglomerans* y *Salmonella* sp, sin embargo *P. aeruginosa* fue la bacteria más resistente. El aceite esencial de salvia se puede considerar como una alternativa natural para la conservación de alimentos favoreciendo su seguridad y podría ser muy prometedor para el tratamiento de enfermedades infecciosas.

## Literatura Citada

- Alizadeh A. and M. Shaabani. 2012. Essential oil composition, phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity in *Salvia officinalis* L. cultivated in Iran. *Adv. Environ. Biol.* 6: 221-226.
- Baydar H., G. Özkan, S. Erbaş and D. Y. Altındal. 2009. Chemical composition and antioxidant properties of extracts and essential oils of sage and rosemary depending on seasonal variations. *Acta Hort.* 826: 383-390.
- Carneiro N. S., C. Alves, J. M. Alves, M. B. Egea, C. Martins, T.S. Silva *et al.* 2017. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). *An. Acad. Bras. Ciênc.* 89: 1907-1915.



- Conde-Hernández L. A., J. R. Espinosa-Victoria, A. Trejo and J. A. Guerrero-Beltrán. 2017a. CO<sub>2</sub>-supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). J. Food Eng. 200:81-86.
- Conde-Hernández L. A., J. R. Espinosa-Victoria, A. Trejo and J. A. Guerrero-Beltrán. 2017b. Supercritical extraction of essential oils of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*. J. Supercrit. Fluids. 127: 97-102.
- Dob T., T. Berramdane, D. Dahmane, T. Benabdelkader and C. Chelghoum. 2007. Chemical composition of the essential oil of *Salvia officinalis* from Algeria. Chem. Nat. Compd. 43: 491–494.
- Escobar-Muciño E., M. L. Luna-Guevara, M.E. Ramos-Cassellis, G. G. Amador-Espejo, M. Castañeda-Lucio and M. M. Arenas-Hernández. 2020. Evaluation of process involved in the production of aromatic compounds in Gram-negative bacteria isolated from vanilla (*Vanilla planifolia* ex. Andrews) beans. J. Appl. Microbiol. 128: 1086-1098.
- Food and Drug Administration. Substances generally recognized as safe. 2020 Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm?fr=582.20> Accessed Sep. 09.
- Fournomiti M., A. Kimbaris, I. Mantzourani, S. Plessas, I. Theodoridou, V. Papaemmanouil et al. 2015. Antimicrobial activity of essential oils of cultivated oregano (*Origanum vulgare*), sage (*Salvia officinalis*), and thyme (*Thymus vulgaris*) against clinical isolates of *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Klebsiella pneumoniae*. Microb. Ecol. Health Dis. 26: 23289.
- Harfouch R. M., Darwish M., Al-Asadi W., Mohammad A. F., Gharib N.M. and Haroun M. 2019. Antibacterial activity of essential oils of *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* and *Anthemis nobilis* widespread in the Syrian coast. Res. J. Pharm. Technol. 12: 3410-3412.
- Iriti M., G. Colnaghi, F. Chemat, J. Smadja, F. Faoro and F. A. Visinoni. 2006. Histo-cytochemistry and scanning electron microscopy of *Lavender glandular* trichomes following conventional and microwave-assisted hydrodistillation of essential oils: A comparative study. Flavour Fragr. J. 21: 704–712.
- Irshad M., M. Ali Subhani, S. Ali and A. Hussain. 2020. Biological Importance of Essential Oils. Vol. I, pp. 1. In Essential Oils - Oils of Nature. El-Shemy H. (ed). Intech Open. London, England.
- Ivanovic J., D. Misic, I. Zizovic and M. Ristic. 2012. In vitro control of multiplication of some food-associated bacteria by thyme, rosemary and sage isolates. Food Control. 25: 110-116.





- Kammoun El, S. Euch, D.B. Hassine, S. Cazaux, N. Bouzouita and J. Bouajila. 2019. *Salvia officinalis* essential oil: Chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities, S. African J. Bot. 120: 253-260.
- Khalil R. and Z. Li. 2011. Antimicrobial activity of essential oil of *Salvia officinalis* L. collected in Syria. Afr. J. Biotechnol. 10: 8397-8402.
- López de Ávila L. M., H.I. Castaño-Peláez y C.E. Mejía-Gómez. 2013. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Salvia officinalis* sobre microorganismos patógenos transmitidos por alimentos. Actu. Biol. 35: 77-83.
- Luna-Guevara J. J., M. M. P Arenas-Hernandez, C. Martínez de la Peña, J. L. Silva and Luna-Guevara M. L. 2019. The role of pathogenic *E. coli* in fresh vegetables: Behavior, contamination factors, and preventive measures. Int. J. Food Microbiol.
- Maksimovic M., D. Vidic, M. Milos, M. E. Solic, S. Abadzic and S. Sijak-Yakovlev. 2007. Effect of the environmental conditions on essential oil profile in two Dinaric *Salvia* species: *S. brachyodon* Vandas and *S. officinalis* L. Biochem. Syst. Ecol. 35: 473-478.
- Miguel G., C. Cruz, M. L. Faleiro, M. T. Simões, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso *et al.* 2011. *Salvia officinalis* L. essential oils: effect of hydrodistillation time on the chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. Nat. Prod. Res. 25: 526–541.
- Pierozan M. K., G. F. Pauletti, L. Rota, A. C. Atti dos Santos, L. A. Lerin, M. Di Luccio *et al.* 2009. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of *Salvia* L. species. Ciênc. Technol. Aliment. 29: 764-770.
- Poulios E., C. Giaginis and G. K. Vasios. 2019. Current advances on the extraction and identification of bioactive components of sage (*Salvia* spp.). Curr. Pharm. Biotechnol. 20: 845-857.
- Prakash B., A. Kedia, P. K. Mishra and N. K. Dubey. 2015. Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of Agri-food commodities. Food Control. 47: 381-391.
- Prasad K. 2018. Chemical Composition, Antioxidant and Antifungal Activity of Essential Oils of *Pogostemon Amaranthoides* from (Raya-Bajeta Valleys) Pithoragarh, Uttarakhand Himalayas, India. J. of Pharmacol. & Clin. Res. 6: 1-12.
- Re R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Annala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237.



- Ribeiro-Santos R., M. Andrade, N. R. De Melo, F. R. Dos Santos, I. A. Neves, M. G. De Carvalho *et al.* 2017. Biological activities and major components determination in essential oils intended for a biodegradable food packaging, *Ind. Crops Prod.* 97: 201-210.
- Russo A., C. Formisano, D. Rigano, F. Senatore, S. Delfino, V. Cardile *et al.* 2013. Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food Chem. Toxicol.* 55: 42-47.
- Schweizer H. P. 2003. Efflux as a mechanism of resistance to antimicrobials in *Pseudomonas aeruginosa* and related bacteria: unanswered questions. *Genet. Mol. Res.* 2: 48-62.
- Tepe B., E. Donmez, M. Unlu, F. Candan, D. Daferera, G. Vardar-Unlu *et al.* 2004. Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food Chem.* 84: 519-525.



# IDENTIFICACIÓN DE CORRIDAS DE HOMOCIGOCIDAD EN LA OVEJA PELIBUEY USANDO EL SNP50BEACHIP

Lilia E. Cahuich Tzuc<sup>1</sup>, Roberto Zamora Bustillos<sup>1</sup>, Julio P. Ramon Ugalde<sup>1</sup>, Nubia N. Cob Calan<sup>2</sup>, Víctor M. Meza Villalvazo<sup>3</sup>, José Abad Zabaleta<sup>3</sup> y Wilber Hernández Montiel<sup>4\*</sup>

## Resumen

El tamaño de camada es un parámetro productivo importante dentro de la ganadería ovina, ya que representa una mejora en la rentabilidad dentro de un sistema de producción. El objetivo del presente estudio fue la identificación de corridas de homocigocidad asociados a la prolificidad en la oveja Pelibuey. Las corridas de homocigocidad fueron de 2,194 y 2,185 segmentos en 48 animales con una distancia de (0-6 Mb). Los genes candidatos se analizaron en el software DAVID, la alineación con el genoma de referencia (*Ovis\_Aries\_3.1*). El estudio reveló una serie de genes candidatos (*GALNS*, *IGF2BP2*, *PRKCE*, *ARHGAP30* y *PRPF18*) ubicados cerca de SNPs asociados en general a rasgos de las ovejas Pelibuey.

**Palabras claves:** prolificidad, ovino, haplotipo

## Introducción

Las ovejas son un importante recurso genético que a lo largo del tiempo ha sido modificado su acervo genético, en donde la selección natural por la interacción del ambiente y la selección artificial han dado como resultado múltiples rasgos sobresalientes como la resistencia, adaptabilidad y la prolificidad (Wang *et al.*, 2019). La comprensión de la adaptación ambiental, así como la utilización y conservación de los recursos genéticos es esencial para el

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, C.P. 97345;

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico superior de Calkini, Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal Campeche, C.P. 24900

<sup>3</sup> Laboratorio de Biotecnología Animal, Universidad del Papaloapan, Circuito Central No. 200, Parque Industrial, Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68301;

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Papaloapan, Loma Bonita Oaxaca, C.P. 68400. \*Correspondencia: wilber.montiel11@gmail.com



mejoramiento genético. La oveja Pelibuey es una raza que presenta buena adaptabilidad a las condiciones climática y una prolificidad en promedio de 1.5 corderos por parto. La genotipificación en todo el genoma proporciona la información de los marcadores asociados a los múltiples caracteres productivos en las ovejas. Las corridas de homocigosidad conocidos como "runs of homozygosity" (ROH) ha hecho posible analizar la estructura genética de las poblaciones en las diferentes especies (Ceballos *et al.*, 2018; Szmatoła *et al.*, 2020). Los ROH surgen cuando dos copias de un haplotipo ancestral se juntan en un individuo, sin embargo, cuando existen cruzamientos entre organismos emparentados (endogamia), los individuos expresan características no deseadas. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo investigar las características de ROH utilizando el Illumina Ovine50SNP BeadChip,

## **Materiales y Métodos**

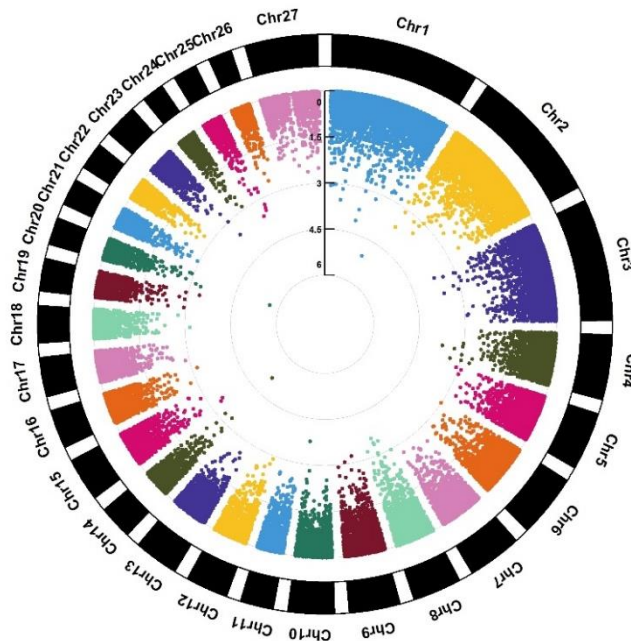
El análisis se realizó sobre una población de 48 ovejas Pelibuey, todas hembras con dos corderos por nacimiento (prolífica,  $n = 24$ ) y con un solo cordero al nacimiento (no-prolífica,  $n = 24$ ), las ovejas no prolíficas se consideraron control. Para ambos grupos, las ovejas fueron seleccionadas a través de registros productivos. La muestra de sangre se tomó a través de un tubo vacutainer con K2 EDTA 7,2 mg (0,4 mL) (Vacutainer Hemogar®), obtenido directamente en la vena yugular, obteniendo 4 mL de cada oveja. El ADN genómico fue genotipado utilizando Illumina OvineSNP50 BeadChip. Se utilizó el software PLINK (v1.09) (Purcell *et al.*, 2007) para el control de calidad de los datos y los siguientes estándares fueron la eliminación de loci SNP con una tasa de llamada ( $\geq 0.95$ ) y posiciones desconocidas, SNPs con un alelo menor frecuencia (MAF) ( $p\text{-value} \geq 0.05$ ). Y se aplicó el equilibrio de Hardy-Weinberg ( $p\text{-value} > 0.001$ ). Para la detección de ROH, se emplearon los siguientes criterios: 1) una ventana de 20 SNPs (-- homo-zyg-window-snp 20), 2) se permitió la ausencia de SNP (--homozyg-window-missing 1), 3) la longitud mínima de un segmento ROH fue de 1 Mb (--homozyg-kb 100), 4) la densidad mínima de SNP fue de 1 SNP por 100 kb (-- homozyg-density 100), 5) la brecha máxima entre dos SNP consecutivos fue de 1000 kb (--homozyg-gap 1000), 6) la tasa en la que se incluyó un SNP en el total de ventanas corredizas fue de  $p < 0.05$  (-- homo-zyg-window-threshold 0.05) como se ha reportado anteriormente (Ceballos *et al.*, 2018; Meyermans



*et al.*, 2020). Se calcularon los ROH, para la detección consecutiva basada en SNP implementado en el paquete R "detectRUNS" (Biscarini *et al.*, 2019). Se estimaron los ROH para cada animal y luego se categorizaron en las clases de tallas de ROH correspondientes: (0–6 Mb, 6–12 Mb, 12–24 Mb, 24–48 Mb, >48 Mb)

## Resultados y Discusión

Un total de 54,241 SNPs fueron analizados usando el PLINK (v1.09), el análisis de control de calidad tuvo un universo de muestras provenientes de 48 individuos. Del conjunto de datos 1,702 SNPs con baja tasa de llamada < 95% y se eliminaron alrededor 4,394 variantes debido a un bajo MAF, por lo tanto, solo 48,145 SNPs pasaron la prueba de calidad. La distribución de los 48,145 SNPs se muestran los marcadores en todo el genoma de la oveja Pelibuey además de la identificación de genes con actividad (Figura 1).



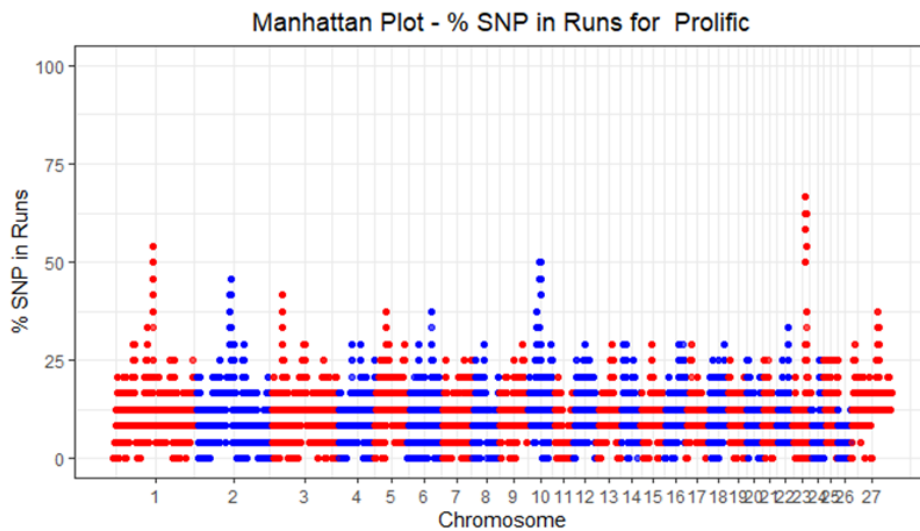
**Figura 1. Circular-Manhattan muestra la densidad de los marcadores en todo el genoma en la oveja Pelibuey.**

La prueba de HWE se utilizó con un nivel de significancia de  $p < 0.001$ , y se eliminaron 94 marcadores, la tasa total del genotipado en los individuos restantes fue de 0.984735, dejando



un total de 54,147 SNPs en 48 ovejas Pelibuey. Se detectaron los ROH en los autosomas de cada equilibrio, como resultado se identificaron 48, 683 SNPs en ROH ( $r^2$ ) en 48 ovejas Pelibuey, fueron identificadas 348 regiones de filas de homocigosidad. La frecuencia de ROH más cortos (0-6) predominó; el número de estos ROH representó el 85% del número total de ROH. En total se identificaron 2,194 SNPs en ROH (0-6 Mb), 114 (6-12 Mb), 44 (12-24 Mb), 17 (24–48 Mb) y 8 (>48 Mb) en el grupo de las Prolíficas y 2,185 SNPs en ROH (0-6 Mb), 99 (6-12 Mb), 28 (12-24 Mb), 3 (24–48 Mb) y 0 (>48 Mb) en el grupo de las No-prolíficas.

En la Figura 2, se aprecia un decaimiento de una serie de SNPs en el cromosoma 23, lo cual sugiere, que esto ocurre con relativa frecuencia dentro de un ROH en las ovejas Pelibuey prolíficas. He *et al.* (2020), identificaron 6,039 ROH, utilizando longitudes diferentes a nuestros resultados pues la mayoría de los ROH que se detectaron fueron menores de 10 Mb (ROH 1-5 Mb y ROH 5-10 Mb), o que representó el 88,77% del número total de ROH. Además, la frecuencia de ROH entre 10 Mb y 20 Mb fue del 8,40%, mientras que se detectaron relativamente pocos ROH largos (más de 20 Mb de longitud), siendo evidente que entre mayor sea la longitud la cantidad de ROH será menor.



**Figura 2. Distribución y cobertura de homocigosidad para cada autosoma en ovejas Pelibuey.**

El grafico de Manhattan muestra la distribución y cobertura de homocigosidad para cada autosoma en ovejas Pelibuey, de las dos muestras prolíficas y no prolíficas, Mastrangelo 2017, muestra como en razas de perro Braque Francais, la proporción de corridas en los perros en

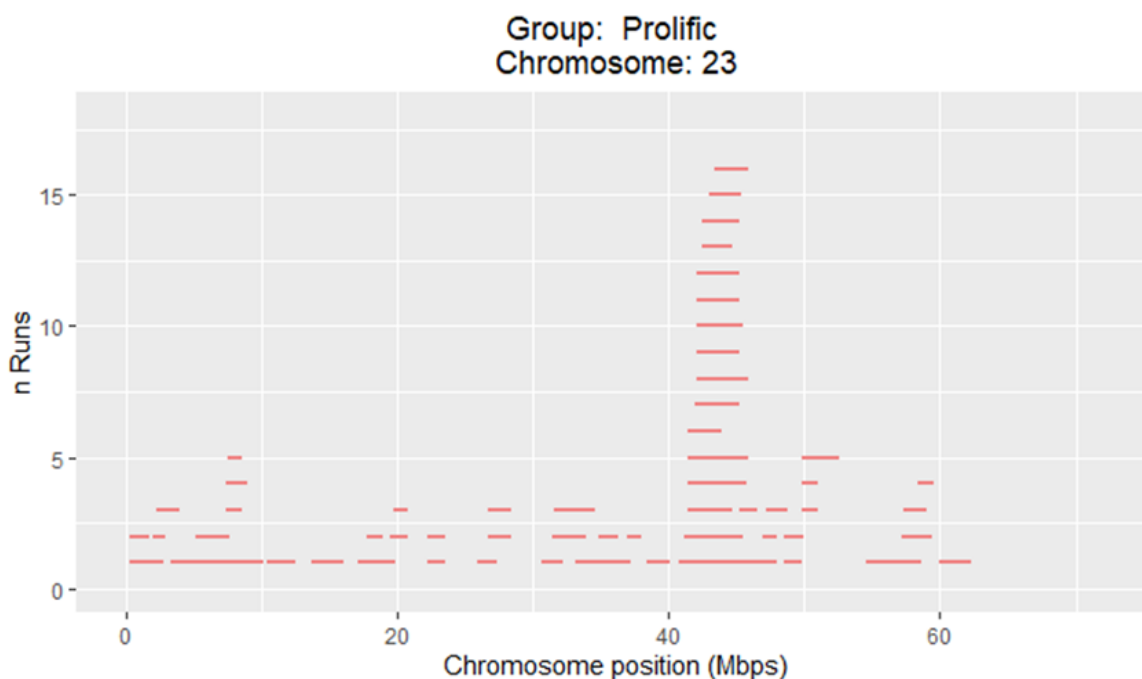


que cada SNP cae con relativa frecuencia dentro de un ROH, al comienzo del cromosoma 22 (5-10 Mb) hay un fragmento de ROH en la mayoría de los perros y en nuestras muestras se puede observar que en las ovejas prolíficas sobresale el cromosoma 1,10 y 23 (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Identificación de marcadores en ROH y genes asociados a la prolificidad.**

CHR	SNP1	Gene	SNP2	Gene	POS1	POS2	KB	DENSITY
1	OAR1_201997957.1	KALRN	OAR1_215643205.1	IGF2BP2	187206125	199687573	12481.449	48.756
1	s43141.1	ARHGAP30	s32974.1	--	110628203	116106287	5478.085	49.801
3	OAR3_82822873.1	PRKCE	s30214.1	SLC8A1	78138699	83860501	1.803	47.682
13	s11853.1	NEBL	s48212.1	PRPF18	21378154	27332459	5954.306	53.163
14	s32850.1	--	s20732.1	GALNS	6961648	13555200	6593.553	62.796

De igual manera, en la Figura 3 se puede observar el cromosoma 23 hay una serie de SNP que cae relativamente dentro de un ROH, siendo estos ROH largos por lo que se pueden entender que hay una racha de homocigosidad y consanguinidad a comparación de las no prolíficas, que, aunque se aprecia una corrida de homocigosidad, sus regiones son cortas ya que se entiende que su consanguinidad es distante pero presente.



**Figura 3. Corridas de homocigosidad (ROH) detectadas en el cromosoma 23 en ovejas prolíficas.**



## Conclusiones

Se identificaron un total de 348 regiones en RHO y 245 genes son candidatos para reconstruir una ruta metabólica que pueda explicar el mecanismo que regula la expresión génica en ovejas de doble parto y parto único. Además, en un primer acercamiento preliminar este estudio debe ser complementado con un análisis de red de genes en STRING, para clasificar la relación de estos genes, así mismo, un análisis de ontología de los genes para poner de manifiesto la posible actividad y participación de los genes en la prolificidad.

## Literatura Citada

- Biscarini, F., C. Paolo, G. Giustino and M. Gabriele. 2019. Detect Runs of Homozygosity and Runs of Heterozygosity in Diploid Genomes. *Am. J. Hum. Genet.* 81(3):559-75.
- Ceballos, F. C., H. Scott and R. Michele. 2018. Runs of Homozygosity in Sub-Saharan African Populations Provide Insights into a Complex Demographic and Health History Francisco. *BioRxiv* 3(2).
- He, S., D. Jiang, H. Bing, C. Lei, L. Mingjun and L. Wenrong. 2020. Genome-Wide Scan for Runs of Homozygosity Identifies Candidate Genes Related to Economically Important Traits in Chinese Merino. *Animals* 10(3):1-13.
- Meyermans, R., W. Gorssen, N. Buys and S. Janssens. 2020. How to Study Runs of Homozygosity Using Plink? A Guide for Analyzing Medium Density Snp Data in Livestock and Pet Species. *BMC Genomics* 21(1).
- Purcell S., B. Neale, K. Todd-Brown, L. Thomas, M. A. R. Ferreira, D. Bender et al. 2007. PLINK: A Tool Set for Whole-Genome Association and Population-Based Linkage Analyses. *Am. J. Hum. Genet.* 81(3):559-75.
- Szmatoła T., I. Jasielczuk, E. Semik-Gurgul, M. Szyndler-Nędza, T. Blicharski, K. Szulc, et al. 2020. Detection of Runs of Homozygosity in Conserved and Commercial Pig Breeds in Poland. *J. Anim. Breed. Genet.* 137(6):571-80.
- Wang W., X. Zhang, X. Zhou, Y. Zhang, Y. La and Y. Zhang. 2019. Deep Genome Resequencing Reveals Artificial and Natural Selection for Visual Deterioration, Plateau Adaptability and High Prolificacy in Chinese Domestic Sheep. *Front. Genet.* 10(April):1-11.





# USO DEL VENENO DE ESCORPIÓN AZUL CUBANO (*Rhopalurus junceus*) COMO TRATAMIENTO ANTITUMORAL EN PERROS

José Andrés Aguilar Gómez<sup>1,2</sup>, Rebeca Isabel Vergara Reyes<sup>1</sup>, Yroel Luis Betancourt Herrera<sup>2</sup> y Belisario Domínguez Mancera<sup>1\*</sup>

## Resumen

El cáncer es una de las causas de muerte más común en perros y afecta cánidos de todas las razas, edades y géneros. La complejidad del cáncer, así como el pronóstico depende de múltiples factores como son la localización anatómica, el comportamiento biológico, el estadio clínico, desarrollo de metástasis, entre otros. Se analizó el efecto de la Toxina “veneno de escorpión azul” (*Rhopalurus junceus*) en pacientes *Canis lupus familiaris* con diferentes tipos de cáncer y condición clínica sobre la remisión del cáncer. Se seleccionaron 60 perros con distintos tipos de cáncer. Variables como el género, esterilización y edad fueron registradas y analizadas para estudiar si había relación con el resultado del tratamiento. Se utilizaron dos tipos diferentes de tratamiento: la toxina (Magnatox) y la toxina en combinación con quimioterapia. No hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) entre los dos grupos tratados, aunque se observa un mayor número de casos de remisión en pacientes jóvenes; por último, las variables no influyeron en el efecto de los tratamientos en los pacientes.

**Palabras clave:** cáncer, *Canis lupus familiaris*, toxinas

## Introducción

El cáncer es uno de los mayores problemas de salud en perros y gatos (Urry *et al.*, 2017). Se calcula que 1 de cada 4 perros y/o gatos morirá de cáncer o de alguna enfermedad relacionada

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología Celular, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, C.P. 91710.

\*Correspondencia: beldominguez@uv.mx

<sup>2</sup> Clínica Veterinaria Amerivet Cancún; especializada en Oncología, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México.



con el cáncer, de acuerdo con la Asociación Médica Veterinaria Americana (AVMA, 2021), el cáncer causa aproximadamente el 50% de las muertes de las mascotas mayores de 10 años. Algunos de los cánceres más comunes en mascotas son: de piel, de pecho, de cabeza y cuello, linfoma, leucemia, cáncer testicular, abdominal y de hueso. Los perros tienden a desarrollar este tipo de enfermedades mucho más que los gatos (AVMA, 2021). El término “cáncer” es genérico y describe un amplio abanico de condiciones de apariencia diversa, las características que estas complicaciones tienen en común son: crecimiento incontrolado, proliferación de células huésped y detrimento del hospedador. La mayoría de los cánceres son de origen natural, a partir de la transformación de un único precursor o célula madre; aunque los acontecimientos que conducen a esta transformación neoplásica no se conocen completamente, se sabe que el cambio principal se encuentra relacionado con el desorden de los mecanismos genéticos normales que controlan el crecimiento, división y la diferenciación celular, es por ello por lo que el cáncer es una enfermedad genética de células somáticas (Dobson, 2014). En el tratamiento de este grupo de enfermedades, se utilizan tradicionalmente fármacos citostáticos, radiaciones y cirugía, en la actualidad han surgido una serie de tratamientos alternativos que incluyen la terapia génica, elementos promotores de inmunogenicidad y otros que aceleran el proceso de apoptosis celular (Gao *et al.*, 2007). Se ha reportado el uso de sustancias tóxicas (toxinas) extraídas de insectos y/o plantas con propiedades antibacterianas, antifúngicas e incluso anticancerígenas; tal es el caso de la toxina del alacrán azul (*Rhopalurus junceus*). El uso terapéutico de la toxina del alacrán azul contra el cáncer fue descubierto por el Biólogo Cubano Misael Bordier; a dicha toxina se le atribuyen propiedades antimicrobianas y antitumorales demostradas a través de estudios preclínicos (Rodríguez *et al.*, 2004). A pesar de los resultados obtenidos en investigaciones preclínicas y clínicas en humanos, no se reconocen como evidencia científica documentada los reportes realizados hasta el momento, aunque las referencias sobre sus efectos y curas son sugerentes de una posible actividad y utilidad terapéutica (Perez *et al.*, 2004). Por todo ello, se analizaron estudios clínicos en perros afectados con diferentes tipos de Cáncer, con el fin de evaluar si el extracto natural obtenido del apéndice terminal del alacrán azul ayuda en el tratamiento del Cáncer.



## **Materiales y Métodos**

El presente proyecto se realizó en la Clínica Veterinaria Amerivet Cancún. Especializada en Oncología, ubicada en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México y en colaboración con el Laboratorio de Biología Celular de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana.

Las Unidades experimentales fueron perros diagnosticados con cáncer dentro del periodo de enero 2018 a junio 2021. Para el diagnóstico del cáncer, se procedió a la toma de muestras de perros recolectadas por medio de punción con aguja de 22 G x 32 mm directamente del tumor y se envió al laboratorio para citología. Las muestras fueron colectadas de diferentes procesos tumorales, los pacientes fueron de diferente género, raza, edad, y peso.

### **Metodología de diagnóstico de cáncer**

Para la obtención de la muestra y su envío al laboratorio para el diagnóstico de cáncer se utilizó la metodología propuesta por Martínez De Merlo (2008), esta se realiza de la siguiente manera, se realiza la punción con aguja fina (PAF) directamente en el proceso neoplásico, la toma de muestras se realiza sin ejercer succión. La aguja se introduce en la lesión y se mueve varias veces sin llegar a sacarla, en diferentes direcciones y profundidades, los pases de la aguja son rápidos y a la suficiente profundidad a una frecuencia de tres pases por segundo. Una vez recogido el material, se conecta la aguja a una jeringa llena de aire y se procede a su expulsión sobre un portaobjetos. Cuando se realiza la expulsión del material obtenido por PAF, la punta de la aguja y el portaobjetos deben estar muy próximos. Si se realiza a distancia, el material se puede dispersar en múltiples gotas que se secan rápidamente, lo que impide la realización de una correcta extensión. En el caso de obtener gran cantidad de material se distribuye en varios portaobjetos para evitar que las extensiones queden gruesas. La forma de realizar la extensión es primordial para obtener muestras de buena calidad en las que es posible realizar un diagnóstico citológico correcto. Una buena extensión debe asegurar un monocapa celular que pueda teñirse uniformemente. En general, se pretende conseguir una extensión en forma de “flama” que ocupe un máximo de 2/3 del portaobjetos; de esta forma se evita una excesiva dispersión de células o que éstas se dispongan en los bordes, lo que provoca su deformación y no permite una correcta tinción. En muestras contaminadas con sangre se realiza la técnica aplicada en frotis sanguíneos, acercando el borde corto del segundo portaobjetos a la muestra



desde delante de la misma, manteniendo un ángulo aproximado de 30°- 40°, para proceder a su deslizamiento desde el momento en que contacte con la gota de material (Martínez De Merlo, 2008).

### Protocolo de tratamiento

Las moléculas empleadas para el tratamiento del cáncer dependen del tipo de tejido en el cual el cáncer ha afectado; la edad del animal, la gravedad (estado del cáncer), del género y de la condición de esterilización del perro. Las moléculas empleadas son: Sulfato de vincristina, vinblastina, L- asparaginasa, Carboplatino, Epirubicina, Doxorubicina, Toceranib, Clorambucilo, Metotrexato, entre otros. El medicamento MAGNATOX (Toxina), Vial del veneno de escorpión azul (*Rhopalurus junceus*) a una concentración de 10 mg/mL. Se utiliza en dosis de 1-2 mg/10 kg de pesos vivo en dosis creciente, aunque se pueden utilizar dosis altas dependiendo del estado del paciente y su reacción ante la toxina. Puede ser aplicado de manera Intravenoso (IV) o subcutáneo (SC).

El tratamiento constó de 4 etapas:

1era etapa, intensiva: 1 mg/10 kg cada 24 horas por 8 días consecutivos SC.

2da etapa, semintensiva: 1.3 mg/10 kg cada 7 días por 4 semanas consecutivas SC.

3era etapa, mantenimiento 1: 1.7 mg/10 kg cada 14 días por 56 días (4 aplicaciones) SC.

4ta etapa, mantenimiento 2: 2 mg/10 kg cada 28 días por 112 días (4 aplicaciones totales) SC.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico STATISTICA V10 (2011), para la elaboración de las gráficas, se utilizó el paquete Sigma Plot v11 (2010). El Cuadro 1 muestra las variables analizadas.

**Cuadro 1. Variables utilizadas para los análisis estadísticos.**

Variables categóricas	Variables Continuas
a) Tratamiento (Toxina o Combinado)	a) Edad (años)
b) Género (Macho y Hembra)	b) Categoría de edad (Joven <7 años, Geriátrico >7 años)
c) Esterilización (Si y No)	c) Peso (Kilogramos)
d) Tejido principal afectado	d) Aplicaciones (N)
	e) Tiempo de tratamiento (N)



La variable de respuesta fue la remisión o no-remisión del tumor, catalogada como una binomial donde el éxito es la remisión del tumor (1) y el fracaso la no-remisión del tumor (0), con estas características se utilizó las tablas de contingencia (2 x 2) y la distribución de probabilidades de  $\chi^2$  para determinar diferencias con un nivel de significancia de 0.05 ( $p < 0.05$ ) entre las variables categóricas y la remisión o no del cáncer. Respecto a las variables continuas se realizó la prueba “t” de Student con una significancia de 0.05 ( $p < 0.05$ ) para dos muestras independientes (remisión y no remisión del cáncer) y reportar diferencias entre las dos muestras. Por último, se realizó el análisis de regresión logística donde la finalidad es encontrar la probabilidad de remisión del cáncer dado algunas variables continuas (cantidad de aplicaciones y tiempo del tratamiento). Con el modelo:

$$\ln \left( \frac{p(Y = k|X = x)}{1 - p(Y = k|X = x)} \right) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Donde:

ln= Logaritmo natural del cociente del éxito (p) sobre la probabilidad del fracaso (1-p).

Y= es la variable de respuesta y toma valores de 0 y 1.

X = variable independiente y puede tomar valores continuos dentro de la recta de los números reales.

$B_0$ = es el intercepto, valor de “Y” cuando “X” toma valor de cero “0”.

$B_1$  = es la pendiente, valor de cambio (coeficiente angular) de “Y” por cada unidad de “X”.

## Resultados y discusión

En primera instancia se decidió analizar si el tratamiento con la toxina del veneno de escorpión azul (*Rhopalurus junceus*) solo o combinado con sustancias anticancerígenas afectaba la respuesta de remisión del cáncer (Cuadro 2), es importante recalcar que sólo se usa con una molécula dependiendo del tipo de cáncer. Con esta propuesta metodológica se busca que los medicamentos combinados (Quimioterapéutico + Toxina) promuevan una sinergia y se potencialicen los efectos antitumorales. Después de haber realizado el análisis del tratamiento solo o combinado con quimioterapéuticos se decidió determinar si el género del perro afectaba



la respuesta de remisión del cáncer con el tratamiento del veneno de escorpión azul (*Rhopalurus junceus*).

**Cuadro 2. Análisis del efecto del tratamiento solo (Toxina) o Combinado (Quimioterapéutico + Toxina) sobre la remisión o no remisión del cáncer.**

Perros	Unidad	Tratamiento Toxina	Tratamiento Combinado	Total
Remisión	n	7	25	32
	%	11.67	41.67	53.33
No remisión	n	9	19	28
	%	15.00	31.67	46.67
Total	n	16	44	60
	%	26.67	73.33	100.00

N=60, No hay diferencia significativa entre los grupos de tratamientos analizados  $\chi^2 = 0.81$  ( $p = 0.3696$ )

El Cuadro 3 muestra el número de machos y hembras analizados y su análisis estadístico, donde no se encuentran diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con esta variable de análisis.

**Cuadro 3. Análisis del efecto del género sobre la remisión o no remisión del cáncer.**

Perros	Unidad	Género Hembra	Género Macho	Total
Remisión	n	17	15	32
	%	28.33	25.00	53.33
No remisión	n	19	9	28
	%	31.67	15.00	46.67
Total	n	36	24	60
	%	60.00	40.00	100.00

N=60, No hay diferencia significativa entre los géneros y la remisión o no del cáncer,  $\chi^2 = 1.35$  ( $p = 0.2452$ ).

Existen reportes en los cuales las hembras no esterilizadas muestran mayores probabilidades de padecer diversos tipos de cáncer, principalmente neoplasias mamarias. Aunque estos suelen ser de bajo grado de malignidad. Se ha reportado que esterilizar una perra antes de alcanzar su madures sexual disminuye las posibilidades de padecer cáncer. Por esta razón se decidió analizar si la condición de esterilización del perro afectaba la respuesta de remisión del cáncer con el tratamiento del veneno de escorpión azul (*Rhopalurus junceus*) los resultados se muestran en el Cuadro 4.



**Cuadro 4. Análisis del efecto de la esterilización del perro sobre la remisión o no remisión del cáncer.**

Perros	Unidad	Esterilización Si	Esterilización No	Total
Remisión	n	16	16	32
	%	26.67	26.67	53.33
No remisión	n	15	13	28
	%	25.00	21.67	46.67
Total	n	31	29	60
	%	51.67	48.33	100.00

N=60, No hay diferencia significativa entre perros esterilizado o no esterilizados sobre la remisión o no del cáncer,  $\chi^2 = 0.08$  ( $p= 0.7824$ ).

Al analizar la variable género y la condición de esterilidad del perro, surgió la pregunta de si la edad afectaba la respuesta del tratamiento con la toxina, es por ello por lo que se decidió analizar la edad del perro catalogado como joven-adulto ( $\leq 7$  años) o geriátrico ( $> 7$  años), los resultados se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Análisis del efecto de la edad del perro; joven-adulto ( $\leq 7$  años) o geriátrico ( $> 7$  años), sobre la remisión o no remisión del cáncer.**

Perros	Unidad	Joven-Adulto ( $\leq 7$ años)	Geriátrico ( $> 7$ años)	Total
Remisión	n	18	14	32
	%	30.00	23.33	53.33
No remisión	n	9	19	28
	%	15.00	31.67	46.67
Total	n	27	33	60
	%	45.00	55.00	100.00

N=60, No hay diferencia significativa entre perros de  $<$  de 7 años y geriátricos sobre la remisión o no del cáncer,  $\chi^2 = 3.51$  ( $p= 0.0611$ ).

Después de haber analizado las características del perro (género, esterilización y edad), se decidió analizar si la toxina afectaba algún tipo de cáncer en especial, por tal motivo en primer paso fue cuantificar los tipos de cáncer analizados en el periodo de tiempo; y al haber un número considerable de diferentes tipos de cáncer, se categorizaron con base en el tejido principal afectado y si el tratamiento con la toxina afectaba su presencia (Cuadro 6).



**Cuadro 6. Análisis del efecto de la toxina del veneno del escorpión azul sobre el tipo de tejido principal afectado del cáncer sobre la remisión o no remisión.**

Perros	Unidad	TejidoLinfoide	Hueso	Musculo Liso	Sangre	Piel	Glándula	Otros (epitelios)	Total
Remisión	n	9	4	2	1	11	3	2	32
	%	15.00	6.67	3.33	1.67	18.33	5.00	3.33	53.33
No remisión	n	7	0	0	2	12	6	1	28
	%	11.67	0.00	0.00	3.33	20.00	10.00	1.67	46.67
Total	n	16	4	2	3	23	9	3	60
	%	26.67	6.67	3.33	5.00	38.33	15.00	5.00	100.00

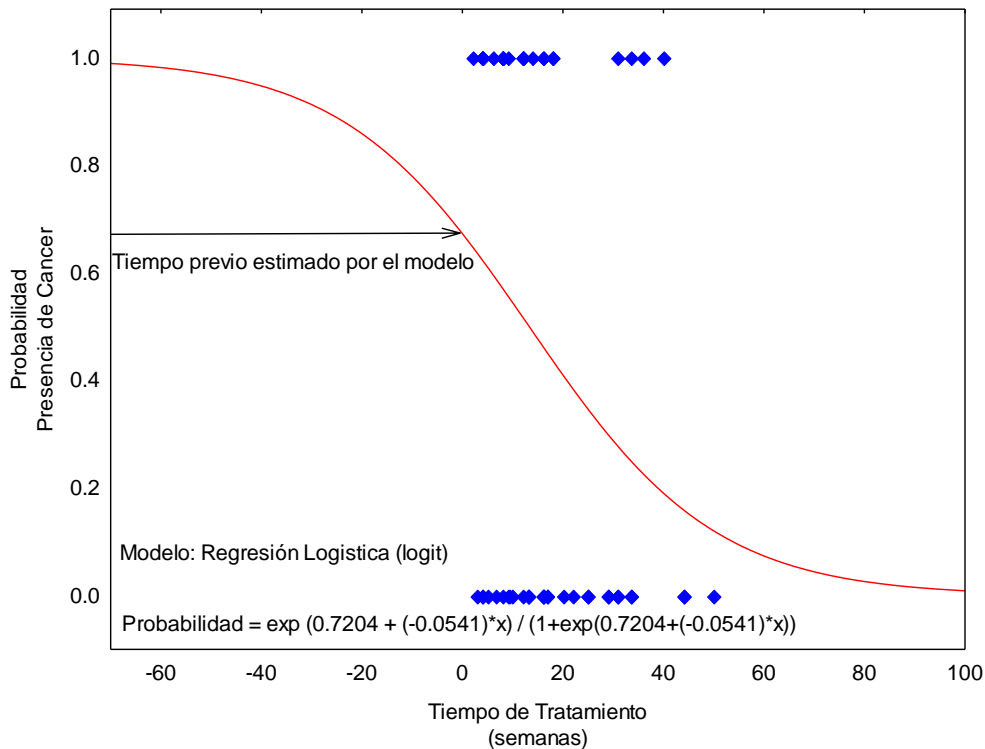
N=60, No hay diferencias significativas respecto al tipo principal de tejido afectado y la respuesta del tratamiento con la toxina del escorpión azul ( $p > 0.05$ ).

Los principales tipos de tumores que se presentaron a la clínica fueron de piel y tejido subcutáneo, con mayor prevalencia los Mastocitomas (38.33%) seguido del Hemangiosarcoma cutáneo, En segundo lugar, las neoplasias con mayor prevalencia fueron las neoplasias de tejido linfático (26.67%), como principal tumor los linfomas. El tercer tumor de mayor prevalencia fueron los tumores de origen glandular (15.00%) con los adenomas y los adenocarcinomas. Por otro lado, el 53.33% de los pacientes tratados con el producto *Magnatox* entraron en fase de remisión total, es decir “se encuentran libres de cáncer”. Además, el 40% de los animales tratados entraron en remisión parcial sin alcanzar la remisión total. Algunos de los factores que influyen en estos son resultados son, el abandono del tratamiento, la disminución de la efectividad del fármaco y el deceso de los pacientes antes de concluir la terapia. No obstante, en algunos casos, el veneno disminuyó el tumor de manera satisfactoria para realizar la escisión quirúrgica de las neoplasias. Es importante conocer qué tipo de cáncer presenta el perro para su tratamiento y con ello determinar si la biotoxina es eficaz en determinadas células tumorales. De igual manera el conocer el tiempo de tratamiento y cuantas aplicaciones fueron necesarias para determinados tipos de cáncer y si funciona el tratamiento o no, es decir si hubo remisión total, parcial o simplemente el tratamiento no funciono; por tal motivo se decidió determinar el tiempo y las aplicaciones para observar la remisión o no del cáncer con el tratamiento de la toxina. En la Figura 1, se muestra mediante un modelo de regresión logística (sigmoide, forma de “S”), la probabilidad de la presencia del cáncer en relación con el tiempo de tratamiento con la toxina medido en semanas; se puede observar que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento, la probabilidad de la presencia



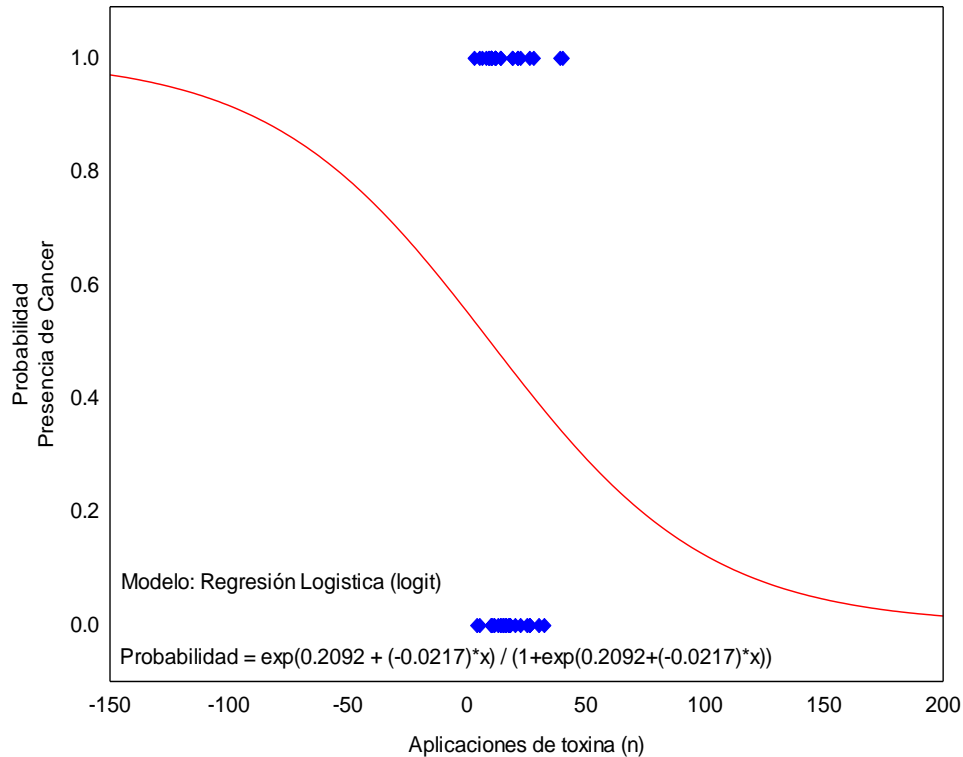


del cáncer disminuye. En el eje “X” se muestran valores negativos los cuales describen el tiempo previo al tratamiento del cáncer ajustados por el modelo, en el eje “Y” se muestra la probabilidad de la presencia del cáncer. Dentro de la figura el modelo estadístico describe el comportamiento de la probabilidad de la presencia del cáncer en función del tiempo (semanas) de tratamiento.



**Figura 1. Probabilidad de presencia del cáncer en función del tiempo de tratamiento. En el eje “X” se muestran los valores del tiempo del tratamiento (semanas) en el eje “Y” se muestran los valores de probabilidad de la presencia del cáncer.**

En este mismo orden de ideas, se decidió analizar el número de aplicaciones probables para observar un efecto en la remisión o no del cáncer, los resultados fueron analizados con el modelo de regresión logística y se muestran en la Figura 2. Donde se puede apreciar que a medida que aumentan el número de aplicaciones la probabilidad de la presencia del cáncer se va reduciendo.



**Figura 2. Probabilidad de presencia del cáncer en función del número de aplicaciones. En el eje “X” se muestran el número de aplicaciones de la toxina; en el eje “Y” se muestran los valores de probabilidad de la presencia del cáncer.**

Por último, se colocaron los valores descriptivos de los pacientes los cuales se utilizaron para los tratamientos, mismo que se observan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Características principales de los pacientes.**

Descriptores del perro	Unidad	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Edad	Año	7.32	0.70	14.00	3.35
Peso	kg	19.78	3.30	42.30	10.40
Aplicaciones	n	16.34	2.00	50.00	11.99
Duración Tratamiento (semanas)		4.08	0.50	14.00	3.05

Aunque los resultados generales no fueron significativos, es importante considerar las características particulares y la variabilidad de los tipos de cáncer presentados en este trabajo; además, el éxito de las terapias anticancerígenas es limitado debido a variables como el diagnóstico tardío, la baja selectividad de la quimio y radioterapia, la ineffectividad hacia la



metástasis, la resistencia a los fármacos o los múltiples efectos adversos. La mejora del tratamiento del cáncer implica la búsqueda de nuevas fuentes naturales con potencial contra el cáncer, las toxinas como el veneno del escorpión han demostrado ser fuentes naturales adecuadas debido a sus potencialidades como agentes anticancerígenos (Ding, 2014). En este trabajo se demostró que el veneno de escorpión *Rhopalurus junceus* combinado con otros tratamientos oncológicos tradicionales pueden inducir a un paciente a un estadio de remisión parcial/total. Habiendo mejores resultados en comparación con un paciente que es tratado con quimioterapéuticos comunes. Aunque las diferencias entre los grupos tratados fueron mínimas, hubo un mayor porcentaje de perros que lograron la remisión total con la aplicación de la toxina combinada con otros medicamentos oncológicos.

En algunos trabajos publicados, se ha demostrado que el veneno del escorpión *Rhopalurus junceus* es citotóxico para las líneas de células cancerosas de origen epitelial (Dioguardi *et al.*, 2020), lo que disminuye la viabilidad de células tumorales epiteliales y no afecta las células normales (Yglesias-Rivera *et al.*, 2019). Díaz-García *et al.* (2013), reportan que el veneno de *Rhopalurus junceus* induce un efecto anticanceroso selectivo y diferencial contra las células cancerosas epiteliales. Los cuatro casos presentados de osteosarcoma reportaron remisión total de la neoplasia. La herramienta terapéutica principal usada para el osteosarcoma es la amputación del tumor primario combinado con quimioterapia (Liptak *et al.*, 2006) y la esperanza de vida para estos pacientes es de aproximadamente 1 año (Simpson *et al.*, 2017). Además, se ha estimado que alrededor del 50% de los perros que sobreviven después de un año, desarrollarán metástasis (Culp *et al.*, 2014), por lo que es necesario identificar alternativas de tratamiento eficaces para el osteosarcoma canino. En este sentido, los péptidos obtenidos del veneno animal se consideran potentes y de alta selectividad; es por ello que el veneno de escorpión se ha propuesto como una alternativa terapéutica anticancerígena prometedora debido a su capacidad de inducir apoptosis en las células tumorales; así como, de inhibir su proliferación, invasión, metástasis y angiogénesis (Mikaelian *et al.*, 2020). No obstante, debido a la complejidad sistémica del cáncer, es necesario realizar más investigación para determinar la efectividad de los componentes del veneno de escorpión azul como opción terapéutica para el cáncer en perros. Los resultados del presente estudio muestran que los tumores óseos al igual que los de músculo responden mejor que los otros tipos de tumores; ya que, la remisión de esos casos fue total. En los casos de osteosarcomas después de la amputación del



miembro no presentaron metástasis a pulmón siendo este uno de los tumores con mayor probabilidad de provocar metástasis. Aunque al tener un número de pacientes reducidos de las neoplasias antes mencionadas se necesitan realizar más estudios de los casos. Por otro lado, alrededor del 40% de las neoplasias identificadas fueron de origen cutáneo, estos resultados concuerdan con que este tipo de cáncer constituye uno de los más frecuentes en el perro doméstico (AVMA, 2021). El mastocitoma cutáneo puede presentarse manera benigna o con alto grado de malignidad y el pronóstico está relacionado en gran medida con el grado histológico de la neoplasia (Sales-Cavalcante *et al.*, 2020).

Uno de los factores de riesgo asociados con la presencia del cáncer es el género; las hormonas sexuales influyen en el desarrollo de neoplasias, ya que las hembras presentan mayor desarrollo tumoral, pero este no es un factor de riesgo en el comportamiento benigno o maligno de la neoplasia (De la cruz-Hernandez, *et al.*, 2017). Al concluir la investigación no se pudo observar diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en cuanto a si la remisión del paciente se vea influenciada por del género del animal. Sin embargo, se logró observar que las hembras son más propensas a presentar algún tipo de cáncer en comparación con los machos. El género es un factor que influye en el desarrollo de ciertas neoplasias, ya que existen estudios que demuestran que un desbalance hormonal provoca estimulación excesiva en algunos órganos con células hormono-dependientes (De la cruz hernandez, *et al.*, 2017). El presente estudio no se encontraron resultados con respecto a si el gobierno hormonal por el aparato reproductor del animal tenía algún tipo de influencia en la actividad antitumoral del veneno en los animales esterilizado y no esterilizados; no obstante, son pocos los datos para poder asumir una postura sobre si el gobierno hormonal de hembras o machos esterilizado o no esterilizados no tiene efecto sobre la respuesta antitumoral de los pacientes tratados con el veneno del escorpión *Rhopalurus junceus*. Otro de los factores analizados en la presencia y tratamiento del cáncer en perros fue la edad; esta característica, resulto ser un factor importante en la aparición de casi todos los tipos de neoplasias. Los animales geriátricos resultaron más afectados (Elgue *et al.*, 2012). No se encontró diferencia significativa entre si la edad influenciaba el efecto antitumoral en pacientes geriátricos o jóvenes; sin embargo, se pudo observo un mayor número de perros jóvenes que presentaban mayores signos de intoxicación al momento de la aplicación (datos clínicos no analizados). Esto debido probablemente a que los perros jóvenes recibían dosis más elevadas en comparación con los perros geriátricos.



Respecto al tiempo de tratamiento y el número de aplicaciones, se logró observar una mejoría y disminución del tamaño de los tumores aproximadamente 1 semana después del inicio del tratamiento; a las 10 semanas de tratamiento (Figura 1), se logró una remisión parcial-total de los pacientes tratados y únicamente se continuaba con una fase de mantenimiento en la cual se colocaba al paciente bajo observación y se continuaba con el tratamiento en casa. Lamentablemente muchos pacientes al terminar la segunda fase del tratamiento cuando los tumores mostraban reducir en su tamaño abandonaban el tratamiento al entrar en fase de remisión parcial. Provocando de esta manera desconocimiento si el paciente no volvió a presentar algún indicio de presencia de tumor entrando en fase de remisión total o se hubiese provocado una recaída manteniéndose en remisión parcial. El veneno provoca pocos síntomas adversos analizados en seres humanos (Díaz-García *et al.*, 2013), los reportes han descrito la presencia de dolor y prurito en el área de aplicación del veneno, 30 min antes de la aplicación del medicamento se aplica una dosis de difenhidramina para no provocar un Shock anafiláctico. Los pacientes (humanos) suelen presentar fiebre, estornudos, inquietud y en algunos casos vómito o convulsiones, es importante analizar los efectos no deseables (leves o graves) después de la aplicación del tratamiento con la finalidad de determinar los niveles de toxicidad en el organismo de los perros. En exámenes histológicos de la masa tumoral de modelos animales también describen cómo el veneno de escorpión indujo una necrosis extensa en el tumor en comparación con el tejido a partir de la evidencia del grupo de control no tratado (Lagarto *et al.*, 2020) durante los ensayos clínicos se logró observar en algunos tumores principalmente cutáneos el proceso de necrosis inicia aproximadamente una semana después de la primera aplicación; por lo cual dependiendo el tamaño del tumor y el avance de la necrosis del área es recomendable un tratamiento con antibióticos adicional o la extirpación del tumor.

## Conclusiones

El veneno del escorpión *Rhopalurus junceus* tiene un efecto antitumoral selectivo provocando necrosis de las células neoplásicas. Puede potencializar los efectos antitumorales en combinación con otros fármacos antineoplásicos. Sin embargo, puede alcanzar niveles altos



de toxicidad dependiendo de la dosis aplicada en los pacientes, y provocar diferentes tipos de reacciones anafilácticas dependiendo del estado del paciente. Parece ser un medicamento prometedor contra tumores altamente metastásicos; sin embargo, se necesitan realizar más estudios con respecto al uso de toxinas como el veneno de escorpión cubano para poder determinarlo con un nuevo tratamiento contra el cáncer que sea eficaz y seguro.

### Literatura Citada

- American Veterinary Medical Association. Material accessed: Agosto 2021. [<http://www.avma.org/careforanimals/animatedjourneys/pethealth>]
- Culp, W. T., F. Olea-Popelka, J. Sefton, C. F. Aldridge, S. J. Withrow, M. H. Lafferty *et al.* 2014. Evaluation of outcome and prognostic factors for dogs living greater than one year after diagnosis of osteosarcoma: 90 cases (1997-2008). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 245(10): 1141-1146.
- De la Cruz Hernández, N. I., A. E. Monreal García, V. Carvajal de la Fuente, C. A. Barrón Vargas, J. Martínez Burnes, A. Zarate Terán *et al.* 2017. Frecuencia y caracterización de las principales neoplasias presentes en el perro doméstico en Tamaulipas (México). *Revista de Medicina Veterinaria*, (35): 53-71.
- Díaz-García, A., L. Morier-Díaz, Y. Frión-Herrera, H. Rodríguez-Sánchez, Y. Caballero-Lorenzo, D. Mendoza-Llanes *et al.* 2013. In vitro anticancer effect of venom from Cuban scorpion *Rhopalurus junceus* against a panel of human cancer cell lines. *J. Venom Res.* 4: 5-12.
- Ding, J., P. J. Chua, B. H. Bay y P. Gopalakrishnakone. 2014. Venenos de escorpión como fuente potencial de nuevos compuestos terapéuticos contra el cáncer. *Biología y medicina experimentales*, 239 (4): 387-393.
- Dioguardi, M., G. A. Caloro, L. Laino, M. Alovisi, D. Sovereto, V. Crincoli, *et al.* 2020. Usos terapéuticos contra el cáncer de los principios activos del veneno "Rhopalurus junceus". *Biomedicines*, 8 (10): 382.
- Dobson, J. M. 2014. Introducción: cáncer en gatos y perros. En manual de oncología en pequeños animales. Gloucester, Inglaterra: British small animal veterinary association.
- Elgue, V., J. Piaggio, C. Amaral y P. Pessina. 2012. Factores asociados a la presentación del tipo de cáncer en caninos atendidos en el Hospital de la Facultad de Veterinaria de Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 48(187): 25-30.



- Gao L, S. Yu, Y. Wu and B. Shan. 2007. Effect of spider venom on cell apoptosis and necrosis rates in MCF-7 cells. *DNA Cell Biol.* 26 (7): 485-9.
- Lagarto, A., V. Bueno, M. R. Pérez, C. C. Rodríguez, I. Guevara, O. Valdés *et al.* 2020. Evaluación de la seguridad del veneno del escorpión *Rhopalurus junceus*: Evaluación de la toxicidad oral a corto plazo, la toxicidad subcrónica y el efecto teratogénico. *Toxicon*, 176: 59-66.
- Liptak, J. M., W. S. Dernell, N. Ehrhart, M. H. Lafferty, G. J. Monteith and S. J. Withrow. 2006. Cortical allograft and endoprosthesis for limb-sparing surgery in dogs with distal radial osteosarcoma: a prospective clinical comparison of two different limb-sparing techniques. *Veterinary surgery*, 35(6): 518-533.
- Martínez de Merlo, Elena. 2008. Atlas de citología clínica del perro y del gato (Spanish Edition). Editorial Servet; Edición 1stl. ISBN: 8493597171.
- Mikaelian, A. G., E. Traboulay, X. M. Zhang, E. Yeritsyan, P. L. Pedersen, Y. H. Ko *et al.* 2020. Pleiotropic Anticancer Properties of Scorpion Venom Peptides: *Rhopalurus princeps* Venom as an Anticancer Agent. *Drug Des. Devel. Ther.* 14: 881-893.
- Pérez M., C. Rodríguez, I. Guevara y R. Romeaux. 2004. Estudio de toxicidad aguda de las toxinas de los escorpiones *Rhopalurus junceus* y *Centruroides gracilis*. *Rev. Cub. Farm.* 38(4).
- Rodríguez R., O. Guerra, E. Baro, J. Silva and R. Magdelaine. 2004. Acción antimicrobiana del veneno del escorpión *Rhopalurus junceus* (Scorpionida: buthidae). *Rev Cub Farm.* 38(2):134.
- Sales-Cavalcante I. M., F. C. Leme Bernardes, B. Silva Freire, R. Cuconati and J. Munhoz. 2020. A retrospective study of canine cutaneous mast cell tumor: correlation between clinical, histological and molecular characteristics. *Braz. J. of Develop.* 6 (12): 100281-100299.
- Simpson, S., M. D. Dunning, S. de Brot, L. Grau-Roma, N. P. Mongan and C. S. Rutland. 2017. Comparative review of human and canine osteosarcoma: morphology, epidemiology, prognosis, treatment and genetics. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59 (1): 71.
- Urry, L. A., M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky and J. B. Reece. 2017. *Campbell Biology* (11th ed.).
- Yglesias-Rivera, A., H. Rodríguez-Sánchez and A. Díaz-García. 2019. Synergistic effect of *Rhopalurus junceus* scorpion venom combined with conventional cytostatics in cervical cancer cell line HeLa. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 7(1): 67-76.



# APROVECHAMIENTO DE LIRIO ACUATICO (*Eichhornia crassipes*) MEDIANTE OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS ÁCIDA

Diana Berenice Reyes Jaen<sup>1</sup>, Victoria Magdalena Pulido Juárez<sup>1</sup>, Ana Leticia Platas Pinos<sup>1</sup> y  
Eugenio Rangel León<sup>1\*</sup>

---

## Resumen

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta acuática considerada en México como una plaga y degradador medioambiental. Debido a su alta reproducción y tasa de crecimiento, logra tener una rápida propagación en los cuerpos de agua, consumiendo los nutrientes que allí se depositan de los efluentes urbanos y rurales cercanos a dichos cuerpos, lo que conlleva al fenómeno de eutrofización del mismo y por ende, muerte de la fauna y flora endémica de los lagos, lagunas y ríos. En el área de Xochimilco se han reportado como una plaga para el área natural protegida, por su deterioro al ecosistema detallado. Diversos estudios han propuesto diferentes usos para el lirio, aprovechando la biomasa que se genera, evitando así, su propagación. Este estudio tiene por objetivo, determinar las condiciones de hidrólisis ácida del lirio acuático ubicado en el Río Jamapa, Boca del Río, Veracruz, mediante el modelo Box-Behnken, para la obtención de caldos ricos en azúcares. Para ello, se realizaron cinéticas de hidrólisis variando la concentración de ácido sulfúrico empleado, la relación sólido-líquido y el tiempo de hidrólisis. Los experimentos se realizaron a 120°C en autoclave y se analizaron azúcares totales por la técnica de fenol-sulfúrico, contenido de ácido acético por titulación con NaOH y el porcentaje de remoción de celulosa, hemicelulosa y lignina por la técnica de lignina Klason y celulosa por remoción ácido-alcalina. Los resultados nos llevan a establecer las condiciones óptimas de hidrólisis de acuerdo al modelo experimental de 2.91% de concentración de ácido sulfúrico, 15 min de tiempo de residencia y una relación de 10 mL de solución/g de lirio con un ajuste del 79.8% en la optimización por máximo de azúcares y mínimo

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 C.P. 94290, Boca del Río, Ver. \*Correspondencia: eugeniorangel@bdelrio.tecnm.mx





de ácido acético, siendo los resultados reproducibles al realizar el experimento confirmativo por duplicado.

**Palabras clave:** lirio acuático, sacarificación, Box-Behnken

## Introducción

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta acuática considerada en México como una plaga y degradador medio ambiental. Debido a su alta reproducción y tasa de crecimiento, logra tener una rápida propagación en los cuerpos de agua, consumiendo los nutrientes que allí se depositan de los efluentes urbanos y rurales cercanos a dichos cuerpos, lo que conlleva al fenómeno de eutrofización del mismo y, por ende, muerte de la fauna y flora endémica de los lagos, lagunas y ríos. En el área de Xochimilco se han reportado como una plaga para el área natural protegida, por su deterioro al ecosistema detallado (Carreón *et al.*, 2012). Diversos estudios han propuesto diferentes usos para el lirio, aprovechando la biomasa que se genera, evitando así, su propagación (Reyes-Alfaro *et al.*, 2013). Dentro de los usos que se han reportado se encuentra como captador de metales pesados en agua, por su crecimiento rápido y su facilidad de recolección en los cuerpos de agua, siendo un fitorremediador propuesto para áreas contaminadas (Carreón *et al.*, 2012). Por otro lado, se ha descrito su uso potencial como el protagonista de sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como, la generación de biogás en un proceso continuo para retirar el material biológico. Barleló-Quintal *et al.* (2019) emplean el lirio acuático, junto con excretas de borrego, como ingredientes de compost para la fertilización de campos de cultivo de la región aledaña al Río Lerma, México.

Sin embargo, el lirio acuático, por su composición química como material lignocelulósico, ha sido observado como una fuente importante de derivados de este material, Hernández *et al.* (2015) realizan la extracción y cuantificación de celulosa, hemicelulosa y lignina en lirio acuático obtenido de los cuerpos de agua de Yuridia, Guanajuato, siendo un material rico en lignina y desarrollando el proceso para la extracción del mismo con peróxido alcalino. Hernández-Vargas (2018) desarrolla el proceso de sacarificación empleando celulasas y xilanasas para la sacarificación de lirio acuático en medio sólido; ellos reportan una hidrólisis



enzimática, posterior a un pretratamiento químico, obteniendo concentraciones de 429 mg de azúcares reductores/g de lirio, sin embargo, el proceso fue de baja productividad debido a la baja actividad enzimática, los autores mencionan la posibilidad de emplear el medio obtenido como fuente de carbohidratos para la producción de biocombustibles u otros productos biotecnológicos.

Es por ello que, este estudio tiene por objetivo, optimizar el proceso de hidrólisis ácida del lirio acuático obtenido del Río Jamapa, Veracruz, para la obtención de medios ricos en azúcares fermentables con potencial biotecnológico.

## **Materiales y Métodos**

### **Tratamiento del material biológico**

El material biológico se colectó en las márgenes del Río Jamapa, dentro del municipio de Boca del Río, Veracruz. Este fue lavado, secado al Sol, molido y, posteriormente, secado nuevamente a 60 °C hasta un peso constante en estufa de secado. Al final el tratamiento se guardó en bolsa hermética Ziploc hasta su uso.

### **Proceso de hidrólisis**

Para el tratamiento hidrolítico se consideraron 3 parámetros: concentración de ácido sulfúrico (A) (1, 2, 3 % v/v), el tiempo de hidrólisis (B) (15, 30 y 60 min) y la relación sólido-líquido (C) (6, 8 y 10 % m/v). Para llevar a cabo el experimento se empleó un diseño experimental Box-Behnken considerando las 3 variables ya mencionadas. Este diseño estadístico brinda un modelo a través de un diseño factorial  $3^k$  incompleto, maximizando los centros de optimización, el diseño presenta 15 experimentos y se trabajaron 2 réplicas por experimento dado (Cuadro 1). La hidrólisis se llevó a cabo a una temperatura de 120°C en autoclave en matraz de 250 mL, con contenido máximo de solución de ácido de 150 mL. Al finalizar la hidrólisis, la muestra se filtró, el residuo se lavó con agua destilada hasta obtener la neutralidad en el agua de lavado y posteriormente se secó en estufa a 60°C por 24 horas. El filtrado fue colectado para su análisis. Al filtrado se le determinó el contenido de azúcares totales por la técnica de fenol-sulfúrico y la acidez del medio por titulación ácido-base con NaOH tomando como referencia g/L de ácido acético. Al residuo se le determinó contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina.



**Cuadro 1. Diseño experimental de Box-Behnken para la hidrólisis ácida de lirio acuático.**

Experimento	Concentración De ácido (% v/v)	Relación Sólido-Líquido (mL/g)	Tiempo de hidrólisis (min)
1	1	6	60
2	3	6	60
3	1	10	60
4	3	10	60
5	1	8	15
6	3	8	15
7	1	8	30
8	3	8	30
9	2	6	15
10	2	10	15
11	2	6	30
12	2	10	30
13	2	8	60
14	2	8	60
15	2	8	60

Para determinar el contenido de lignina, al material se le adiciona ácido sulfúrico al 72% durante 24 h, después se diluyó el ácido a 3% y se mantuvo en ebullición durante 4 h, se filtró en placa filtrante poro medio y se pesó el contenido residual, este se lava con agua destilada hasta la neutralidad y se secó en estufa a 105°C, el residuo seco se pesó nuevamente, por último, se calcinó para obtener el contenido de materia orgánica. El contenido de celulosa se determinó adicionando NaOH a 17.5% durante 30 min a temperatura ambiente, se diluyó el hidróxido hasta 8.3% de concentración y se mantuvo durante 1 hora más, se filtró en placa filtrante y se lavó con NaOH al 8.3% y agua destilada, se repitió el lavado 2 veces más; después, se adicionó ácido acético al 10% y se mantuvo durante 3 min, al término del reposo se filtró nuevamente y se lavó con agua destilada hasta alcanzar la neutralidad del filtrado, el residuo se secó a 105°C durante 12 h y se calcinó para determinar el contenido de materia orgánica. Por último, se determinó el contenido de hemicelulosa mediante diferencia de lignina y celulosa.



El diseño experimental de Box-Behnken, así como, el análisis estadístico y la optimización del modelo para un máximo de azúcares y un mínimo de acidez, se realizó empleando el software Minitab versión 19.0.

## Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, la mayor concentración de azúcares reductores fue de 39.75 g/L obtenido con el tratamiento de 3% de ácido, 30 min y 12.5% m/v, sin embargo, se obtuvo una concentración de ácido acético de 3.64 g/L, siendo indeseable esto último en medios de cultivos para levaduras del género *Saccharomyces*, *Candida* o *Pichia* ya que disminuyen su crecimiento y producción de metabolitos (Rangel *et al.*, 2009). Por ello, se llevó a cabo el diseño de Box-Behnken, resultando en los modelos de predicción:

Azúcares Totales (g/L) =  $3.7 + 12.77*A + 0.72*B + 0.091*C - 0.401*A*B - 0.166*A*C - 0.0097*B*C + 0.0045*A*B*C$  (R<sup>2</sup>: 81.2%)

Ácido acético (g/L) =  $-0.495 + 0.881*A + 0.0183 C - 0.01040*A*C + 0.001233*A*B*C$  (R<sup>2</sup>: 75.1%)

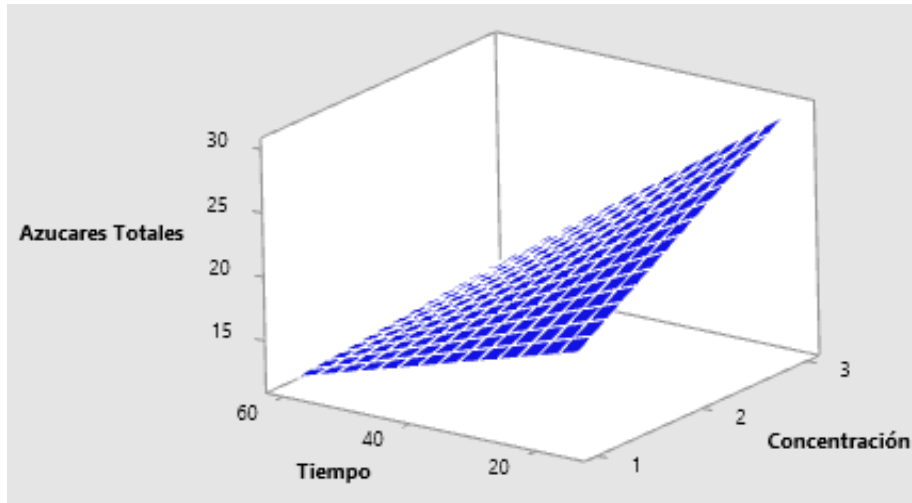
De acuerdo al análisis estadístico de los parámetros, la relación S/L no tiene efecto sobre la concentración producida de ácido acético durante la hidrólisis, siendo el tiempo de residencia el factor de mayor influencia sobre este resultado. Por otro lado, para la producción de azúcares reductores (Figura 1), los tres parámetros tienen influencia en la liberación de los azúcares observándose su influencia, en orden descendente, como concentración de ácido > relación Sólido/Líquido > tiempo de residencia.

En cuanto al proceso de hidrólisis se tuvo una remoción de hemicelulosa, celulosa y lignina hasta del 69, 36 y 16%, respectivamente, considerando los 6 ensayos con mayor contenido de azúcares totales.

Posteriormente, mediante el modelo propuesto, se realizó la optimización del modelo, obteniéndose las condiciones: 2.91% de concentración de ácido sulfúrico, un tiempo de residencia de 15 min para el proceso de hidrólisis y una relación sólido-líquido de 10 mL de ácido sulfúrico/g de lirio, con un ajuste del 79.8% (R<sup>2</sup>). Los valores predichos resultaron 31.07 g/L de azúcares totales y 2.1 g/L de ácido acético. Con los valores obtenidos del proceso de



optimización, se realizó el experimental, por duplicado, obteniéndose valores reales de  $33.45 \pm 0.26$  g/L de azúcares totales y  $1.97 \pm 0.11$  g/L de ácido acético.



**Figura. 1. Superficie de respuesta de azúcares reductores en función de la Concentración de ácido y tiempo de residencia.**

Los resultados de la corrida experimental mostraron un ligero incremento en la concentración de azúcares totales y una disminución en el contenido de ácido acético, sin embargo, es recomendable evaluar la concentración de productos de degradación de sacáridos como furfural y 5-hidroximetil-furfural, así como, los productos de degradación de la lignina, destacando los ácidos fenólicos y polifenoles. También, sería recomendable evaluar el perfil de carbohidratos generado para evaluar su aplicación biotecnológica.

## Conclusiones

El proceso de hidrólisis ácida es un proceso eficiente para la liberación de azúcares contenidos en los materiales lignocelulósicos y en el caso de este estudio, se logró encontrar las condiciones óptimas de hidrólisis para el lirio acuático y con ello, se logra aprovechar el recurso y disminuir la afectación que provoca en el ambiente acuático.



## Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por su apoyo financiero 9763.20-P para la realización de este proyecto.

## Literatura Citada

- Barleló-Quintal, I.D., V. M. Cetina-Alcalá, L. Noyola-Martínez, J. García-Albortante, P. Tello-Espinoza y M.L. Salazar-Peláez. 2019. Aprovechamiento de residuos de lirio acuático y excretas de borrego para preparar compost. p. 1-8. En: Memoria de la XVIII Congreso Región III de la AIDIS-Cartagena, Colombia.
- Carreón C., C. Ponce-de León, S. Cram, I. Sommer, M. Hernández y C. Vanegas. 2012. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46 (6): 609-620.
- Hernández, J. A., A. Torres-García, F. B. Conejo-Moreno, A. S. Oliva-González y A. N. Ardila. 2015. Aprovechamiento de *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) proveniente de la zona de Yuriria, Guanajuato, como fuente de lignina, celulosa y hemicelulosa. *Innov. Desarro. Technol. Rev. Digital*. 7(1):1-7.
- Hernández Vargas, A.A. 2018. Aislamiento de hongos filamentosos y producción de celulasas y xilanasas, empleando lirio acuático y técnicas de fermentación en medio sólido. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, México.
- Rangel-León, E., F. Guzmán-Lagunes, J. Gómez-Rodríguez y M. G. Aguilar-Uscanga. 2009. Establecimiento de las condiciones de hidrólisis del bagazo de caña para la obtención máxima de xilosa y mínima de inhibidores. p. 1-9. En: Memoria de XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras. Acapulco, México.
- Reyes-Alfaro J.G., L. Daza, G. Arzuaga-Lindado, H. Castaño and A. I. Polo. 2013. Acid hydrolysis of water hyacinth to obtain fermentable sugars. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 5: 101-111.



# EFFECTO DE LUCES LED'S EN LA GERMINACIÓN *IN VITRO* DE SEMILLAS *Pinus pseudostrobus* Lindl.

Luis Alberto Marín Martínez<sup>1</sup> y Lourdes Georgina Iglesias Andreu<sup>1\*</sup>

## Resumen

*Pinus pseudostrobus* Lindl., de amplia distribución en México es una especie ampliamente utilizada en los programas de reforestación, debido a su alto valor comercial y a su gran adaptación a suelos calizos pobres y poco profundos. Sin embargo, esta especie posee limitaciones en la capacidad germinativa de sus semillas, por lo que se requiere contar con estrategias eficientes para obtener plántulas de buena calidad que demanda el sector forestal. Con ese fin se evaluó el efecto estimulador de luces LEDs (LED Blanca (400 – 450 nm), LED Roja (700 – 800 nm), LED Azul (400 – 500 nm), LED Roja + Azul (1:1) con relación a la luz Fluorescente (400 – 450 nm, empleada como control) sobre el porcentaje de germinación (PG), la velocidad de germinación (VG) y el índice de germinación (IG) de semillas de esta especie, colectadas en el municipio de Las Vigas de Ramírez, Veracruz. Con ese fin se sembraron *in vitro* 24 semillas, por cada fuente de iluminación, en medio WP adicionado con 4 mg/L de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) y 25 mg/L de cisteína hidrocliclorica. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de luz LED sobre la germinación de las semillas. Los resultados mostraron que bajo el espectro de luz LED Roja se obtuvieron los valores más elevados de porcentaje de germinación, índice de germinación y velocidad de germinación. Se concluye que la luz LED roja resulta de gran utilidad para lograr los mayores porcentajes de germinación de semillas de esta especie en un menor tiempo que puedan contribuir al establecimiento de estrategias más efectivas de propagación y mejoramiento genético de esta especie.

**Palabras clave:** ácido giberélico, coníferas, germinación, reforestación

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana. Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Cultura Veracruzana No. 101, Emiliano Zapata, 91090 Xalapa-Enríquez, Ver. \*Correspondencia: l\_a\_m\_m@outlook.com



## Introducción

*Pinus pseudostrobus*, con una amplia distribución en México (Gómez-Romero *et al.*, 2013), posee una gran adaptación a suelos pobres, poco profundos, calizos y un alto valor comercial por su alto contenido de resina que es utilizada en la industria química y farmacéutica (Eguiluz, 1978). No obstante, la utilidad potencial para el empleo de *P. pseudostrobus* en los programas de reforestación, presenta algunas problemáticas dada a la mala calidad de sus semillas. Este aspecto, ha incidido negativamente en la propagación de esta especie (Henig-Sever *et al.*, 2000) por lo que se requiere contar con procedimientos efectivos para su propagación.

En la actualidad se cuentan con numerosos trabajos, que confirman las ventajas del empleo del sistema de luces LED en comparación con el basado en el uso de otros sistemas de iluminación (Smirnakou *et al.*, 2017; Antonio-Montagnoli *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2020). Por su mayor durabilidad, menor tamaño, baja emisión de calor y eficiencia energética resultan ideales para su uso en los trabajos de propagación *in vitro* de plantas. Las longitudes de onda LED al ser mucho más estrecha que las de fuentes de luz tradicional brinda una calidad espectral específica para la inducción de diversos procesos como la germinación *in vitro* de las semillas. Al respecto se ha indicado que los fotones del espectro de luz roja (Longitud de onda 610-700 nm  $17,5 \times 10^{-4}$  J) influyen en el proceso de germinación de las semillas ya que generan un aumento de la energía interna de las semillas (Behzadi *et al.*, 2012).

Aunque la tecnología LED se ha establecido exitosamente como una práctica eficaz en diferentes especies agrícolas (Moreno-Jiménez *et al.*, 2017; Sanoubar *et al.*, 2018), son aun pocos los estudios realizados sobre especies forestales y no se ha evaluado su uso en *P. pseudostrobus*. Teniendo en cuenta todo la anterior y la poca información disponible se propuso en este trabajo su utilidad potencial para elevar la capacidad germinativa de las semillas de *P. pseudostrobus* que permitan producir plántulas de calidad necesarias que puedan contribuir al establecimiento de estrategias mas efectivas de propagación y mejoramiento genético de esta especie en el estado de Veracruz.





## **Materiales y Métodos**

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Biotecnología y Cultivo de Tejidos Vegetales del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana, ubicado en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

### **Colecta del material vegetal**

Se seleccionaron un total de 20 árboles plus, definidos como aquellos árboles sanos, libres de plagas, de fuste recto, altura y diámetro dominante (Flores-Flores *et al.*, 2014) en un rodal natural de la población natural, de *P. pseudostrobus*, ubicado en el municipio de Las Vigas de Ramírez, Veracruz (Figura 1). De la parte media de cada árbol se colectaron 10 conos que se colocaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para su conservación y transporte. Posteriormente los conos fueron secados al aire libre en contacto con el sol para la extracción de sus semillas.

### **Desinfección del material vegetal**

Las semillas fueron sometidos a imbibición durante 24 h en agua destilada estéril (ADE); se desecharon aquellas semillas vacías o con visible daño físico. En la campana de flujo laminar, éstas se sumergieron por 3 min, en una solución de etanol 96° al 100% y se enjuagaron con ADE. Luego se volvieron a sumergir por 3 min, en una solución de etanol al 75% y se enjuagaron con ADE para después volverlas a sumergir por 3 min, en una solución de etanol al 50%. Después de enjuagarlas con ADE se sumergieron de nuevo durante 3 min, en una solución de etanol al 25% y se enjuagaron con ADE. Finalmente se incubaron por 30 min en una solución de hipoclorito de sodio comercial (NaClO) al 25% (v/v) adicionado con 0.5 mL de Polioxietileno Sorbitan Monalaurato (Tween-20). Transcurrido ese tiempo se realizaron cinco enjuagues con ADE para eliminar residuos de NaClO. Las semillas se guardaron en frascos debidamente cerrados con una película de Kleen Pack® bajo refrigeración hasta su uso.

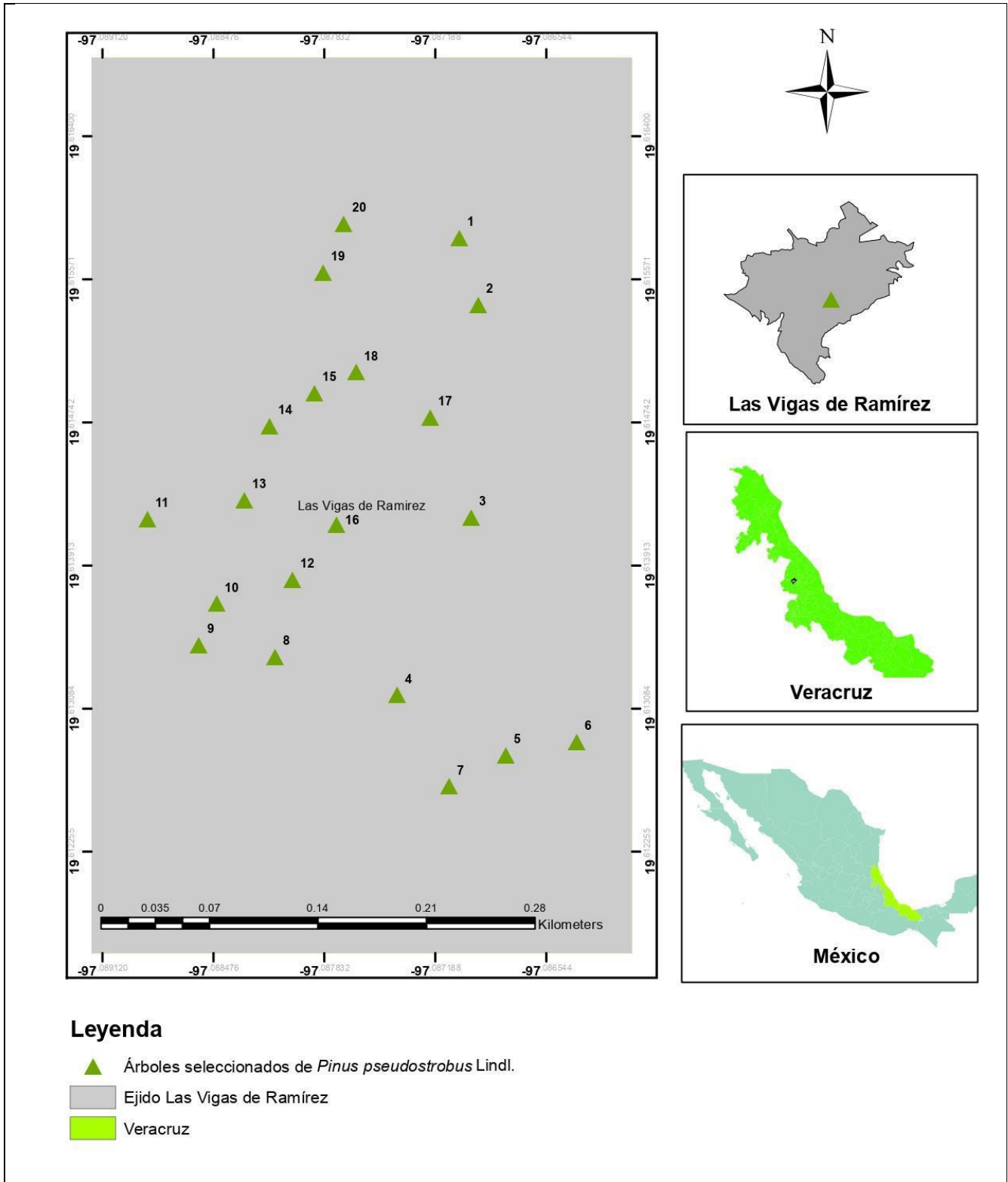


Figura 1. Localización de los árboles seleccionados en la población de *Pinus pseudostrobus* de "Las Vigas de Ramírez", Veracruz, México.



### Condiciones de cultivo *in vitro*

Las semillas se sembraron en 20 mL de medio de cultivo constituido por ½ WPM (Woody Plant Medium, Sigma®) (McCown y Lloyd, 1981), suplementado con 30 g/L sacarosa, 10 mg/L de las vitaminas del medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), 4 mg/L de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) y 25 mg/L de cisteína hidroclicórica (Figura 2 A y B). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.7 y se le agregó 2 g/L de Phytigel (Sigma®) como agente gelificante. Los frascos tipo G conteniendo 20 mL de medio de cultivo se esterilizaron a 1.5 kgcm<sup>2</sup> y 120°C durante 15 min (Figura 2 C y D). Para establecer los cultivos asépticos (Figura 2 E y F) se utilizó un diseño completamente al azar para lo cual se colocaron 3 semillas por frascos y 8 frascos por tratamiento haciendo un total de 24 semillas por tratamiento de iluminación evaluados. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento. Los cultivos se incubaron a una temperatura de 25 ± 2°C, 80% de humedad relativa, bajo 5 tratamientos de iluminación: LED Blanca (400 – 450 nm), LED Roja (700 – 800 nm), LED Azul (400 – 500 nm), LED Roja + Azul (1:1) así como luz Fluorescente (400 – 450 nm) (Figura 2 G), bajo un fotoperiodo de 16/8 horas. Para establecer las fuentes de luces LED, descritas por Ramírez-Mosqueda *et al.* (2017), se emplearon tiras del modelo IP65, SMD 5050RBG. Estas suministraron 12 V y 1 W por módulo (Techno®, Zapopan, Jalisco).

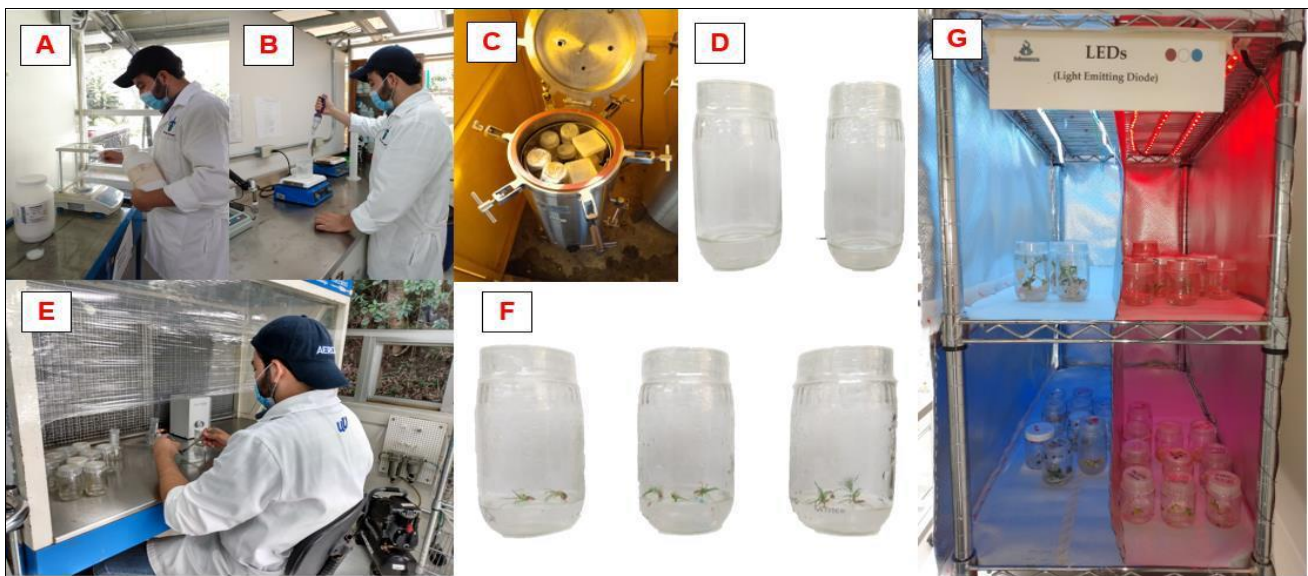


Figura 2. (A, B, C, D) Preparación de Medio de Cultivo, (E, F) Establecimiento de cultivos asépticos y G) incubación en luces LED.



Durante un periodo de 17 días se realizaron evaluaciones diarias para determinar: Porcentaje de germinación de acuerdo con Saldívar-Iglesias *et al.* (2010), velocidad de germinación según Maquire (1962) e Índice de germinación con base a Scott *et al.* (1984). Los datos obtenidos se transformaron en raíz cuadrada para asegurar una distribución normal y una varianza igual para procesarlas estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor con cinco niveles y las medias se contrastaron mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software STATGRAPHICS (Centurion XVI.I).

## Resultados y Discusión

Los resultados mostraron la existencia de diferencias significativas en los porcentajes de semillas germinadas bajo los diversos tratamientos de iluminación evaluados (LED Blanca, LED Roja, LED Azul, LED Roja + Azul y Luz fluorescente). Se encontró que con la luz LED Roja se lograba alcanzar los 100% de germinación, en comparación con los demás tratamientos de luces evaluadas (Figura 3 y 4).

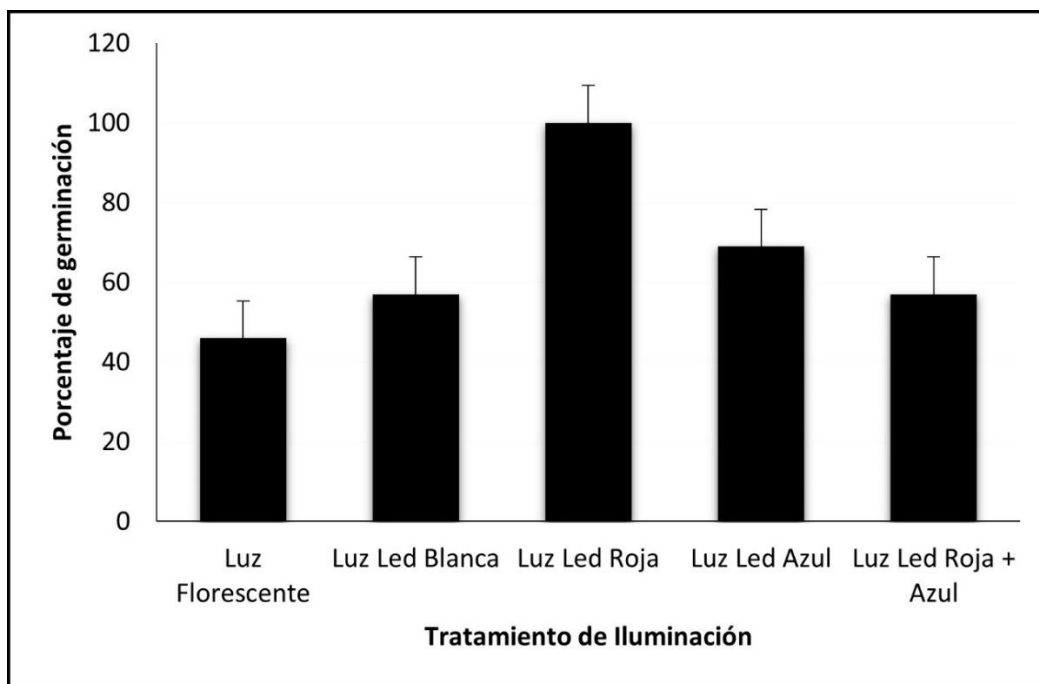


Figura 3. Variación en el porcentaje de germinación *in vitro* de semillas de *P. pseudostrobis* bajo diferentes tratamientos de iluminación.

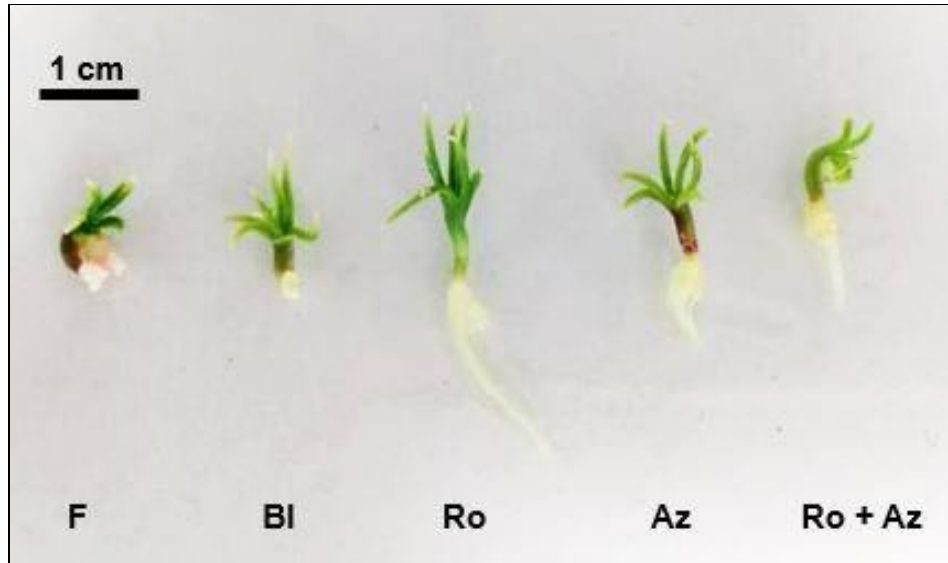


Figura 4. Germinación in vitro de semillas de *P. pseudostrobus* bajo diferentes tratamientos de iluminación (FI: Luz Fluorescente, BI: Luz Led Blanca, Ro: Luz Led Roja, Az: Luz Led Azul y Ro + Az: Luz Led Rojo + Led Azul).

Resultó de gran interés constatar que bajo el espectro de luz LED Roja se obtuvieron no solo mayor capacidad germinativa sino también una mayor velocidad de germinación y un mayor índice germinativo (Cuadro 1). Cabe significar que se constató en este trabajo un valor mas elevado para el índice de germinación (12.00) a los reportados por Romero-Rangel *et al.* (2017) con valores de 10.73 para *P. pseudostrobus*.

**Cuadro 1. Efecto de diferentes fuentes de iluminación sobre la capacidad germinativa in vitro de semillas de *P. pseudostrobus*.**

Fuentes de Iluminación	Porcentaje de Semillas Germinadas	Velocidad de germinación	Índice de Germinación
Luz Fluorescente	0.88 ± 0.015 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.016 <sup>a</sup>	7.17 ± 0.149 <sup>a</sup>
Luz Led Blanca	1.01 ± 0.015 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.016 <sup>b</sup>	8.67 ± 0.149 <sup>b</sup>
Luz Led Roja + Azul	1.03 ± 0.015 <sup>b</sup>	1.03 ± 0.016 <sup>b</sup>	8.83 ± 0.149 <sup>b</sup>
Luz Led Azul	1.19 ± 0.015 <sup>c</sup>	1.21 ± 0.016 <sup>c</sup>	10.33 ± 0.149 <sup>c</sup>
Luz Led Roja	1.57 ± 0.015 <sup>d</sup>	1.41 ± 0.016 <sup>d</sup>	12.00 ± 0.149 <sup>d</sup>

\*Los valores representan la media ± ES (error estándar). Medias con diferente letra fueron significativamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



Estos resultados concuerdan con los reportados por diversos autores (Paniagua-Pardo *et al.*, 2015; Bolaños y Pacheco-Bustos, 2016) que han detectado que la luz LED Roja promueve la germinación de las semillas en diversas especies vegetales. Esta tecnología también resulta una opción atractiva para el crecimiento de plantas en ambiente controlado (Yeh y Chung, 2009).

En los últimos años, se han logrado avances en la tecnología LED dado que tienen un menor consumo de energía (ahorro en costos del 40%), mayor vida útil del dispositivo en comparación a otros sistemas de iluminación, mejor control de la longitud e intensidad luminosa (Fillipo *et al.*, 2010). Aunque aun no se ha dilucidado el mecanismo bajo el cual la luz LED roja estimula la germinación de las semillas se ha indicado que al parecer cuando el fitocromo B es activado por la luz roja, la germinación de las semillas es promovida por la activación transcripcional epigenética de las enzimas biosintéticas del ácido giberélico a través de la desmetilación de las histonas (Cho *et al.*, 2012).

Los resultados obtenidos pueden resultar de utilidad para incrementar la capacidad germinativa y velocidad de germinación de las semillas de *P. pseudostrobus*, que pueden contribuir al establecimiento de plantaciones y a los trabajos de reforestación y mejoramiento genético de este valioso recurso forestal.

## Conclusiones

Se confirma la utilidad del empleo del espectro de luz LED Roja en la germinación *in vitro* de semillas de *P. pseudostrobus*. Se recomienda emplear el protocolo de germinación *in vitro* para elevar la capacidad y velocidad germinativas en semillas de *P. pseudostrobus*. Los resultados obtenidos pueden servir de base en el desarrollo de programas de propagación y mejora genética de este valioso recurso genético endémico de México.



## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca de posgrado otorgada y al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana (UV).

## Literatura Citada

- Antonio-Montagnoli, R., M.T. Kasten-Dumroese, R.P. Jeremiah, F. Nicoletta, S.S. Gabriella, and C. Donato. 2018. Tree seedling response to LED spectra: implications for forest restoration. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 152 (3): 515-523.
- Bolaños, A.C. and A.G. Pacheco-Bustos. 2016. Evaluación del efecto de cuatro frecuencias de onda lumínica en la germinación y crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) bajo condiciones controladas. Tesis de Licenciatura. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, (EARTH), Costa Rica. 38 p.
- Behzadi, H.R., M. Qaryan and S. Shahi. 2012. The Influence of LED Light on Basil Seeds before Sowing and its Effects on Growing and Germination. *International J. Plant. Research*. 2 (4): 108-110.
- Cho, J. N., J.Y. Ryu, Y. M. I. Jeong, J. Park, J.J. Song, R.M. Amasino *et al.* 2012. Control of Seed Germination by Light-Induced Histone Arginine Demethylation Activity. *Developmental Cell*. 22:736-748.
- Eguiluz, P.T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el Genero *Pinus* en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de enseñanza Investigación y Servicios en bosques. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 155-157 p.
- Fillipo, R.V.H., G.H.B. Cano y O. J. A. Chaves. 2010. Aplicaciones de iluminación con leds. *Scientia et Technica*. 16 (45): 13-18.
- Flores-Flores, C., J. López-Upton y S. Valencia-Manzo. 2014. Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies. Comisión Nacional Forestal Zapopan, Jalisco, México. 4-7 p.



- Gómez-Romero, M., J. Villegas, C. Sáenz-Romero y R. Lindig-Cisneros. 2013. Efecto de la micorrización en el establecimiento de *Pinus pseudostrobus* en cárcavas. *Madera y Bosque*, 19 (3): 51-63.
- Henig-Sever, N., A. Eshel and G. Ne'eman. 2000. Regulation of the germination of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) by nitrate, ammonium and gibberellin, and its role in post-fire regeneration. *Physiologia Plantarum*. 108 (4): 390-397.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- McCown, B. and G. Lloyd. 1980. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Act Comb Intern Plant Prop Soc.* 30: 421-427.
- Moreno-Jiménez, A. M., S. Loza-Cornejo y M. Ortiz-Morales. 2017. Efecto de luz LED sobre semillas de *Capsicum annuum* L. var. serrano. *Biotecnología Vegetal*. 17 (3): 145-151.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A Revised Medium For Rapid Growth And Bioassays With Tobacco Tissue Culture. *Physiologia Plantarum*. 15 (3): 473-497.
- Paniagua-Pardo, G., C. Hernández-Aguilar, F. Rico-Martínez, F.A. Domínguez-Pacheco, E. Martínez-Ortiz y C. L. Martínez-González. 2015. Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*. 40: 199-212.
- Ramírez-Mosqueda, M. A., L.G. Iglesias-Andreu and I. J. Luna-Sánchez. 2017. Light quality affects growth and development of *in vitro* plantlet of *Vanilla planifolia* Jacks. *S. Afr. J. Bot.* 109: 288-293.
- Romero-Rangel, S., L.E. Rubio-Licon, L. Chávez-Serrano, E.C. Rojas-Zenteno y Y.M. García-Pineda. 2017. Comportamiento germinativo y crecimiento temprano de *Pinus devoniana* y *Pinus pseudostrobus* (Pinaceae). *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología*, 10 (37): 749-756.
- Saldívar-Iglesias, P., A. Laguna-Cerda, F. Gutiérrez-Rodríguez y M. Domínguez-Galindo. 2010. Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) JL Gentry. *Agronomía Mesoamericana*. 21 (2): 327-331.
- Sanoubar, R., R. Calone, E. Noli y L. Barbanti. 2018. Datos sobre la germinación de semillas usando LED versus luz fluorescente en condiciones de cámara de crecimiento. *Datos resumidos*. 19: 594-600.
- Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis. Methods for seed germination. *Crop Sci.* 24 (6): 1192-1199.





- Smirnakou, S., T. Ouzounis and K. Radoglou. 2017. Effects of continuous spectrum LEDs used in indoor cultivation of two coniferous species *Pinus sylvestris* L. and *Abies borisii-regis* Mattf. Scand. J. For. Res. 32 (2): 115-122.
- Wei, H., R. J. Hauer, G. Chen, X. Chen and X. He. 2020. Growth, nutrient assimilation, and carbohydrate metabolism in Korean pine (*Pinus koraiensis*) seedlings in response to light Spectra. Forests. 11 (1): 44.
- Yeh, N. and J. P. Chung. 2009. High-brightness LEDs-Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. Renew. Sust. Energ. Rev. 13 (8): 2175-2180.



## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ELICITORES EN LA EXPRESIÓN DEL GEN *CAT* EN LIMÓN PERSA INFECTADO CON HLB

Cynthia Gpe. Rodríguez Quibrera<sup>1\*</sup>, Carlos Humberto Landa Mota<sup>2</sup>, Felipe Roberto Flores de la Rosa<sup>1</sup>, Ricardo Santillan Mendoza<sup>1</sup>, Santiago Dominguez Monge<sup>1</sup> y Cristian Matilde Hernández<sup>1</sup>

---

### Resumen

El Huanglongbing es la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial, actualmente no existe una cura o tratamiento efectivo. Se conoce que la aplicación de fertilización foliar y elicitors puede reducir la severidad de enfermedades. Los elicitors son moléculas que pueden inducir cualquier tipo de defensa en las plantas, producidas por fuentes de estrés biótico y abiótico, activando el metabolismo de la planta y se vuelve más resistente a los ataques posteriores que causan estrés. Algunas de las actividades bioquímicas desencadenadas por la aplicación de elicitors son: la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), los radicales libres provocan reacciones oxidativas en cadena que son eliminados por la acción del sistema antioxidante de defensa, incluyendo enzimas tales como el superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y el glutatión peroxidasa (GPX), de esta manera, al activarse este sistema antioxidante de defensa, permite la expresión de los genes de respuesta de defensa como: *CAT*, *GPX*, *SOD*, *APX*, *etc.*, proporcionando a las plantas una mayor tolerancia frente al estrés ambiental y enfermedades. Con base a estos antecedentes el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres elicitors de resistencia sobre la expresión del gen *CAT*. Los elicitors utilizados fueron: ácido salicílico (SA) 10 mM, ácido jasmónico (JA) 10  $\mu$ M y ácido gamma-aminobutírico (GABA) 10 mM, se aplicaron de manera foliar en árboles de limón Persa con HLB, semanalmente durante nueve semanas. Los resultados mostraron el efecto de la activación del gen *CAT* (el cual codifica para la proteína antioxidante catalasa), el JA presento una respuesta rápida, pero de corta duración, el SA mostro una respuesta moderada y con tendencia a mantenerse, y GABA, presentó una

---

<sup>1</sup> 1 Campo Experimental Ixtacuaco-CIRGOC-INIFAP.

<sup>2</sup> 2 Instituto Tecnológico Superior de Misantla. \*Correspondencia: rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx



inducción tardía en la expresión. Con base en los resultados obtenidos se concluye que la aplicación de elicitores químicos estimula la expresión del gen *CAT* y que el SA produce una respuesta que se prolonga. Por lo cual, el empleo de estos elicitores podría ser un tratamiento efectivo para activar el sistema de defensa aplicado en árboles enfermos, lo cual puede reducir la severidad del HLB.

**Palabras clave:** sistema de defensa, ácido jasmónico, ácido salicílico, GABA

## Introducción

México es el principal productor y exportador de limón Persa a nivel mundial, representando el 34% de la producción, lo que equivale a 2.6 millones de toneladas por año. La producción del limón Persa en México deja una derrama económica considerable alrededor de 13 mil millones de pesos (SIAP, 2017). El estado de Veracruz es el principal productor de limón Persa con 61% de la producción nacional (INTAGRI, 2018). Actualmente, la producción de este cultivo se ve afectada por el Huanglongbing (HLB) una de las enfermedades más devastadoras de los cítricos a nivel mundial (Pitino *et al.*, 2017). En México, el agente causal de la enfermedad es la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (SENASICA, 2019), y su difusión es por medio del vector *Diaphorina citri* (Hall *et al.*, 2013). El HLB ocasiona la disminución de la producción en cítricos, debido a la severidad de los síntomas en el follaje y la rapidez de dispersión (Bové, 2006). La identificación de las respuestas del huésped después de la infección por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) es fundamental para comprender el proceso involucrado en el desarrollo de la enfermedad por HLB y para la identificación de prácticas eficientes de manejo de la enfermedad, uno de los principales problemas que genera la infección por CLas es la acumulación de peróxido de hidrógeno el cual conlleva a la intoxicación de la planta incluso la muerte, además, de que el patógeno tiene la habilidad de reprimir genes antioxidantes como lo son *CAT*, *APX* y *SOD*. El uso de ciertas moléculas aplicadas en las plantas puede reducir el daño causado por el HLB. Se conoce que la inducción de resistencia sistémica adquirida (SAR) o inducida (ISR) confieren protección o disminución de la severidad de la enfermedad contra un amplio espectro de fitopatógenos



(Walters *et al.*, 2013). Se ha documentado que el uso foliar de brasinoesteroides en la naturaleza y en invernaderos puede reducir la presencia de calcio liberiano en plantas de cítricos (Salgado *et al.*, 2008), este efecto se atribuye a la sobreexpresión de genes relacionados con la defensa de las plantas y las vías hormonales (Canales *et al.*, 2016). De manera similar, una aplicación de fertilización foliar e inductores de resistencia (elicitores), disminuyen la severidad contra el HLB en el corto plazo (Luciano *et al.*, 2018). También el uso de Estrigolactonas es promisorio en el tratamiento de árboles infectados con HLB (Zheng *et al.*, 2018), así como la inducción de resistencia mediante microorganismos (Trinidad-Cruz *et al.*, 2019). Algunas moléculas pueden inducir cualquier tipo de defensa en las plantas, producidas por fuentes de estrés biótico y abiótico, activando el metabolismo de la planta proporcionando resistencia a los ataques posteriores que causan estrés, y de esta manera se puede reducir la severidad del HLB (Luciano *et al.*, 2018).

## **Materiales y Métodos**

El experimento se estableció a nivel de campo durante 9 semanas en el año 2020 en una huerta de limón Persa en producción del Campo Experimental Ixtacuaco, ubicado en Tlapacoyan, Veracruz., localizada en las coordenadas 20°02'19" N y 97°05'49" W, a una altitud de 105 m.s.n.m.

### **Tratamientos y diseño experimental**

Se utilizaron árboles de limón Persa injertados sobre el portainjerto Citrumelo Swingle, con edad de cinco años. Para cada tratamiento se utilizaron tres árboles con síntomas de la enfermedad (confirmados con HLB mediante PCR) los cuales fueron aplicados por vía foliar y consistieron en: T1) Agua, T2) Ácido salicílico (SA) 10 mM, T3) Ácido jasmónico (JA) 10  $\mu$ M y T4) Ácido gamma-aminobutírico (GABA) 10 mM. Como controles se utilizaron árboles positivos y negativos sin aplicación (Cuadro 1). Los tratamientos fueron aplicados semanalmente durante nueve semanas. Los árboles recibieron el cuidado comercial estándar, pero sin aplicación de pesticidas.



**Cuadro 1. Tratamientos con elicitors utilizados en el experimento.**

Tratamiento				Condiciones de cada aplicación	
Clave	Tipo de inductor	CLas	Concentración	Volumen /árbol (mL)	Periodicidad y (días)
SN (C+)	Sin aplicación	Si	NA	0	NA
SN (C-)	Sin aplicación	No	NA	0	NA
Agua (+)	T1 Agua	Si	NA	650	Cada 7
SA (+)	T2 Ácido salicílico	Si	10 mM	650	Cada 7
JA (+)	T3 Ácido jasmónico	Si	10 µM	650	Cada 7
GABA (+)	T4 Ácido gamma-aminobutírico	Si	10 mM	650	Cada 7

### Extracción de ADN genómico

Para seleccionar los árboles empleados en los tratamientos del presente estudio, se colectaron hojas de los árboles de limón Persa con síntomas y sin síntomas del HLB. Las muestras fueron rotuladas y transportadas al laboratorio de Diagnóstico de Fitopatología del INIFAP-CEIXTA, y se procedió a la extracción del ADN genómico (ADNg). La cual se realizó siguiendo la técnica de Rodríguez *et al.* (2010). Se utilizaron 10 hojas por árbol, las cuales se lavaron con agua corriente y secaron con sanitas a temperatura ambiente, posteriormente se retiró y se cortó finamente el peciolo y la nervadura central colocando en un tubo Eppendorf de 2 mL. A cada tubo se le adicionó 1.5 mL de solución 2-ME/CTAB precalentada a 65°C (2% de 2-mercaptoethanol + 2% p/v CTAB, 1 M Tris-HCl pH 8, 0.5 M EDTA pH 8, 1.4 M NaCl, 1% p/v polivinilpirrolidona) precalentada a 65°C. Las muestras se incubaron a la misma temperatura durante 2 horas agitando mediante vortex cada 30 min. Posteriormente se extrajeron 800 µL del sobrenadante a un tubo nuevo y se agregaron 800 µL de SEVAG (cloroformo: alcohol isoamílico 24:1), las muestras se homogenizaron por inversión y se centrifugaron a 13000 rpm/10 minutos a temperatura ambiente. En un tubo nuevo de 1.5 mL se recuperaron 500 µL de sobrenadante adicionando 250 µL de acetato de amonio 7.5 M y 300 µL de isopropanol y se guardaron a -20°C durante una noche. Posteriormente las muestras se centrifugaron 20 min a 13000 rpm a 4°C, el sobrenadante se decantó y la pastilla de ADN se lavó dos veces con 1 mL de etanol frío centrifugando 10 min a 13000 rpm a 4°C entre cada lavado. Finalmente, la



pastilla se dejó secar a temperatura ambiente y se hidrató con 50 µL de agua estéril Milli-Q almacenando a -20°C hasta su posterior utilización.

### **Amplificación del gen "factor de elongación Ts" de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR anidada**

Para determinar la presencia de la bacteria CLas se utilizó el DNAg extraído para realizar la PCR anidada (Lin *et al.*, 2010). La cual consistió en una reacción en un solo tubo conteniendo: 2 µL de ADN de limón Persa, buffer de PCR 1X, 2.0 mM de MgCl<sub>2</sub>, 10 mM de dNTP's, 0.5 pmol de iniciadores externos (LasO-F, Las-O-R) y 10 pmol de iniciadores internos (Las-I-F, Las-I-R) y 1.5 U de ADN polimerasa en un volumen final de 20 µL. Los iniciadores utilizados fueron: externos, Las-O-F (5'-CGGTGAATGTATTAAGCTGAGGCGTTCC-3'), Las-O-R (5'-TACCCACAACAAAATGAGATACACCAACAACCTTC-3'); internos, Las-I-F (5'-CGATTGGTGTCTTGTAGCG-3') y Las-I-R (5'-AACAATAGAAGGATCAAGCATCT-3'). La primera ronda de amplificación se realizó mediante una desnaturalización inicial a 95°C y 20 ciclos de 95°C durante 30 s, 67°C por 45 s y 72°C durante 45 s, la segunda ronda consistió en 35 ciclos 95°C durante 30 s, 57°C por 45 s y 72°C durante 45 s, se aplicó una extensión final a 72°C durante 10 min. La reacción se llevó a cabo en un termociclador (Techne).

### **Extracción de RNA total**

La extracción del RNA total se realizó después de la aplicación de los elicitores químicos presentados en la Tabla 1, se colectaron hojas sintomáticas de cada tratamiento, se rotularon y llevaron al laboratorio del CEIXTA donde fueron procesadas. Se hizo una mezcla compuesta de las hojas de cada árbol por tratamiento y se maceró utilizando nitrógeno líquido, posteriormente se realizó la extracción de ARN utilizando Trizol Reagent® de acuerdo con las instrucciones del fabricante, el RNA se hidrató con 30 µL de agua estéril Milli-Q y se guardó a -20°C, hasta su uso.

### **Amplificación del gen *CAT* mediante RT-PCR semicuantitativa**

Para determinar el efecto de los elicitores en la actividad antioxidante de los árboles de limón Persa infectados con HLB se estimó la expresión del gen *CAT* en la semana nueve y se utilizó el gen actina como control. Utilizando el RNA total extraído al final de la aplicación de los elicitores a la hora 1,5, 24 y 72 posteriores a la aplicación de los tratamientos.

La amplificación del gen *CAT* evaluado, se realizó mediante RT-PCR semicuantitativa se utilizó un sistema One-Step de retrotranscripción y amplificación en un solo tubo (Pitino *et al.*, 2017).



Se utilizó como templado 300 ng de RNAm purificado. El ciclo térmico utilizado consistió en una desnaturalización inicial a 94°C durante 3 min, seguida de 28 ciclos con desnaturalización a 94°C por 45 s, anillamiento a 60°C por 35 s, extensión a 72°C por 35 s y una extensión final a 72°C durante 10 min. La reacción se llevó a cabo en un termociclador (Techne).

### **Electroforesis**

La electroforesis se realizó para analizar los ácidos nucleicos extraídos (ADN y RNA), y los productos de PCR (CLas) y RT-PCR (gen *CAT*). En un gel de agarosa al 2.0% con TAE 0.5 X, teñido con 1.2 µL de bromuro de etidio (BrEt) de la marca BIO-RAD. En el gel se cargaron 2 µL de colorante y 5 µL de ácidos nucleicos o 7 µL de productos de PCR (según sea el caso) por pozo y se corrió a 90 V durante 30 min. Posteriormente el gel se visualizó mediante una foto documentador BIO-RAD Gel Doc™ EZ Imager. La pureza y concentración de ácidos nucleicos se determinó cuantitativamente mediante la relación 260/280 nanómetros (nm).

### **Análisis de datos**

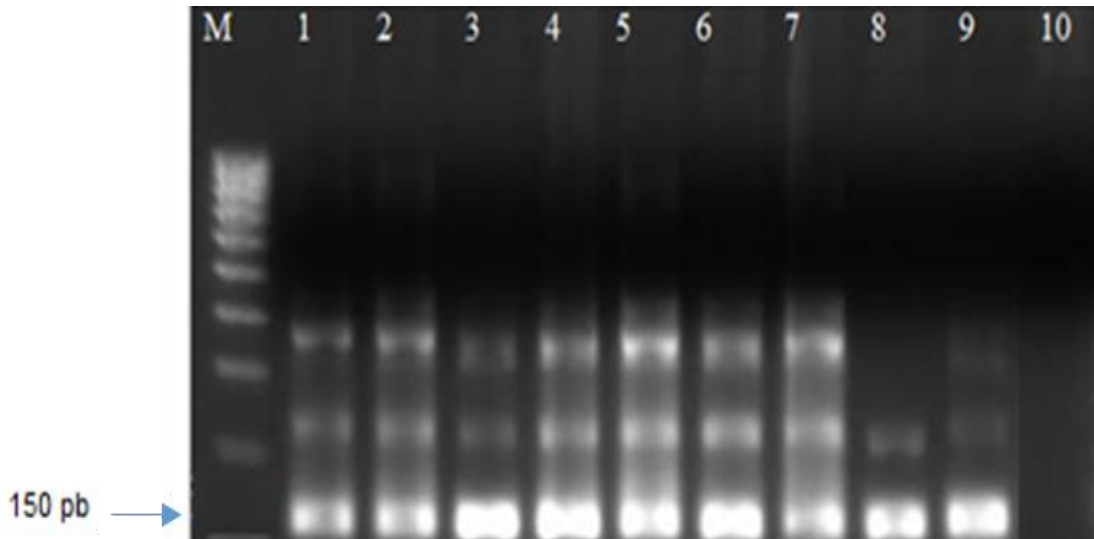
Se utilizó el programa STATISTICA ver 8.0 para analizar los resultados de los experimentos presentados mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía tomando en cuenta el error estándar y realizando una prueba DMS (diferencias mínimas significativas). La diferencia estadística de los tratamientos con respecto al control ( $P \leq 0.05$ ) es indicada encima de las barras en las gráficas.

## **Resultados y Discusión**

Los síntomas observados en los árboles del campo donde se realizó el experimento corresponden con los que han sido reportados para otros cítricos infectados con HLB. La PCR anidada permitió confirmar la presencia de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, y la relación de los síntomas observados en campo, de igual manera las plantas que no mostraban ningún tipo de síntoma fueron negativas a las pruebas de detección de la bacteria. Se obtuvieron amplificaciones con los tamaños esperados, correspondientes aproximadamente a 150 pb del gen "factor de elongación Ts" de CLas, para las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9, la muestra 10 correspondiente a árbol sin síntomas no amplificó (Figura 1). Conociendo en que



árboles estaba presente o ausente la bacteria se seleccionaron y etiquetaron para iniciar los experimentos con los tratamientos de los elicitores.



**Figura 1. Amplificación del gen "factor de elongación Ts" de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR anidada. Electroforesis en gel de agarosa al 2%, en TAE 1X, BrEt 1.2  $\mu$ L Carril M= marcador molecular de 50 pb, carril 1 al 9 árbol positivo a CLas con un producto de amplificación aproximado de 150 pb, y carril 10, árbol negativo, no se presentó amplificación.**

Después de las aplicaciones de los elicitores como se menciona en el Cuadro 1, se realizó la extracción de ARN con la finalidad de analizar el gen *CAT*. Algunas de las extracciones de ARN obtenidas de los árboles con los tratamientos (T1, T2, T3 y T4), se muestran en la Figura 2, las cuales resultaron integra y fue posible observar los tres tipos de RNA (mensajero, ribosomal y de transferencia), para el análisis de la expresión del gen *CAT*, se usaron 300 ng de de RNAm purificado.

Los resultados de la RT-PCR mostraron la expresión del gen *CAT* en todos los tratamientos (Figura 3).



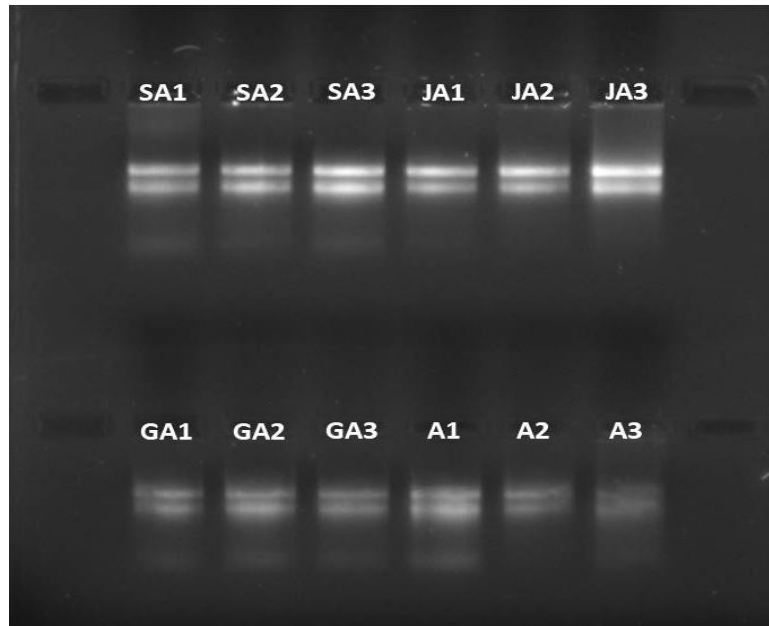


Figura 2. Electroforesis en gel de agarosa al 1% en TAE 1X, teñido con SYBER Green (Invitrogen). Extracción de ARN total de árboles de limón Pera correspondiente a los Tratamientos: T1. Control aplicando agua (A1, A2 y A3), T2. Ácido salicílico (SA1, SA2, SA3), T3. Ácido jasmónico (JA1, JA2 y JA3), y T4. Ácido gamma-aminobutírico (GA1, GA2, GA3).

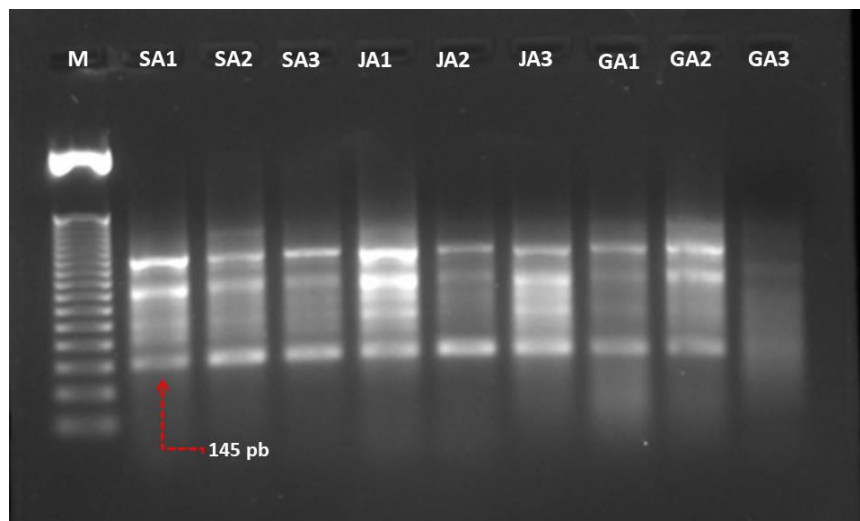
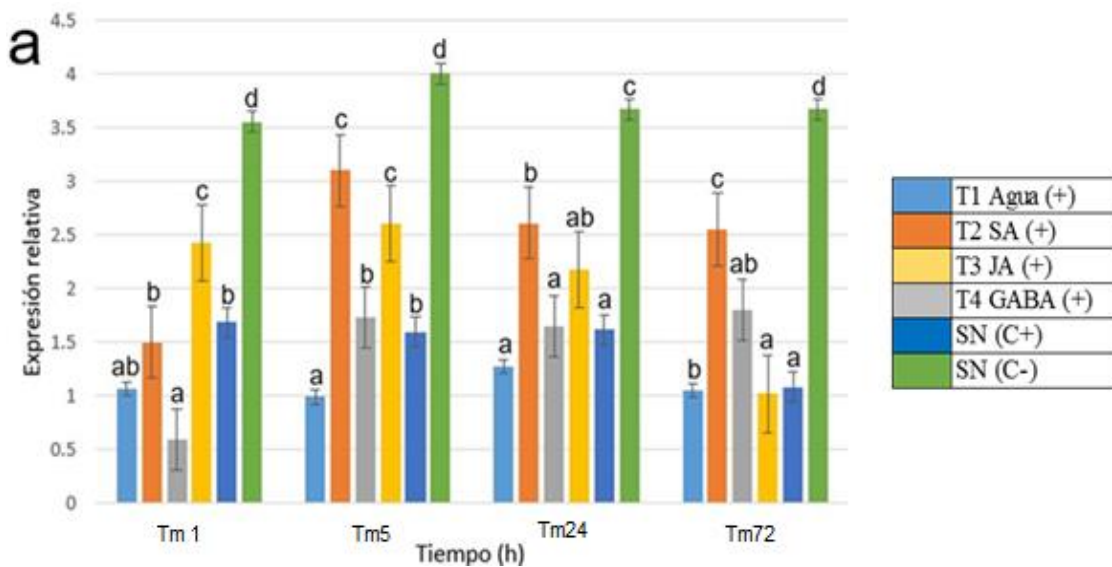


Figura 3. Expresión del gen *CAT* en árboles infectados con *Candidatus Liberibacter asiaticus* después de la aplicación de los tratamientos, mediante RT-PCR. Electroforesis en gel de agarosa al 2%, en TAE 1X, tenido con SYBER Green (Invitrogen). Carriles SA1-GA3=expresión del gen *CAT* correspondiente a 145 pb de árboles enfermos de HLB con aplicación foliar de elicitores.



Con la aplicación del T2 (SA) y T3 (JA), la expresión de *CAT* se incrementó desde el tiempo 1 h (Tm 1) posterior a la aplicación de estos elicitores, siendo mayor en el tiempo 5 h (Tm 5), sin embargo, el nivel de expresión no alcanzó al testigo sano. En el caso de la aplicación de T3 (JA), la expresión de *CAT* se incrementó desde el primer tiempo, teniendo un pico al tiempo 5 h, pero disminuyó drásticamente entre el tiempo 24 h (Tm24) y 72 h (Tm72), mientras que para el T2 (SA) se que incremento en el tiempo 5 h (Tm5) y a partir de ahí se mantuvo constante en los tiempos Tm24 y Tm72. En el caso de T4 (GABA), la inducción de la expresión fue tardía, mostrando su mayor nivel de expresión a las 72 h (Tm72) (Figura 4).



**Figura 4. Efecto de la aplicación de tres elicitores de resistencia en la expresión relativa del gen *CAT* en limón Persa infectado con HLB (A). Los tratamientos fueron T1. plantas positivas con agua estéril (azul claro), T2. SA (naranja), T3. JA (amarillo), T4. GABA (gris), y control positivo sin tratamiento (azul oscuro) y control negativo de planta sana (verde).**

Por otro lado, con respecto al Control positivo (C+), se observó la expresión del gen *CAT* en el Tiempo 1 h con la aplicación de SA y GABA, que se reguló negativamente la expresión, siendo JA el único expresado positivamente en ese tiempo. Se tuvo un incremento drástico en el tiempo 5 h aproximadamente nueve veces más con respecto al tiempo 1 h así como también se logra expresarse positivamente para los demás elicitores siendo GABA el de menor expresión, en el tiempo 24 h decayó la expresión con SA y JA cerca de la mitad de su máximo



pico y GABA a niveles casi de cero expresión, nuevamente aumento notoriamente en el tiempo 72 h la expresión con SA al nivel de alcanzar el máximo pico que se tuvo en el tiempo 5 h, en el caso contrario JA se reprimió negativamente y GABA comenzó a expresarse positivamente teniendo un efecto retardado en comparación con SA y JA (Figura 5).

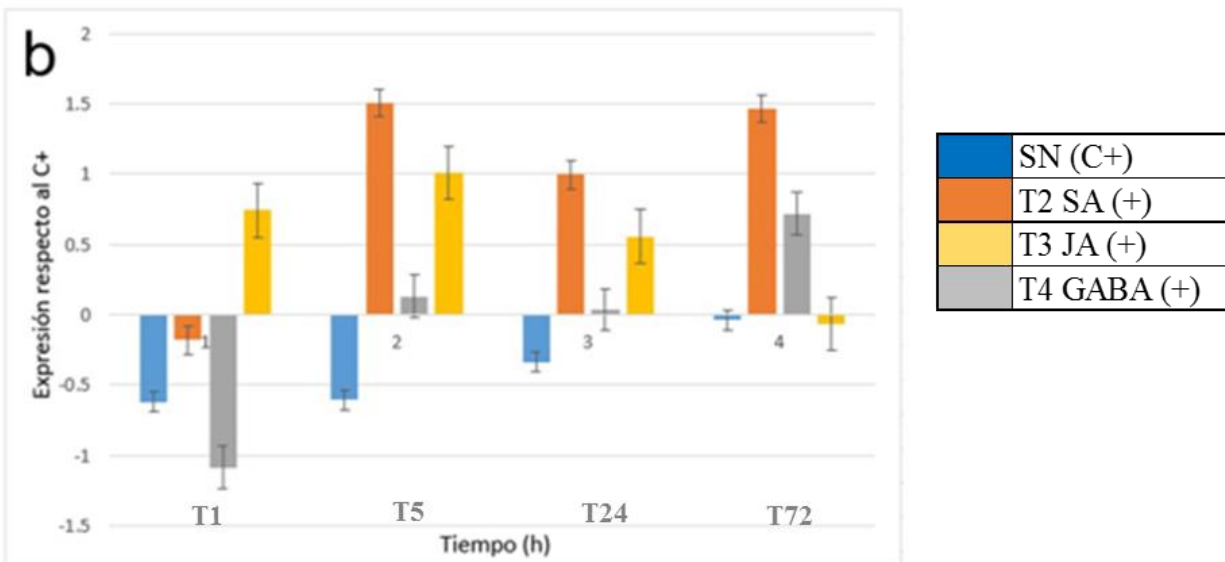


Figura 5. Expresión comparativa con el control infectado sin tratamiento (C+) a diferentes tiempos. Los tratamientos fueron: T2. SA (naranja), T3. JA (amarillo), T4. GABA (gris), y control positivo sin tratamiento (azul oscuro).

Se tiene documentado que el JA está asociado con la defensa ante el ataque por patógenos necrotróficos (Sánchez *et al.*, 2010) y está también involucrado en la respuesta de la planta al estrés y heridas ((Wilfried Dathe, 1992). Recientemente, se concluyó que *Candidatus Liberibacter asiaticus* es un parásito de ATP (Flores-de la Rosa *et al.*, 2021), lo cual parece estar conectado con un incremento en el metabolismo del  $\alpha$ -cetoglutarato y la consecuente acumulación de GABA en el citosol, el cual se conecta con el ciclo de Krebs mediante la enzima GABA permeasa e incrementa la acumulación de productos del ciclo antes mencionado (Nehela y Killiny, 2019). Sin embargo, la acumulación de GABA en respuesta al estrés en plantas ha sido observada y la activación de defensa mediante este aminoácido no proteico es de interés debido a que no representa un gasto energético importante para la planta, a pesar



de esto, los mecanismos por los cuales se activan las defensas, aún constituye un enigma (Vijayakumari *et al.*, 2016).

Con base en un estudio reportado por Li *et al.* (2017), la aplicación exógena foliar de una solución de SA 1 mM indujo un incremento en la actividad de genes relacionados con la defensa y en la concentración de SA endógeno en cítricos infectados con *Candidatus Liberibacter asiaticus*. En este trabajo se utilizó una concentración de SA de 10 mM, y se observó un importante incremento en la actividad de genes antioxidantes en árboles de limón Persa con HLB. Los resultados obtenidos muestran que el SA intensificó la expresión del gen *CAT* por un tiempo más prolongado, se sabe que el ácido salicílico es un compuesto que juega un papel muy importante en la transducción de señales y de defensa de plantas dicotiledóneas que conducen a la activación de genes que promueven las respuestas hipersensibles de defensas de las plantas (Raskin, 1992; Durner *et al.*, 1997), se ha sugerido que el SA es un componente importante en la señalización contra patógenos y que muchos de los componentes implicados en estas rutas son análogos a los utilizados en plantas dicotiledóneas (Vlot *et al.*, 2009). Parte de la represión de las rutas de defensa mediadas por SA se atribuye a la actividad de la enzima ácido salicílico-hidroxilasa presente en CLas (Li *et al.*, 2017) y otras especies de *Candidatus Liberibacter* (Wang *et al.*, 2017). Además, se ha observado que algunos efectores de patogenicidad de la bacteria como la proteína Las5315, atacan directamente al cloroplasto, causando clorosis y acumulación de almidón (Pitino *et al.*, 2018), dichos efectores contienen dominios altamente relacionados con la anhidrasa  $\beta$ -carbónica (Flores-de la Rosa *et al.*, 2020), la cual es necesaria para la percepción y activación de resistencia mediada por SA (Medina-Puche *et al.*, 2017), por lo cual, estos efectores podrían estar relacionados también con la represión de la defensa inducida por SA endógeno. En el caso de JA tuvo una respuesta muy interesante, en el tiempo 1 y en el 5 tuvo su máximo punto y bajo considerablemente en el 24 y 72 se tiene documentado que el JA está asociado con la defensa ante el ataque por patógenos necrotróficos (Sánchez *et al.*, 2010) y está también involucrado en la respuesta de la planta al estrés y heridas (Wilfried Dathe 1992). Recientemente, se concluyó que *Candidatus Liberibacter asiaticus* es un parásito de ATP (Flores-de la Rosa *et al.*, 2021), lo cual parece estar conectado con un incremento en el metabolismo del  $\alpha$ -cetoglutarato y la consecuente acumulación de GABA en el citosol, el cual se conecta con el ciclo de Krebs mediante la enzima GABA permeasa e incrementa la



acumulación de productos del ciclo antes mencionado (Nehela y Killiny, 2019). Sin embargo, la acumulación de GABA en respuesta al estrés en plantas ha sido observada y la activación de defensa mediante este aminoácido no proteico es de interés debido a que no representa un gasto energético importante para la planta, a pesar de esto, los mecanismos por los cuales se activan las defensas, aún constituye un enigma (Vijayakumari *et al.*, 2016).

## **Conclusiones**

El Ácido jasmónico (JA) presentó una respuesta rápida en comparación con los demás elicitores aplicados pero esta, decae conforme pasa el tiempo. El Ácido salicílico (SA) tuvo una respuesta muy parecida a JA de forma ascendente conforme pasaba el tiempo y mantuvo una tendencia similar en los tiempos 24 y 72, por lo cual, se puede decir que produce una respuesta rápida y prolongada. El Ácido gamma-aminobutírico (GABA), presentó una respuesta tardía, mostrando su mayor nivel de expresión a las 72. La aplicación de elicitores químicos estimuló la expresión del gen *CAT*, lo cual podría resultar como un tratamiento efectivo para el control de la enfermedad HLB.

## **Recomendaciones**

Se recomienda realizar la aplicación de los tratamientos a tiempos más prolongados y así poder tener una mejor evaluación en el efecto de los genes de respuesta de defensa ante el HLB, y poder determinar el tratamiento adecuado de la enfermedad mediante la aplicación de elicitores.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a los recursos fiscales del INIFAP.



## Literatura Citada

- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: Adestructive, Newly-emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88 (1): 7-37.
- Canales, E., Y. Coll, L. Hernández, R. Portieles, M. Rodríguez García, Y. López *et al.* 2016. *Candidatus* Liberibacter asiaticus, Causal Agent of Citrus Huanglongbing, Is Reduced by Treatment with Brassinosteroids. *PLoS One.* 11(1):e0146223.
- Durner, J., J. Shah and D.F. Klessig. 1997. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Trends Plant Sci.* 2: 266-274.
- Flores-de la Rosa, F. R., C. G. Rodríguez-Quibrera and R. Santillán-Mendoza. 2021. Phylogeny of ATP/ADP translocase gene from *Candidatus* Liberibacter spp., causal agents oh HLB. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39 (1).
- Flores-de la Rosa, F. R., C. G. Rodríguez-Quibrera, C. Matilde-Hernández and R. Santillán Mendoza. 2020. Bioinformatic Analysis of Potential Pathogenicity Effectors of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, Causal Agent of Citrus Huanglongbing. *Am. J. Plant Sci.* 11: 1319-1330.
- Hall, D. G., M. L. Richardson, E. D. Ammar and S. E. Halbert. 2013. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus Huanglongbing disease. *Entomol. Exp. Appl.* 146 (2): 207-223.
- INTAGRI. 2018. La Producción de Limón en México. Serie Frutales Núm. 41. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Li, J., Z. Pang, P. Trivedi, X. Zhou, X. Ying, H. Jia *et al.* 2017. *Candidatus* Liberibacter asiaticus encodes a Functional Salicylic Acid (SA) Hydroxylase that degrades SA to suppress plant defenses. *Mol. Plant Microbe Interact.* 30 (8): 620-630.
- Lin, H., C. Chen, H. Doddapaneni, Y. Duan, E. L. Civerolo, X. Bai *et al.* 2010. A new diagnostic system for ultra-sensitive and specific detection and quantification of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, the bacterium associated with citrus Huanglongbing. *J. Microbiol. Methods*, 81: 17-25.
- Luciano, R, D. S. Ferraz, M.D.A. Barbosa *et al.*, 2018. Potassium phosphite reduction of *Candidatus* Liberibacter spp. population on leaves of Ponkan tangerines tree with huanglongbing. *Afr. J. Microbiol. Res.*12 (10): 248-253.
- Medina-Puche, L., M. J. Castelló, J.V. Canet, J. Lamilla, M. L. Colombo and P. Tornero. 2017.  $\beta$ carbonic anhydrases play a role in salicylic acid perception in Arabidopsis. *PLOS ONE* 12(7): e0181820.



- Nehela, Y. and N. Killiny. 2019. Candidatus Liberibacter asiaticus' and Its Vector, Diaphorina citri, Augment the Tricarboxylic Acid Cycle of Their Host via the  $\gamma$ -Aminobutyric Acid Shunt and Polyamines Pathway. *Mol. Plant Microbe Interact.* 32 (4): 413-427.
- Pitino, M., V. Allen and Y. Duan. 2018. Las $\Delta$ 5315 Effector Induces Extreme Starch Accumulation and Chlorosis as Ca. Liberibacter asiaticus Infection in Nicotiana benthamiana. *Front. Plant Sci.* 9: 113.
- Pitino, M., C. M. Armstrong and Y. Duan. 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. *Horticulture Research*, 4(1): 1-8.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 43: 439-463.
- Rodríguez Quibrera, C.G., E. I. Alanís Martínez, J. Velázquez Monrreal y I. H. Almeyda León. 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.
- Salgado, R., M. A. Cortés y R. E. Del Río. 2008. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *México. Biológicas*, 10: 18-27.
- Sánchez, G., E. Castro, E. Beltran, H. Reyes y E. Garcia. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*, 12 (2): 90-95.
- SENASICA. 2019. Huanglongbing Candidatus Liberibacter spp. (No. 78). SADER [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463426/78.\\_Ficha\\_tecnica\\_Huanglongbing.\\_Mayo\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463426/78._Ficha_tecnica_Huanglongbing._Mayo_2019.pdf) [consultado el 1 de noviembre de 2019].
- SIAP. 2017. Atlas Agroalimentario 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. 236 p.
- Trinidad-Cruz J. R., G. Rincón-Enríquez, E. E. Quiñones-Aguilar, A. P. Arce-Leal y N.E. Leyva-López. 2019. Inductores de resistencia vegetal en el control de Candidatus Liberibacter asiaticus en árboles de limón (*Citrus aurantifolia*) mexicano. *Mexican Journal of Phytopathology*, 37: 304–317.
- Vijayakumari, K., K.C. Jisha and J.T. Puthur. 2016. GABA/BABA priming: a means for enhancing abiotic stress tolerance potential of plants with less energy investments on defense cache. *Acta Physiol. Plant.* 38: 230.
- Vlot, A. C., D. M. A. Dempsey and D. F. Klessig 2009. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone to Combat Disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 47: 177-206.



- Walters, D. R, J. Ratsep and N.D. Havis. 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *J. Exp. Bot.* 64:1263-1280.
- Wang, N., E. A. Pierson, J. C. Setubal, J. Xu, J. G. Levy, Y. Zhang, *et al.* 2017. The Candidatus Liberibacter-Host Interface: Insights into Pathogenesis Mechanisms and Disease Control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 4 (55): 451-482.
- Wilfried Dathe. 1992. El papel del ácido jasmónico y giberelinas en la ontogenia de las plantas considerando especialmente el desarrollo de los frutos. *Agriscientia*, 9 (1): 17-30.
- Zheng, Y., N. Kumar, P. Gonzalez and E. Etxeberria. 2018. Strigolactones restore vegetative and reproductive developments in Huanglongbing (HLB) affected, greenhouse-grown citrus trees by modulating carbohydrate distribution. *Scientia Horticulturae*, 237: 89 -95.





## BACTERIAS ROJAS DEL AZUFRE CON POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

Magdalena Jiménez Hernández<sup>1\*</sup>

### Resumen

Una gran diversidad de microorganismos, son susceptibles de utilizarse en la biosíntesis de metabolitos con aplicación biotecnológica como aditivos en la producción y conservación de alimentos, así como en procesos de biorremediación de suelos y cuerpos de agua con materia orgánica, e incluso sustancias tóxicas y producción de combustibles alternativos. Dentro de estos microorganismos se pueden considerar a las bacterias rojas del azufre, las cuales forman un grupo diverso de microorganismos. En el resultado de su fotosíntesis no producen oxígeno, por lo cual también se les denomina bacterias anoxigénicas. El objetivo de este estudio fue aislar bacterias rojas del azufre a partir de muestras de agua colectadas en la localidad y municipio de Huatusco, Veracruz, susceptibles de utilizarse en procesos biotecnológicos. Las bacterias se reprodujeron en columna de Winogradsky, que se preparó con sulfato de calcio al 5%, se incubó a 25°C durante dos meses. El cultivo se expuso a la luz del sol. Posteriormente, se tomaron alícuotas de 1 mL, las cuales se inocularon en 10 mL de medio básico MB. Se incubaron a 37°C por dos semanas. Se observó el desarrollo de colonias color marrón claro; estas colonias se resembraron en medio MB, obteniendo mayor desarrollo al incubar el cultivo a 37°C por 48 horas. A partir de estos cultivos se aislaron las colonias en agar MB, utilizando la técnica de siembra por estrías, las placas se incubaron a 37°C por 48 horas. Se realizó tinción diferencial (tinción de Gram), para conocer las colonias desarrolladas, observándose al microscopio cocos color rosa y bacilos color marrón. Las cepas aisladas se conservaron en medio MB y glicerol al 40% a temperatura de congelación para su posterior estudio.

**Palabras clave:** anoxigénicas, potencial biotecnológico, biorremediación

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Industrias Alimentarias. C. 25 Ote., Reserva Territorial, 94106 Huatusco, Ver. \*Correspondencia: [mjimenezh@huatusco.tecnm.mx](mailto:mjimenezh@huatusco.tecnm.mx)



## Introducción

Las bacterias rojas del azufre, se encuentran distribuidas en zonas anoxicas de lagos bien iluminados y otros hábitats acuáticos, donde su función es producir sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). Las comunidades de bacterias oxidadoras de azufre comúnmente presentes en manantiales minerales sulfurosos, se caracterizan por tener un alto contenido de sulfuro de hidrógeno y sus formas iónicas ( $H_2S$   $S^{2-}$ ). Por otra parte, su presencia en aguas superficiales es causada principalmente por la ausencia de oxígeno disuelto y una descomposición biológica anaeróbica asociada de sustancias orgánicas, que contienen azufre o por la reducción de tiosulfatos, politionatos, azufre elemental, sulfitos y sulfatos por bacterias reductoras de sulfato (Cho *et al.*, 1992).

Presentan pigmentos de clorofila llamados bacterioclorofilas, que pueden ser tipo a, b, c, d, e y g además de una gran variedad de pigmentos carotenoidicos. En conjunto, estos pigmentos confieren a estas bacterias rojas sus espectaculares colores, generalmente rojo, púrpura o marrón. Las bacterias rojas del azufre utilizan sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) como un donador de electrones para la reducción fotosintética del  $CO_2$ . Muchas de estas bacterias rojas también pueden reducir otros compuestos azufrados como donadores de electrones fotosintéticos tales como el trisulfato ( $S_2O_3^{2-}$ ), siendo este compuesto clave para cultivar estos microorganismos en el laboratorio. Las bacterias oxidantes de azufre obtienen energía para su metabolismo a partir de energía lumínica o directamente de las reacciones oxidantes, donde utilizan oxígeno, nitratos o nitritos como aceptor de electrones liberados durante la oxidación de sulfuros. Desde el punto de vista tecnológico, para la eliminación biológica de sulfuros, las más apropiadas son las bacterias quimiolitotróficas oxidantes de azufre. Este grupo de bacterias son filogenéticamente muy diversas y pertenecen a los géneros *Thiobacillus*, *Sulfolobus*, *Thermothrix*, *Beggiatoa* y *Thiothrix*, ampliamente distribuidos en diferentes hábitats (Pokorna and Zabranska, 2015). Actualmente se incluyen en el grupo gamma de proteobacterias (Friedrich *et al.*, 2001). Este trabajo, se ha orientado al aislamiento de bacterias rojas del azufre, considerando la gran importancia que reviste el conocer la capacidad biotecnológica de este grupo de bacterias, en el proceso de tratamiento de aguas residuales, así como en la biorremediación de suelos impactados o contaminados con diversos compuestos tóxicos. En este trabajo se aislaron bacterias rojas del azufre, las cuales se colectaron a partir de agua de



estanque y posteriormente se inocularon en una columna de Winogradsky, a la cual se adicionó sulfato de calcio  $\text{CaSO}_4$  y carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  como fuentes de azufre y calcio respectivamente. Las bacterias se desarrollaron y posteriormente se hicieron crecer en medio de cultivo sintético MB formulado con fosfato de potasio ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), cloruro de magnesio ( $\text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de fierro ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ).

## **Materiales y Métodos**

### **Preparación de la columna de Winogradsky**

Se colectaron muestras de agua en frascos estériles de estanques de la localidad de Huatusco, Veracruz y se transportaron en refrigeración al laboratorio de Microbiología. Se prepararon las columnas de Winogradsky, de acuerdo con el método descrito por Pigage (1985), colocando en el fondo lodo rico en materia orgánica, el sustrato se suplementó con una fuente de carbono (aserrín y raíces vegetales), azufre y carbonato de calcio, se cubrieron con las muestras de agua, previamente colectadas. Se mantuvieron cerca de la luz del sol por el lapso de dos meses a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Posteriormente, se tomaron muestras de la zona donde se observó el desarrollo de coloración rosa-marrón indicativo del desarrollo de colonias de bacterias rojas del azufre.

### **Tinción diferencial (tinción de Gram)**

Se realizaron los frotis a partir de las muestras de los cultivos y se procesaron de acuerdo con la técnica descrita para la tinción de Gram. Se observaron en microscopio compuesto y se registraron las observaciones.

### **Aislamiento en medio básico MB**

Se preparó el medio básico de acuerdo con Cho (1992) en el cual se inocularon las colonias previamente tomadas de la columna de Winogradsky, se incubaron a  $37^\circ\text{C}$  por dos semanas. Después de observar la turbidez del medio y el desarrollo de la coloración característica rosa-marrón, se sembraron en medio MB con nivel de inóculo del 1%; se incubaron a  $37^\circ\text{C}$  por 48 horas. Posteriormente, se realizó la tinción de Gram a las muestras. Se prepararon placas de agar MB y las muestras de los cultivos se sembraron por vertido en placas con la finalidad de observar la morfología de las colonias de interés y proseguir con el proceso de aislamiento.



### **Caracterización fenotípica de las cepas aisladas**

Las cepas aisladas se caracterizaron fenotípicamente evaluando las características morfológicas de las colonias, borde, elevación de las colonias, coloración por tinción de Gram, siguiendo el protocolo descrito por Rubiano-Labrador *et al.* (2013).

### **Conservación de las cepas aisladas**

Las colonias aisladas se sembraron en medio MB se incubaron en las condiciones de temperatura antes mencionadas (37°C) por 48 horas. Posteriormente se tomaron alícuotas de 1000 µL, se vertieron en tubos ependorff y se les adicionó glicerol estéril al 40%, como agente crioprotector. Finalmente se conservaron en congelación para realizar estudios posteriores.

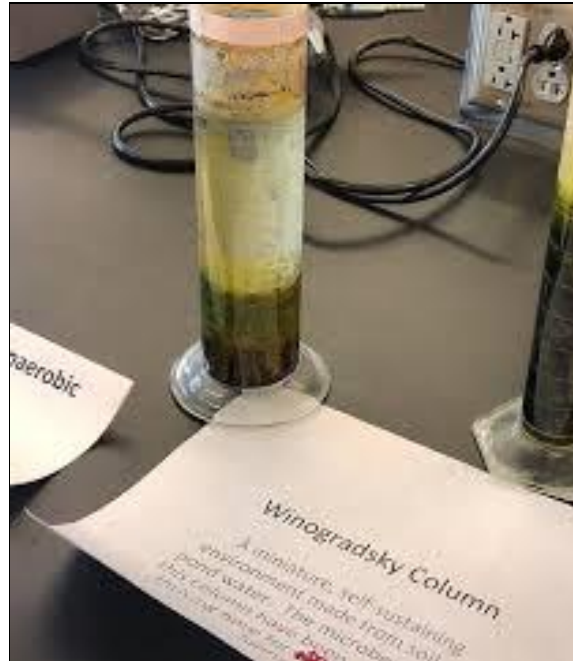
## **Resultados y Discusión**

Los resultados obtenidos a partir del cultivo de bacterias rojas del azufre en la columna de Winogradsky permitieron demostrar que es posible reproducir estas bacterias en un ambiente similar al que se encuentra en su hábitat natural y a partir del cual se pueden transferir a un medio de cultivo sintético y reproducirlas en condiciones *in vitro* para posteriormente aislarlas a partir del mismo. La columna les provee a estas bacterias los nutrientes necesarios para su desarrollo, al contar con fuente de carbono, azufre, calcio, nitrógeno, así como otros micronutrientes. En la Figura 1 se observa el crecimiento de las bacterias rojas del azufre en la parte superior, la cual corresponde a la zona microaerófila. Es importante mencionar que la fotosíntesis que realizan estos microorganismos depende de la cantidad y calidad de luz que reciben, la disponibilidad de donadores de electrones (H<sub>2</sub>S), polisulfuros, S<sup>0</sup>, compuestos orgánicos de bajo peso molecular y de la concentración de oxígeno.

Respecto a la caracterización fenotípica de las colonias que se desarrollaron en el medio de cultivo MB, se pudo observar la adaptación de las células al medio y a las condiciones *in vitro* en las cuales alcanzaron estabilidad metabólica después de dos semanas de incubación a 37°C. Lo cual muestra que los nutrientes del medio de cultivo, la temperatura y el tiempo de incubación (2 semanas) favorecieron el crecimiento y la reproducción celular. Los resultados coinciden con lo reportado por Rubiano-Labrador *et al.* (2013) al realizar el aislamiento de bacterias que oxidan el azufre, a partir de diferentes fuentes como agua de manantiales



termales, aguas residuales de minería y aguas de la industria metalmeccánica, aislando un total de 17 cepas de las diferentes fuentes.



**Figura 1. Columna de Winogradsky en la cual se observa en la parte superior el desarrollo de bacterias rojas del azufre color rosa-marrón.**

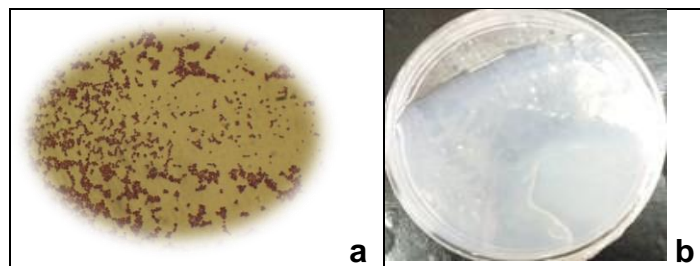
Reportando la caracterización fenotípica de las diferentes cepas aisladas, así como la descripción macroscópica y microscópica de las colonias, coloración de Gram. El interés en explorar el potencial de estos microorganismos aislados a partir de ambientes naturales como son los cuerpos de agua: estanques, lagos, lagunas, estuarios, aguas marinas, etc., es precisamente aprovechar la microbiota existente en hábitats naturales, susceptibles de aprovechamiento, por lo cual es necesario estudiarlos y comprender su metabolismo, aislar los metabolitos que sintetizan y posteriormente evaluar su efectividad para disminuir el impacto ambiental.

En la Figura 2, puede observarse el crecimiento de bacterias las cuales se encuentran en el fondo de los tubos de ensaye, presentando coloración rosa-marrón característica de las bacterias oxidantes del azufre, que utilizan el oxígeno (condiciones de aerobiosis) o el nitrato (condiciones de anaerobiosis) como aceptor final de electrones para oxidar formas reducidas del azufre ( $H_2S$ ,  $S^+$ ).



**Figura 2. Bacterias rojas del azufre en medio liquido MB, en donde se observa la coloración rosa-marrón característica del cultivo.**

La tinción de Gram, permitió diferenciar las muestras de las colonias que se desarrollaron en agar MB, observando la morfología microscópica que presentaron y que corresponde a la forma cocoide, se tiñeron de azul violeta, lo cual es indicativo de que se trata de bacterias Gram positivas (Figura 3).



**Figura 3. a) bacterias aisladas en placa de agar MB; b) bacterias aisladas en forma de cocos Gram positivas (tinción diferencial).**

En el Cuadro 1, se muestra la descripción macroscópica y microscópica de las bacterias aisladas, lo cual es un punto de partida importante para continuar explorando las características de estos microorganismos y que se requiere, para contar con toda la información necesaria con la finalidad de explorar su posible aprovechamiento biotecnológico. Resultados similares reportó Núñez (2003) al realizar el aislamiento de bacterias rojas del azufre de la laguna de Tamapamachoco, Veracruz obteniendo el aislamiento de siete cepas con forma de bacilos delgados tres de color violeta, tres de color rojo y una de color rosa; una de las cepas aisladas presento forma de cocos, de color rosa.



**Cuadro 1. Descripción Macroscópica y Microscópica de colonias de bacterias rojas del azufre aisladas en medio MB.**

Tinción de Gram	Coloración	Forma	Elevación	Borde	Superficie
Cocos Gram positivos	rosa	circular	convexa	entero	lisa
Cocos Gram positivos	marrón	irregular	plana	entero	ondulada

## Conclusiones

Se reprodujeron bacterias rojas del azufre en la columna de Winogradsky las cuales provinieron de muestras de agua de estanque y posteriormente se aislaron en medio de cultivo sintético MB, el cual permitió el desarrollo del cultivo en condiciones *in vitro*. Las colonias aisladas se estudiaron en cuanto a su morfología macroscópica y microscópica. El presente trabajo es una contribución al conocimiento de este grupo de microorganismos utilizando técnicas convencionales, por medio de las cuales es posible un primer acercamiento a un importante grupo de bacterias, con un gran potencial biotecnológico en la producción de metabolitos que pueden utilizarse en procesos de desulfuración biológica y producción de biogás de alta pureza.

## Agradecimientos

El autor agradece al laboratorio de Microbiología de la División de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

## Literatura Citada

Cho, K. S., M. Hirai and M. Shoda. 1992. Degradation of hydrogen sulfide by Xanthomonas sp. strain DY44 isolated from peat. Appl. Environ. Microbiol. 58 (4): 1183-1189.



- Friedrich, C. G., D. Rother, F. Bardischewsky, A. Quentmeier and J. Fischer. 2001. Oxidation of reduced inorganic sulfur compounds by bacteria: emergence of a common mechanism? *Appl. Environ. Microbiol.* 67 (7): 2873-2882.
- Nuñez, M. 2003. Isolation and pigment characterization of purple sulphur bacteria from Tampamachoco lagoon, Veracruz, México. *Hidrobiológica.* 13 (3): 171-176.
- Pokorna, D. and J. Zabranska. 2015. Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology. *Biotechnol. Adv.* 33 (6): 1246-1259.
- Pigage, H. K. 1985. The Winogradsky Column: A Miniature Pond Bottom. *Am. Biol. Teach.* (47): 239-240.
- Rubiano-Labrador, C., S. Baena, C. Díaz-Cárdenas and B. K. Patel. 2013. *Caloramator quimbarensis* sp. nov., an aerobic, moderately thermophilic bacterium isolated for a terrestrial hot spring. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 63 (4): 1396-1402.





## ACTIVACIÓN DE FENILPROPANOIDES EN RAÍCES DE *Vanilla planifolia* INOCULADA CON *Fusarium oxysporum*

Sacsi Xhanat Cervantes Herrera<sup>1\*</sup>, Juan Luis Monribot Villanueva<sup>2</sup>, José Antonio Guerrero Analco<sup>2</sup>,  
Lourdes Georgina Iglesias Andreu<sup>1</sup>, Nadia Guadalupe Sánchez Coello<sup>3</sup> y Mauricio Luna Rodríguez<sup>3</sup>

### Resumen

*Vanilla planifolia* Jacks. es una especie cuya producción en México se ha visto afectada por la enfermedad causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, que ha ocasionado pérdidas superiores al 60%. Con el fin de detectar metabolitos implicados en la respuesta bioquímica defensiva de *Vanilla* se propuso desarrollar estudios metabolómicos no dirigidos. Para ello se inocularon raíces de esquejes de vainilla con una suspensión de esporas de *F. oxysporum*, patógeno (cepa M21C5) y no patógeno (cepa BC1). Se emplearon como control plantas sin inóculo fúngico y se evaluó la respuesta metabolómica a las 36 h, 5 y 10 d post-inoculación (pi). Los extractos crudos se prepararon en metanol y se analizaron mediante cromatografía de líquidos de ultra alta resolución en fase reversa acoplada a espectrometría de masas de alta resolución de tipo cuádrupolo y tiempo de vuelo (RP-UPLC- Q-TOF-MS, por sus siglas en inglés). El análisis de espectrometría de masas (MS) se realizó utilizando una fuente de ionización electrospray (ESI) en modo positivo. Para evaluar las similitudes químicas entre los tratamientos se aplicó un análisis de componentes principales (ACP), seguido de pruebas “*t*” de student, fold change y análisis funcional (plataforma MetaboAnalyst), para identificar a potenciales biomarcadores químicos asociados a esta interacción. Los resultados obtenidos revelaron que las raíces de *V. planifolia* inoculadas con BC1 y el control, presentaron similitudes químicas, a diferencia de lo observado en las raíces inoculadas con M21C5. Los compuestos tentativamente identificados ( $\log_2$ - FC > 3) se encuentran asociados a la biosíntesis

<sup>1</sup> Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Av. Culturas Veracruzananas 101, Col. E. Zapata. C. P. 91010, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Genética e Interacciones Planta Microorganismo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup> Laboratorio Red de Estudios Moleculares Avanzados Clúster BioMimic®, Instituto de Ecología A. C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya. C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México.

\*Correspondencia: sacxhanat\_ch@yahoo.com.mx



de fenilpropanoides, implicados en el mecanismo de defensa en la planta desde las 36 hpi de interacción con ambas cepas, hasta 10 dpi en BC1. Este estudio sienta las bases para seguir explorando las rutas bioquímicas de esta interacción con vistas a definir los mecanismos de inducción de defensa natural de esta interacción, que permitan desarrollar estrategias para el manejo y conservación de este valioso cultivo ancestral.

**Palabras clave:** metabolómica no dirigida, metabolitos, interacción planta-patógeno

## Introducción

En todos los países productores de vainilla, la pudrición de la raíz y el tallo es una enfermedad devastadora ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (Koyyappurath, 2018). *F. oxysporum* es un hongo cosmopolita, presente en numerosas formas patogénicas, en la región del Totonacapan, Veracruz. Entre ellas, se han detectado cepas patogénicas muy agresivas que afectan seriamente a este cultivo (Adame-García *et al.*, 2015). En los principales países productores este patógeno ha ocasionado pérdidas superiores al 80% en las áreas vainilleras (Pinaría *et al.*, 2010).

La metabolómica, resulta una herramienta de gran interés para el análisis integral de una amplia gama de compuestos de bajo peso molecular (<1500 Da), proporcionando una huella bioquímica que pueden servir como huellas directas de actividad bioquímica y de diversos procesos fisiológicos (Patti *et al.*, 2012). La metabolómica no dirigida mide miles de características moleculares a la vez, lo que la convierte en una vía promisoría para el desarrollo de estrategias de manejo y conservación del germoplasma de *Vanilla*.

A pesar de que la utilidad potencial de la metabolómica para descifrar las interacciones planta-patógeno (Witzel *et al.*, 2015), no ha sido explorado el patosistema *V. planifolia*-*F. oxysporum*. La identificación de los principales biomarcadores que se expresan como parte de los mecanismos de inducción de defensa natural de la planta en interacción con el patógeno, pueden resultar de utilidad para dilucidar y comprender cómo la planta responde durante el proceso de infección y cómo el hongo acciona su mecanismo bioquímico para atacar a la planta. Por ello se propuso en el presente estudio aplicar un enfoque metabolómico no dirigido



para analizar los cambios en la producción de metabolitos secundarios durante la interacción de *V. planifolia* con cepas patógena y no patógena de *F. oxysporum*, de tal forma que permita dilucidar los metabolitos secundarios que se expresan diferencialmente en raíz durante el proceso de infección y contribuyan a desarrollar estrategias para el control de esta enfermedad y conservación de este valioso cultivo ancestral.

## **Materiales y Métodos**

### **Material biológico**

Las cepas de *F. oxysporum* procedieron de la colección de cepas aisladas de *V. planifolia* del Laboratorio de Genética e Interacciones Planta Microorganismos, de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana. La cepa M21C5 fue aislada en la localidad de Gutiérrez Zamora, Veracruz y la cepa BC1 de la localidad Cordón del Jilguero, Ruíz Nayarit, con características patogénicas y no patogénicas, respectivamente (Casillas-Isiordia *et al.*, 2017). Para su uso, ambas cepas de *F. oxysporum* se cultivaron en medio agar papa dextrosa (PDA) a  $27\pm 1^\circ\text{C}$  durante 15 días (d).

### **Bioensayos de la interacción *Fusarium oxysporum*-*Vanilla planifolia***

Para los bioensayos se emplearon esquejes enraizados de *V. planifolia* procedente de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Cada esqueje estuvo constituido por un fragmento de tallo y una hoja. Para la generación de raíz se siguió el método empleado por Solano-De La Cruz *et al.* (2019). Se aplicó una suspensión de esporas a una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC/mL de cada cepa.

### **Análisis metabolómico**

Los análisis metabolómicos se realizaron a 36 h, 5 y 10 d, posteriores a la inoculación del hongo; el grupo control se integró de esquejes sanos sin inóculo, por cada tiempo evaluado. Para el análisis de las muestras por cada tratamiento se tomaron siete muestras de cortes de raíces de esquejes, que se congelaron inmediatamente con nitrógeno líquido y se almacenaron a  $-82^\circ\text{C}$ . Para la obtención de los extractos crudos se siguió la metodología de De Vos *et al.* (2007). Los extractos crudos se analizaron en un sistema de cromatografía de líquidos de ultra alta resolución (UPLC) Clase I, de la compañía Waters™ (Milfor, MA, USA) acoplado a un



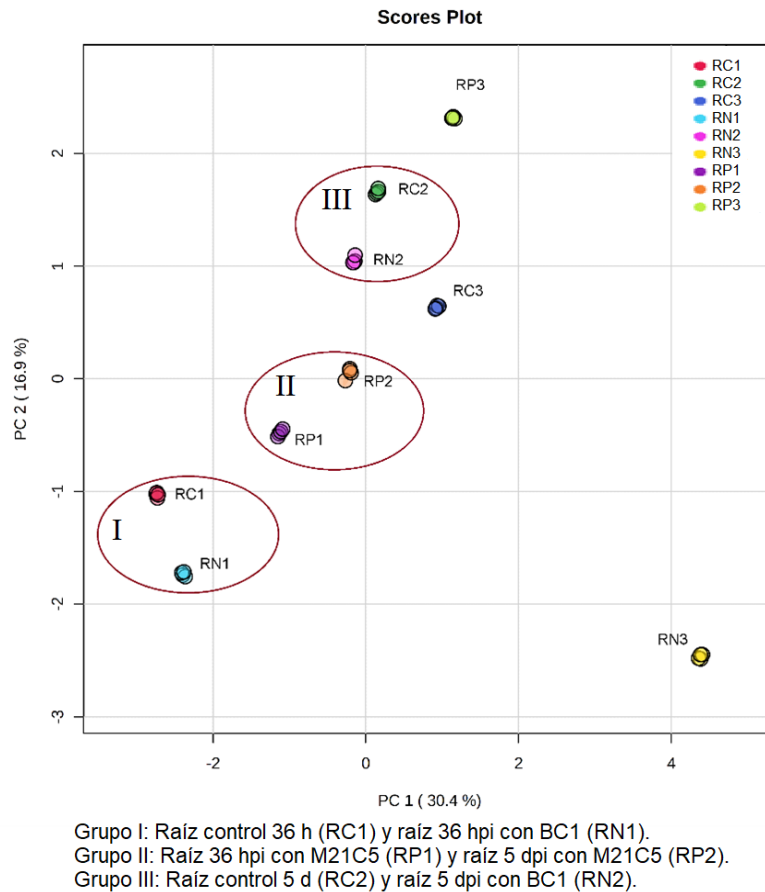
espectrómetro de masas, de cuadrupolo y tiempo de vuelo (QTOF) modelo Synapt G2-Si HDMi, de la marca Waters (Milfor, MA, USA) (Landa-Cansigno *et al.*, 2020). El análisis por espectrometría de masas se realizó con una fuente de ionización por electrospray (ESI) en modo positivo con voltajes de: 3000, 40 y 80, del capilar, del cono de muestreo y de compensación de fuente, respectivamente (Infante-Rodríguez *et al.*, 2020). Se analizaron las variables: abundancia, tiempos de retención y las relaciones masa/carga ( $m/z$ ).

### **Análisis estadístico**

Para determinar las diferencias químicas se aplicó un análisis de componentes principales (PCA). Para identificar los biomarcadores se utilizaron pruebas *t* y fold change. Seguido de un análisis funcional de las relaciones masa carga ( $m/z$ ) de los datos metabolómicos no dirigidos (Li *et al.*, 2013). Se consideró como criterio de exclusión valores de error  $> 5$  ppm. Para la obtención y procesamiento de datos se usaron los softwares MassLynx (versión 4.1, Waters, Milfor, MA, USA), MarkerLynx (versión 4.1, Waters, Milfor, MA, USA) y MetaboAnalyst (versión 4.0, Xia Lab, Edmonton, Alberta, CA).

### **Resultados y Discusión**

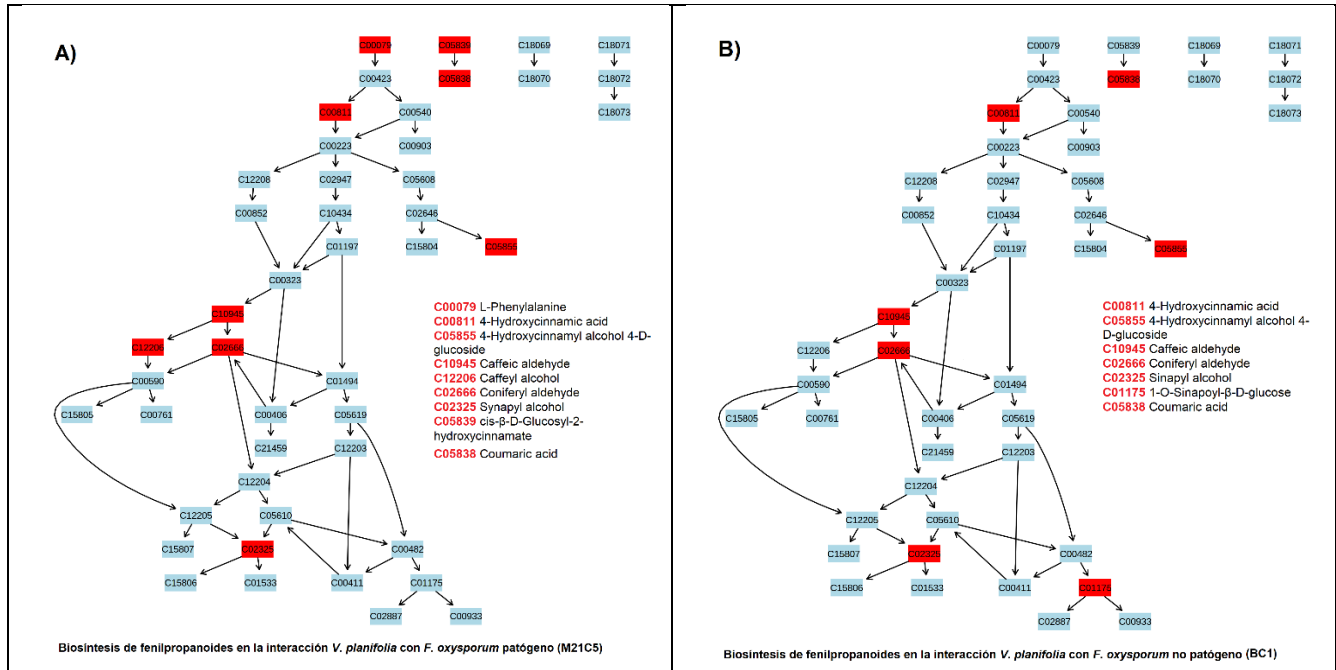
El agrupamiento de muestras observado en el ACP (Figura 1), reveló las similitudes del metaboloma de raíces de *V. planifolia* durante la interacción, con las cepas de *F. oxysporum*, patógeno y no patógeno. En los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2), con una variación explicada del 47.3%, se observa agrupamiento químico de raíces inoculadas con BC1 y los controles, a las 36 h y a los 5 d post-inoculación (pi). De manera que, la composición química de las raíces inoculadas con la cepa BC1 y el tratamiento control mostraron similitudes a las 36 hpi (grupo I) y 5 dpi (grupo III). En comparación con lo observado en las raíces inoculadas con la cepa M21C5, en los primeros momentos del proceso infeccioso (36 h y 5 dpi) (grupo II). Mientras que, en las muestras evaluadas a los 10 dpi, no se encontró similitud en la composición química de las raíces inoculadas con las cepas BC1, M21C5 y en las raíces sin inóculo.



**Figura 1. Análisis de componentes principales (ACP) del análisis metabólico realizado en raíces (R) de *V. planifolia* inoculadas con cepas de *F. oxysporum* patógeno (P) y no patógeno (N), evaluados en diferentes tiempos (1:36 h, 2: 5 d y 3: 10 d) posteriores a la inoculación y el grupo control (C).**

Los resultados multivariados mostraron que la cepa no patógena tuvo una composición química similar al del grupo control; esto motivó que se continuara el análisis comparando la respuesta bioquímica de la planta entre la cepa patógena y la no patógena, para detectar los metabolitos tentativos más relevantes, con valores de  $p < 0.05$  y  $FC > 3$ .

El metaboloma de *V. planifolia*, permitió detectar compuestos diferenciales en la interacción con las cepas M21C5 y BC1. En la biosíntesis de los fenilpropanoides (Figura 2) fueron: L-fenilalanina (C00079), cis- $\beta$ -D-glucosil-2-hidroxicinamato (C05839) y alcohol cafeílico (C12206), compuestos distintivos de la interacción con la cepa patógena (Figura 2A). En tanto que con la cepa no patógena (Figura 2B) solamente se detectó la presencia diferencial del compuesto 1-O-Sinapoyl- $\beta$ -D-glucosa (C01175).



**Figura 2. Metabolitos secundarios identificados tentativamente en raíces de *V. planifolia* en la biosíntesis de fenilpropanoides. A) Compuestos activados (resaltados en el rectángulo rojo) en la biosíntesis de fenilpropanoides durante la interacción con la cepa patógena de *F. oxysporum*. B) Compuestos activados (resaltados en el rectángulo rojo) en la biosíntesis de fenilpropanoides durante la interacción con la cepa no patógena de *F. oxysporum*.**

Los metabolitos secundarios pueden estar presentes en la planta, ya sea de forma constitutiva o inducida, en respuesta a factores bióticos o abióticos. La mayoría de ellos son derivados de la vía fenilpropanoide, biosíntesis de alcaloides o ácidos grasos (Dixon, 2001). Numerosas investigaciones (Kumaraswamy *et al.*, 2011; Aliferis *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2015) han confirmado la participación de los compuestos fenilpropanoides en la resistencia de las plantas a patógenos fúngicos lo cual explicaría la presencia de compuestos fenólicos encontrados en las raíces de vainilla inoculada con la cepa patógena.

Los compuestos polifenólicos no flavonoides como: el ácido ferúlico, ácido cumárico, estilbenos y el resveratrol evidencian que poseen una enorme actividad antimicrobiana. No obstante, son los ácidos fenólicos como: el caféico y ferúlico los que poseen una actividad antibacteriana superior (Prakash *et al.*, 2020). En este sentido, es posible que la vainilla active una respuesta antimicrobiana durante las primeras horas posteriores a la inoculación, a fin de retardar el proceso infeccioso similar a lo observado en estudios *in vitro* realizados en cereales



(Bollina *et al.*, 2010; Kumaraswamy *et al.*, 2011), donde se demostró que dado sus propiedades antioxidantes, los ácidos p-cumárico, ferúlico y sinápico inhibieron la biosíntesis de tricotecnos y provocaron una disminución significativa de biomasa de *Fusarium graminearum*. Diversas investigaciones han confirmado también la participación de los compuestos fenilpropanoides en la resistencia de las plantas a los patógenos fúngicos (Kumaraswamy *et al.*, 2011; Aliferis *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2015).

Se puede inferir de estos resultados que el punto más álgido de la interacción planta-patógeno, se presenta a los 5 dpi, cuando se expresan los genes que codifican las proteínas de respuesta de defensa, enzimas asociadas al estallido oxidativo, producción de fitoalexinas, compuestos fenólicos de la vía fenilpropanoide así como los genes que intervienen en la transducción de señales (Solano-De La Cruz *et al.*, 2019).

## Conclusiones

Una alternativa a la ruta metabólica en el patosistema *V. planifolia-F. oxysporum*, patógeno y no patógeno, sugiere que la ruta precursora de las vías biosintéticas de los fenilpropanoides, fortalece la respuesta constitutiva dada la presencia de compuestos fenólicos de *Vanilla* que puede estar implicado en la capacidad de la planta para contrarrestar el ataque del patógeno. Dilucidar los posibles metabolitos secundarios que se generan durante la interacción *V. planifolia-F. oxysporum*, abre un abanico de posibilidades para dilucidar la respuesta bioquímica de la planta. Estudios futuros permitiran identificar metabolitos tentativos y realizar estudios metabolómicos dirigidos para llegar a resultados más concluyentes.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a S.X.C.H. Agradece la beca de doctorado otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México (becario No. 214728).



## Literatura Citada

- Adame-García, J., R. Rodríguez-Guerra, L. G. Iglesias-Andreu, J. M. Ramos-Prado and M. Luna-Rodríguez. 2015. Molecular identification and pathogenic variation of fusarium species isolated from *Vanilla planifolia* in Papantla Mexico. *Bot. Sci.* 93 (3): 669–678.
- Aliferis, K. A., D. Faubert and S. Jabaji. 2014. A Metabolic Profiling Strategy for the Dissection of Plant Defense against Fungal Pathogens. *PLOS ONE*. 9 (11).
- Bollina, V., G. K. Kumaraswamy, A. C. Kushalappa, T. M. Choo, Y. Dion, S. Riouxet *et al.* 2010. Mass spectrometry-based metabolomics application to identify quantitative resistance-related metabolites in barley against *Fusarium* head blight. *Mol. Plant Pathol.* 11(6): 769-782.
- Casillas-Isiordia, R., F. R. Flores de la Rosa, A. Can-chulim, G. L. Esquivel, R. Rodríguez-Guerra, L. G. Ramírez-guerrero *et al.* 2017. *Fusarium* sp. associated with *Vanilla* sp. rot in Nayarit, Mexico. *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 12 (2): 43-50.
- De Vos, R. C. H., S. Moco, A. Lommen, J. J. B. Keurentjes, R. J. Bino and R. D. Hall. 2007. Untargeted large-scale plant metabolomics using liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Nature Protocols*. 2 (4): 778-791.
- Dixon, R. A. 2001. Natural products and plant disease. *Nature*, 411 (6839): 843-847.
- Infante-Rodríguez, D. A., J. L. Monribot-Villanueva, K. Mehlreter, G. L. Carrión, J. P. Lachaud, A. C. Velázquez-Narváez *et al.* 2020. Phytochemical characteristics of leaves determine foraging rate of the leaf-cutting ant *Atta mexicana* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Chemoecology*, 30 (4): 147-159.
- Koyyappurath, S. 2018. *Étude histo-pathologique et moléculaire de la résistance des vanilliers (Vanilla spp., Orchidaceae) à Fusarium oxysporum f. sp. radicis-vanillae, agent de la pourriture des racines et des tiges Sayuj Koyyappurath To cite this version : HAL Id : tel- . July 2015.*
- Kumar, Y., B. B. Dholakia, P. Panigrahi, N. Y. Kadoo, A. P. Giri and V. S. Gupta. 2015. Metabolic profiling of chickpea-*Fusarium* interaction identifies differential modulation of disease resistance pathways. *Phytochemistry*, 116 (1): 120-129.
- Kumaraswamy, K. G., A. C. Kushalappa, T. M. Choo, Y. Dion and S. Rioux. 2011. Mass Spectrometry Based Metabolomics to Identify Potential Biomarkers for Resistance in Barley against *Fusarium* Head Blight (*Fusarium graminearum*). *J. Chem. Ecol.* 37 (8): 846–856.





- Landa-Cansigno, C., E. E. Hernández-Domínguez, J. L. Monribot-Villanueva, A. F. Licea-Navarro, L.E. Mateo-Cid, A. Segura-Cabrera *et al.* 2020. Screening of Mexican tropical seaweeds as sources of  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitors. *Algal Research*. 49, 101954.
- Li, S., Y. Park, S. Duraisingham, F. H. Strobel, N. Khan, Q. A. Soltow *et al.* 2013. Predicting Network Activity from High Throughput Metabolomics. *PLoS Comput. Biol.* 9 (7).
- Patti, G. J., O. Yanes and G. Siuzdak. 2012. Innovation: Metabolomics: the apogee of the omics trilogy. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 13 (4): 263-269.
- Pinaria, A. G., E. C. Liew and L. W. Burgess. 2010. *Fusarium* species associated with vanilla stem rot in Indonesia. *Burgess*. 1981: 176-183.
- Prakash, B., A. Kumar, P. P. Singh and L. S. Songachan. 2020. Antimicrobial and antioxidant properties of phytochemicals. In *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals*. Elsevier Inc.
- Solano-De La Cruz, M. T., J. Adame-García, J. Gregorio-Jorge, V. Jiménez-Jacinto, L. Vega-Alvarado, L. G. Iglesias-Andreu *et al.* 2019. Functional categorization of de novo transcriptome assembly of *Vanilla planifolia* Jacks. potentially points to a translational regulation during early stages of infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *BMC Genomics*. 20 (1): 1-15.
- Witzel, K., S. Neugart, S. Ruppel, M. Schreiner, M. Wiesner and S. Baldermann. 2015. Recent progress in the use of 'omics technologies in brassicaceous vegetables. *Front. Plant Sci.* 6 (244): 1-14.



# PROPAGACIÓN DE ESPORAS NATIVAS DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES PROVENIENTES DE PLANTACIONES DE CAFÉ ORGANICO Y CONVENCIONAL

*Selene Razo Arreola<sup>1</sup>, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar<sup>1</sup>, Nancy Garcia Roa<sup>1</sup>, Wilber Belén Aguilar Flores<sup>1,2</sup>, Elizabeth Mercedes Flores Cruz<sup>1,2</sup>, Ruiz Nájera Ramiro Eleazar<sup>2</sup> y Gabriel Rincón Enríquez<sup>1\*</sup>*

---

## Resumen

Se conoce que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se encuentran en simbiosis con más del 80% de las plantas terrestres alrededor del mundo. Los HMA son incapaces de completar su ciclo de vida en ausencia de una raíz hospedera. A pesar de esto forman estructuras que son capaces de germinar y desarrollarse, estas estructuras se les conoce como esporas, las cuales persisten en el suelo hasta que encuentran las condiciones favorables para comenzar la simbiosis con la raíz de la planta. El método más utilizado para propagar estos microorganismos es el denominado como cultivos trampa, el cual es utilizado para obtener muchas esporas sanas para su identificación y como inóculo. Estas nuevas esporas son la base de los biofertilizantes ofrecidos a nivel comercial en la agricultura en general. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del sistema de producción agronómica sobre la propagación de HMA nativos de plantaciones de café. Se utilizaron inóculos nativos de HMA de cuatro variedades de café: Costa Rica; Típica, Shachimor y Borbon; de dos municipios: La Concordia y Montecristo de la zona productora de café de la región de Chiapas. Se evaluó la densidad de esporas producidas después de 6 meses del establecimiento de las macetas de propagación. Los resultados mostraron que el sistema agronómico de producción influye en la propagación de las esporas de los HMA nativos del cultivo de interés que se trabaje, dado que se encontraron rendimientos desde 1000 hasta 8000 esporas en 100 g de sustrato seco. Esto muestra que para tener un biofertilizante a base

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco, Unidad Zapopan. Camino Arenero 1227, El Bajío, C.P. 45019 Zapopan, Jalisco.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chiapas, Blvd. Belisario Domínguez 1081, C.P. 29000 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. \*Correspondencia: grincon@ciatej.mx



de HMA y apto para comercializar debe considerarse bioensayos como el mostrado en esta investigación.

**Palabras clave:** HMA, macetas trampa, micorrizas, biofertilizantes

## Introducción

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son uno de los grupos microbianos más importantes del suelo, estos son simbioses obligados de las raíces de las plantas y se sabe que más del 80% de las plantas terrestres alrededor del mundo se encuentran micorrizadas. Debido a su naturaleza biótropa de los HMA son incapaces de completar su ciclo de vida en ausencia de una raíz hospedera, a pesar de esto las esporas de HMA son capaces de germinar, pero su crecimiento y desarrollo se ve limitado al no tener la presencia de una raíz. Estos hongos forman estructuras de crecimiento activo, hifas y esporas. Las esporas son estructuras cuyas características morfológicas favorecen su persistencia en el suelo y dentro de las raíces por periodos en donde las hifas por sí solas no podrían soportar, por lo que se les define como estructuras de resistencia (Carballar-Hernández *et al.*, 2020) y por tanto una de las estructuras más empleadas en la preparación de biofertilizantes a base de HMA. El método más utilizado para propagar estos microorganismos es el denominado como cultivos trampa o método de trampeo. El trampeo es necesario para obtener muchas esporas sanas de hongos colonizadores para su identificación y como inóculo para establecer cultivos mono-específicos (INVAM, 2021); estas nuevas esporas son la base de los biofertilizantes ofrecidos a nivel comercial en la agricultura en general. Los cultivos trampa producen resultados muy diferentes, dependiendo de todos los factores tanto bióticos como abióticos que intervienen en desarrollo; por lo cual es importante determinar las mejores condiciones de propagación cuando se inician programas de elaboración a base de HMA nativos de alguna región productora o para algún cultivo agrícola en particular. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del sistema de producción agronómica sobre la propagación de hongos micorrízicos arbusculares nativos de plantaciones de café de la región de la Frailesca Chiapas.



## **Materiales y Métodos**

### **Obtención de los inóculos de los HMA nativos de café**

Los inóculos nativos de HMA fueron obtenidos de la zona productora de café de la región de Chiapas. Se muestrearon cuatro variedades de café: Costa Rica; Típica, Shachimor y Borbon; de dos municipios: La Concordia y Montecristo de Guerrero de la región V Frailesca, Chiapas. Para las variedades Costa Rica y Típica se muestrearon parcelas con manejo agronómico convencional que incluye un paquete tecnológico basado en la aplicación de pesticidas y fertilizantes químicos. Mientras para las variedades Shachimor y Borbon se obtuvieron muestras de parcelas con un manejo orgánico donde no está permitido la aplicación de pesticidas y fertilizantes de origen químicos. De cada parcela se muestrearon 5 árboles al azar; se obtuvo una muestra compuesta de los 4 puntos cardinales de suelo rizosférico (0-20 cm de profundidad de la zona de goteo) de cada uno de los árboles de café; posteriormente se hizo una mezcla compuesta de los 5 árboles en proporciones iguales. Esta mezcla compuesta de suelo fue la empleada como inóculo inicial de los HMA nativos de café. Se contaron con 8 inóculos de HMA nativos de plantaciones de café: 4 de manejo convencional (variedades Costa Rica y Típica) y 4 de manejo orgánico (variedades Shachimor y Borbon).

### **Establecimiento de las macetas de propagación de los HMA en invernadero**

Para establecer las macetas de propagación se utilizaron bolsas negras de polietileno calibre 400 (20x30 cm) con 3 kg de sustrato estéril (120°C, 1.05 kg cm<sup>-2</sup>, 6 h), el cual fue una mezcla de suelo, arena y agropperlita [70:20:10 (v/v/v)]. Se inocularon 200 g de cada inóculo de HMA nativos de café en dos partes de la maceta trampa; en orden de arriba hacia abajo de la maceta: sustrato estéril, inóculo de HMA (200 g), sustrato estéril, inóculo (200 g) y sustrato estéril. Se utilizaron tres especies vegetales para la propagación de los HMA nativos de plantaciones de café: cempasúchil (*Tagetes erecta*), alfalfa (*Medicago sativa*) y pasto bermuda (*Cynodon dactylon*). Para cada uno de los 8 inóculos de HMA iniciales se colocaron dos macetas trampa. Posterior a colocar las semillas de estas especies vegetales, las macetas trampa se regaron a capacidad de campo y se mantuvieron bajo este régimen hídrico durante 5 meses, durante el sexto mes se sometieron las plantas a estrés por sequía para concluir el experimento. Las macetas trampa se cultivaron en condiciones de invernadero durante el periodo agosto a febrero en la unidad Zapopan del CIATEJ (20° 42' 04.0" N; 103° 28' 25.0" W).



### **Extracción de esporas de los HMA**

La extracción de las esporas de los HMA después de la propagación en macetas trampa se realizó siguiendo el protocolo de tamizado y decantación (Gerdemann y Nicholson, 1963). Brevemente, se pesaron 100 g de sustrato seco y se colocó en un vaso de precipitado de 1 L, se añadió agua corriente a 4/5 partes de su capacidad y se agitó vigorosamente con ayuda de un agitador magnético y una plancha agitadora durante 10, 5 y 3 min; dejar reposar por 30, 15 y 10 seg respectivamente. Se decantó el líquido sobre dos tamices anidados (0.045 mm y 0.022 mm apertura de malla, el tamiz de mayor apertura va arriba). Una vez pasados los tiempos de agitación y reposo, se recopiló en tubo de centrifugación de 50 mL el material retenido en el tamiz de apertura más pequeña. Se centrifugaron las muestras obtenidas a 2500 rpm durante 5 min y se decantó el sobrenadante en cono de papel filtro. Al precipitado se le añadió sacarosa al 50% (Brundrett *et al.*, 1996) y se homogenizó la muestra para nuevamente centrifugar a 2000 rpm por 1 min a temperatura ambiente. Una vez centrifugado se decantó solamente el sobrenadante en el cono de papel filtro y se enjuagó con abundante agua destilada con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de sacarosa. Una vez que se halla filtrado toda el agua, se transfirió el contenido del papel filtro con ayuda de una piceta con agua destilada a una caja Petri para la revisión de las esporas de HMA con ayuda de un estereomicroscopio.

### **Cuantificación de la densidad de esporas de HMA**

Las esporas se cuantificaron con ayuda de una caja Petri cuadrículada en el fondo. Se colocó la caja bajo un estereomicroscopio de manera que se pudiera observar con claridad los cuadros marcados. Se movió la caja con suavidad de manera que se pudiera hacer un barrido y se pudieran contar cada una de las esporas que se tuvieran en cada uno de los cuadros. Se sumaron las cantidades de esporas obtenidas en cada uno de los recuadros de la cuadrícula, lo que constituyó el número total de esporas (densidad de esporas) obtenidas en la muestra.

### **Variables de respuesta y análisis estadístico**

La variable de respuesta que se analizó fue densidad de esporas. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de estadística descriptiva empleando el programa de análisis estadístico Statgraphics Centurión V 18.1 (StatPoint, 2005).



## Resultados y Discusión

### Sistema de propagación en maceta trampa de los HMA nativos de plantaciones de café

En la Figura 1 se puede apreciar la instalación y manejo del sistema de propagación de los HMA en macetas trampa con tres especies vegetales (tagetes, alfalfa y pasto bermuda), solo resulta importante comentar al final de la propagación de las esporas se observa que las plantas de tagetes están totalmente secas, sin embargo las plantas de alfalfa y pasto bermuda aún están con actividad fisiológica, esto dado que estos últimos hospederos su ciclo es perene mientras que el de tagetes es anual, por lo cual cuando se mezcla este tipo de plantas hospedantes es importante que se pueda definir bien los tiempos de finalización del ciclo de propagación de las esporas con el fin de poder estandarizar el proceso de producción de esporas en este sistema de producción de esporas de los HMA, en este estudio este ciclo fue de 6 meses, al quinto mes se interrumpió el riego con el fin de estimular al HMA a esporular y posteriormente cuantificar el rendimiento de esporas. Esto contrasta con otros trabajos donde solo se han empleado una especie vegetal como plantas trampa (Quiñones *et al.*, 2016) o trabajos donde no se indica la planta trampa donde se propagaron (Reyes *et al.*, 2016) o donde resulta de importancia significativa por el estudio que se realiza como Trinidad *et al.* (2017) donde se emplearon distintas especies vegetales con el fin de asegurar propagar la mayor diversidad de especies de HMA.

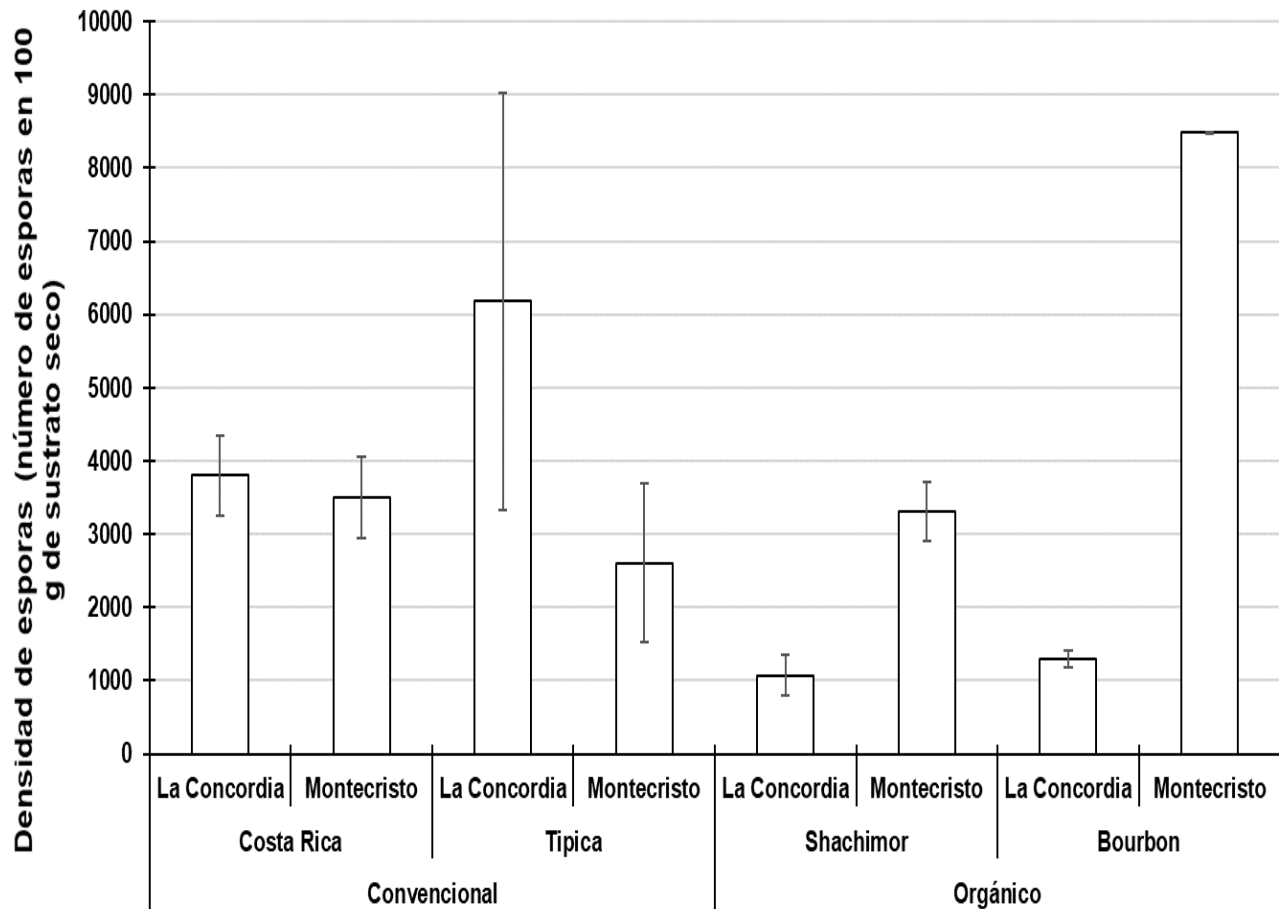


**Figura 1. Sistemas de propagación en maceta trampa de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos de plantaciones de café en condiciones de invernadero en Zapopan Jalisco. (a) inicio de la propagación de los HMA; (b) plena propagación de los HMA; (c) finalización de la propagación de los HMA.**



### **Propagación de los HMA nativos de plantaciones de café**

En la Figura 2 se presenta la densidad de esporas nativas de HMA propagadas de los dos sistemas agronómicos de producción de café. Se pueden apreciar dos aspectos: 1) en el sistema de producción convencional las esporas en los distintos municipios y variedades fue aproximadamente constantes la propagación de las esporas; mientras que en el sistema de producción de café orgánico se nota una menor propagación, a excepción de un sitio. Este fenómeno puede estar dado por la diversidad de especies de HMA contenido en los dos distintos de producción de café, como lo indica González (2020) en su estudio sobre la diversidad de especies de HMA en plantaciones de guanábana encontró menor cantidad de especies en un sistema intensivo que en uno con manejo orgánico; esto sugiere que una mayor diversidad de especies de HMA contenida en los inóculos iniciales de café orgánico puede ser poco compatible con las plantas trampa y por tanto hay una menor propagación de esporas de HMA, mientras que en el caso del café convencional la compatibilidad y baja diversidad de especies de HMA pudo influir en una mayor capacidad de propagación de esas especies de HMA. 2) Resalta que tanto en el sistema de producción convencional como orgánico hay dos inóculos de HMA originales que se propagaron eficientemente: Convencional/Típica/La Concordia (aproximadamente 6000 esporas/100 g de sustrato seco) y Orgánico/Borbor/Montecristo (aproximadamente 8000 esporas/100 g de sustrato seco); este resultado sugiere que independientemente del sistema de producción y variedad de café se pueden tener propagaciones de HMA altas dado que para una presentación de 1 kg se esperaría concentraciones entre 60000 a 80000 esporas, muy superiores a la reportadas por distintos biofertilizantes a base de HMA. Esto indica que se requiere hacer un estudio minucioso para determinar las mejores condiciones propagación de los inóculos nativos de los HMA con el fin de optimizar el rendimiento de esporas de HMA.



Muestras de los HMA nativos de plantaciones de café

**Figura 2. Densidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos de plantaciones de café provenientes de dos sistemas de producción agronómico. Las barras en el rectángulo indican  $\pm$  el error estándar.**

## Conclusiones

El sistema agronómico de producción puede influir en la propagación de las esporas de los HMA nativos del cultivo de interés que se trabaje. Para el caso del café se observó una mejor propagación de esporas nativas de HMA del sistema de producción convencional, sin embargo en una de las parcelas de producción orgánica se produjo la mayor propagación de esporas de HMA con 8000 esporas en 100 g de suelo seco, por lo cual hace necesario estudiar de manera





particular cada sistema de propagación de especies nativas de HMA con el fin de terminar las mejores condiciones y especies vegetales para optimizar los rendimientos de densidad de esporas con el fin de emplearlas como biofertilizantes.

## Agradecimientos

S. Razo-Arreola agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para sus estudios de maestría (CVU 1067017). Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ y el proyecto PLANTECC 2021.

## Literatura Citada

- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuc. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR Monograph 32, Canberra, Australia.
- Carballar-Hernández, S., L. V. Hernández-Cuevas, A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. 2020. Técnicas básicas para el estudio de los Hongos Micorrízicos Arbusculares. p. 91-118. *In*: Ferrera-Cerrato R., J. Delgadillo-Martínez, A. Alarcón, J. Alvarado-López, J. Pérez-Moreno, J. J. Almaraz-Suarez. (Eds.). Microbiología Aplicada a la Agricultura y Agroecosistemas: Principios y técnicas para su investigación. Biblioteca Básica de Agricultura, Editorial del Colegio de Postgraduados, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Universidad Autónoma Chapingo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, Estado de México, México.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted by wet sieving and decanting. *Trans Br Mycol Soc.* 46: 235-244.
- González, L. A. M. 2020. Hongos micorrízicos arbusculares asociados a la rizosfera de *Annona muricata* L.: riqueza de especies, promoción de crecimiento, resistencia a sequía y acumulación de annonacina. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Zapopan Jalisco.
- INVAM. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. (Agosto 2021). <https://invam.wvu.edu/methods/culture-methods/trap-culture>



- Quiñones-Aguilar, E. E., A. C. Montoya-Martínez, G. Rincón-Enriquez, P. Lobit y L. López-Pérez. 2016. Effectiveness of native arbuscular mycorrhizal consortia on the growth of *Agave inaequidens*. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 16:1052-1064.
- Reyes-Tena, A., E. E. Quiñones-Aguilar, G. Rincón-Enríquez y L. López-Pérez. 2016. Micorrización en *Capsicum annuum* para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7: 857-870.
- StatPoint, Inc. StatGraphics Centurion XV version 15.02.06, 2005. Warrenton, Virginia, USA. [www.statgraphics.com](http://www.statgraphics.com)
- Trinidad-Cruz, J. R., E. E. Quiñones-Aguilar, L. V. Hernández-Cuevas, L. López-Pérez y G. Rincón-Enríquez. 2017. Hongos micorrícicos arbusculares asociados a la rizósfera de *Agave cupreata* Trel. & Berger en regiones mezcaleras del estado de Michoacán, México. *Scientia Fungorum.* 45:13-25.



# ANÁLISIS DE LAS LIMITACIONES DIFUSIONALES EN LA HIDRÓLISIS DE SACAROSA DE JUGOS DE CAÑA

Oscar Enrique Morales Moguel<sup>1</sup>, Raúl Alejandro Limón Hernández<sup>1</sup>, Fidel Alejandro Aguilar Aguilar<sup>1</sup>, Arsenio Sosa Fomperosa<sup>1</sup> y Verónica López Hernández<sup>1\*</sup>

---

## Resumen

La obtención de jarabes fructosados a partir de productos intermedios en la elaboración de azúcar de caña mediante la hidrólisis, ha sido una de las alternativas más viables para apoyar el desarrollo del sector azucarero. En este trabajo la invertasa de *Saccharomyces cerevisiae* EC 3.2.1.26 fue inmovilizada en gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico y se utilizó en el proceso hidrolítico para estudiar los efectos difusionales presentes durante la obtención de los azúcares reductores, producto de la hidrólisis de soluciones de sacarosa pura y jugos de caña purificados y no purificados. Se realizó una evaluación estadística mediante la aplicación de un MANOVA para 10 tratamientos, analizando las variables respuesta:  $D_{\text{eff}}$ ,  $\phi$ ,  $\eta$ ,  $V_{\text{máx}}$ ,  $K_M$  y  $k$ ; resultando el gel de alginato de calcio como el mejor soporte en la inmovilización de la enzima invertasa y los guarapos purificado y no purificado los mejores sustratos.

**Palabras clave:** alginato, guarapo, invertasa, inmovilización, lentikats

## Introducción

La industria del azúcar de caña se ha convertido en una actividad trascendente en México, particularmente, en el estado de Veracruz. La crisis económica a la que se enfrenta la industria azucarera desde hace varios años, afecta directa e indirectamente a varios sectores de la población que dependen económicamente de ella. Una de las principales causales de la problemática actual de la industria azucarera es su escasa flexibilidad para enfrentar el

---

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ingeniería en Procesos Químicos. \*Correspondencia: vronikh@gmail.com



desarrollo de productos edulcorantes, sustitutos de la sacarosa (Solís *et al.*, 2010). Ante estas circunstancias, una opción técnicamente factible es la de modificar su proceso tradicional de obtención de azúcar de caña y obtener otros productos más acordes con las actuales y futuras circunstancias mercantiles.

Una posibilidad que es marco del presente trabajo es la que plantea que, a partir de sus productos intermedios como los son los jugos de caña de primera extracción y clarificado, obtener jarabes fructosados de caña que al igual que los jarabes de maíz puedan ser empleadas en la producción de bebidas. Los jugos de caña, producto intermedio de la producción de azúcar y sustratos propios a hidrolizar para la posterior obtención de jarabes fructosados, poseen compuestos fenólicos, flavonoides y polifenólicos que les dan un color característico (Chen, 1991). Estos jugos pasan por tratamientos de carbón activado, resinas de intercambio iónico y ultrafiltración, con el objeto de remover la mayor cantidad de impurezas. Durante el proceso de hidrólisis, el empleo de enzimas inmovilizadas se vuelve determinante. Las enzimas inmovilizadas se encuentran por lo regular en la superficie interna del soporte que las contiene, el uso de estos biocatalizadores en una reacción ofrece significativas ventajas para llevar a cabo un proceso biotecnológico económicamente rentable (Arroyo, 1998). Sin embargo, el soporte poroso en el cual se encuentra atrapado el biocatalizador, es vulnerable a ciertas restricciones difusionales, que, si bien se pueden encontrar insignificantes, también puede resultar un severo obstáculo durante la hidrólisis. El comportamiento de la reacción sigue siendo prácticamente el mismo, sin embargo, sus constantes cinéticas pueden depender de la ausencia o presencia de estos fenómenos de transporte de masa (Engasser y Horvath, 1973).

Los procesos de transferencia de masa pueden perjudicar el potencial catalítico de enzimas inmovilizadas. Estas restricciones de difusión, pueden darse en el transporte del sustrato del seno de la solución hacia el biocatalizador y después con el transporte de productos en el medio de reacción (Illanes and Altamirano, 2008). Dado que las restricciones de difusión externas se pueden despreciar bajo niveles altos de agitación, las principales limitaciones se tornarían al medio interno del proceso, donde los parámetros que se vuelven relevantes son los coeficientes de difusión efectiva, las constantes cinéticas intrínsecas y aparentes, así como los valores de eficiencia y módulos de Thiele, donde los últimos marcan el rendimiento general de la reacción.



El presente trabajo estudia la inmovilización de la invertasa (EC 3.2.1.26) de *Saccharomyces cerevisiae* en dos medios porosos (gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico “Lentikats”) y el análisis de su comportamiento cinético respecto a las limitaciones de índole difusional que puedan presentarse en soluciones de sacarosa pura y jugos de caña purificados y sin purificar. Lo anterior en función de los llamados factores de efectividad para cada sustrato y en términos de los valores de coeficientes de difusión efectiva para los diferentes sustratos y soportes. Todo ello con el fin de evaluar las restricciones difusionales presentes en la hidrólisis de la sacarosa en jugos de caña con invertasa inmovilizada.

## **Materiales y Métodos**

### **Enzima**

La enzima utilizada fue la  $\beta$ -D-fructofuranosidasa fructohidrolasa, comúnmente llamada invertasa o sacarasa.

### **Soporte**

La inmovilización se realizó en dos soportes distintos, el gel de alginato de calcio y el hidrogel de alcohol polivinílico (PVA).

### **Sustrato**

Se emplearon cinco sustratos; sacarosa pura y jugos de caña refinados y sin refinar. Las soluciones de sacarosa, así como el guarapo y jugo claro se caracterizaron mediante análisis de azúcares reductores, % de sacarosa, sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), pH, color (U.I.), densidad y viscosidad. Los jugos de caña purificados se caracterizaron de acuerdo a un trabajo previo (Nuñez, 2009).

### **Determinación de rpm para difusión externa despreciable**

Se utilizó 4.5 g de invertasa inmovilizada (para ambos soportes), se dejó suspender esta cantidad en 50 mL de sustrato (sacarosa y jugos de caña purificados y no purificados) a una concentración de 100 g/L, dicho sustrato se mantuvo a una temperatura constante de 30°C, a un pH de 4.5 y se manejaron pruebas a 60, 125, 350, 510 y 700 rpm. Cada prueba se mantuvo por 15 minutos y se tomó una alícuota cada 3 minutos, utilizando una dilución 1:6, la muestra fue ensayada con reactivo DNS para determinar la cantidad de azúcares reductores (AR)



presentes. La actividad de la enzima soluble se calculó a partir de la velocidad de reacción ( $v$ ) obtenida a partir de la pendiente que se obtiene en el gráfico de azúcares reductores producidos contra el tiempo (Arruda and Vitolo, 1996).

### **Reacción de hidrólisis con invertasa inmovilizada**

La invertasa de *Saccharomyces cerevisiae* fue inmovilizada en dos soportes, en gel de alginato de calcio por gelificación ionotrópica y en hidrogel de alcohol polivinílico, mediante atrapamiento, el cual es un método físico (Illanez and Altamirano, 2008). La hidrólisis se efectuó utilizando 4.5 g de partículas de alginato de calcio y la misma cantidad en las partículas de hidrogel de alcohol polivinílico para los cinco sustratos establecidos, a tiempos cortos, utilizando una temperatura de 30°C, con 510 rpm y un pH de 4.5. Se tomó una alícuota de 0.5 mL en un lapso de 3 min y se trató con reactivo DNS para determinar la cantidad de AR presentes.

### **Coefficiente de difusión efectiva: efusión**

El procedimiento para obtener valores de difusión efectiva consiste en utilizar la enzima atrapada previamente inactivada (inactivación a altas temperaturas) y dejarla reposar en el sustrato por 24 horas con el fin de que las partículas con la enzima puedan saturarse de sustrato, transcurrido el tiempo establecido se procede a realizar el proceso de efusión que consiste en retirar el sustrato que las partículas lograron retener, mediante agitación superior a las 510 rpm en agua destilada, durante 50 minutos y a una temperatura constante. Mientras dura la efusión se toman muestras cada 5 y 10 minutos, muestras que son tratadas por el método del DNS para obtener valores de concentración (Grunwald, 1989).

### **Métodos de cálculo**

Determinación de agitación (RPM) para una difusión externa despreciable

La determinación de la actividad enzimática al variar los niveles de agitación llevó a encontrar el comportamiento del biocatalizador inmovilizado ante el fenómeno de la difusión. La conducta hiperbólica de la actividad de la enzima respecto su nivel de agitación demuestra en qué momento ésta se vuelve estable (Grunwald, 1989).

### **Determinación del coeficiente de difusión efectiva: método de Grunwald**

Para obtener los valores de los coeficientes de difusión efectiva para cada sustrato se utilizó el método de efusión propuesto por Grunwald (1989). Los resultados de las pruebas experimentales aportan concentraciones a diferentes tiempos ( $C_t$ ), con las cuales es posible



obtener la concentración en un tiempo inicial igual a cero ( $C_0$ ) y la concentración máxima que el sustrato capturó  $C_\infty$ , utilizando el método gráfico y el valor de su pendiente. El método de Grunwald propone calcular el coeficiente de difusión efectiva a partir de la siguiente ecuación, utilizando como condiciones una geometría esférica y tiempos largos en los que la partícula se sature de sustrato para posteriormente desprenderse de él.

$$\ln\left(\frac{c_\infty - c_t}{c_\infty}\right) = -\frac{\pi^2 \cdot D_e}{r^2} t + const$$

La ecuación se asemeja a la ecuación de la recta, donde una vez estimado el valor de la pendiente es posible obtener un valor para la difusividad efectiva.

### **Obtención de parámetros cinéticos intrínsecos y efectivos para invertasa inmovilizada**

Cuando la reacción química se produce simultáneamente con la transferencia de masa dentro de una estructura porosa, no todas las moléculas de la enzima en el interior de las partículas están en contacto con el sustrato en el mismo nivel de concentración que existe en la superficie. Debido a esta disminución de la concentración de sustrato, bajo condiciones isotérmicas, la velocidad de reacción general es menor de lo que sería en ausencia de efectos difusivos. Este fenómeno se expresa cuantitativamente por el factor de eficacia,  $\eta$ , que se define como el cociente entre la velocidad de reacción real y la velocidad que se obtendría si todas las moléculas de la enzima en el interior de la partícula estuvieran expuestas a la misma concentración que en la superficie (Engasser y Horvath, 1973). Esta relación se expresa por la siguiente ecuación:

$$V = \eta V_{kin}$$

Por otra parte, cabe destacar que la geometría del sistema (medio poroso), realmente es importante en la determinación de los parámetros que expresan el rendimiento del biocatalizador respecto a las limitaciones por difusión. Tal es el caso del módulo de Thiele que involucra una longitud equivalente de la partícula, el coeficiente de difusión efectiva y los valores cinéticos intrínsecos (Illanes and Altamirano, 2008).

$$\phi = \frac{R}{3} \sqrt{\frac{V_{m\acute{a}x}}{K_m D_e}}$$

El módulo de Thiele ( $\phi$ ) es proporcional a la actividad del centro molecular de la enzima en cuestión, es decir, al número de moléculas de sustrato transformadas por segundo, la difusión



de las moléculas de sustrato dentro del soporte y a la afinidad de la enzima por el sustrato, siempre que la enzima este distribuida uniformemente dentro de las partículas del soporte (Wiseman, 1991).

En ausencia de las limitaciones de transferencia de masa, la cinética de la reacción se caracteriza por dos parámetros cinéticos  $K_M$  y  $V_{m\acute{a}x}$ , mismos que pueden ser evaluados a partir de la velocidad de la reacción a diferentes concentraciones y utilizando uno de los tres modelos clásicos de linearización (Westley, 1969). Aplicando el método de Engasser y Horvath (1973) se determinó los parámetros cinéticos  $K_M$  y  $V_{m\acute{a}x}$  en presencia y ausencia de la difusión, así como el factor de eficiencia, el último contempla el proceso de difusión interno. El modelo de linealización utilizado fue el propuesto por Lineweaver –Burk, este método se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{V'''} = \frac{1}{\eta V_{m\acute{a}x}'''} + \frac{K_M}{\eta V_{m\acute{a}x}''' [S_s]}$$

### Diseño estadístico

Se elaboró un diseño de tratamientos que consideró 10 tratamientos diferentes, resultado de la combinación de los cinco sustratos utilizados y los dos soportes empleados en un diseño completamente al azar. Para cada tratamiento establecido se midieron 6 variables explicatorias ( $D_{eff}$ ,  $\phi$ ,  $\eta$ ,  $V_{m\acute{a}x}$ ,  $K_M$  y  $k$ ), con la finalidad de determinar el tratamiento más eficiente en la hidrólisis enzimática al utilizar invertasa inmovilizada (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos.**

Sustrato	Soporte	
	Alginato de calcio	Hidrogel de alcohol polivinílico
Sacarosa	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Guarapo	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Jugo claro	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Guarapo purificado	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
Jugo claro purificado	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>





## Resultados y Discusión

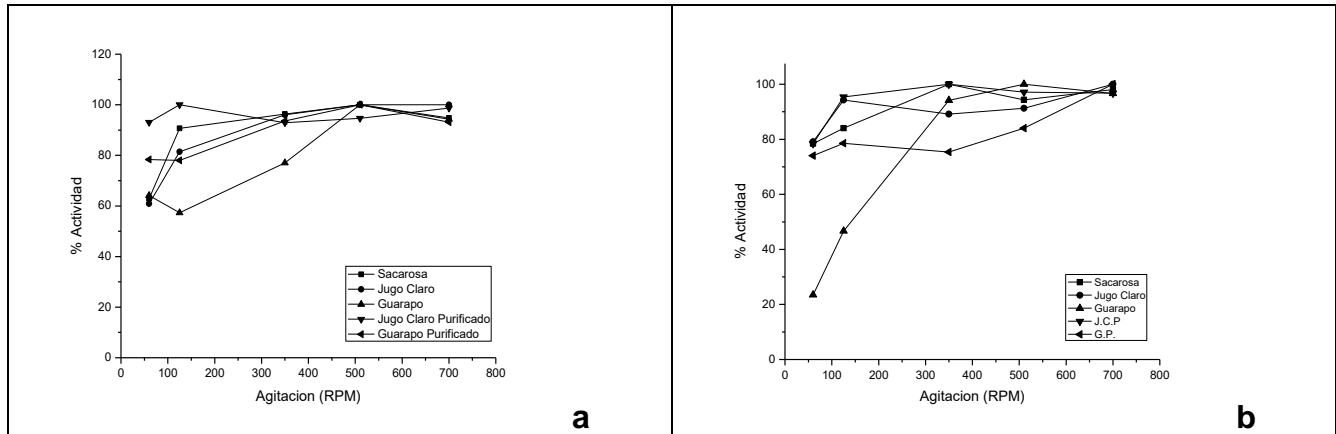
Los sustratos utilizados fueron soluciones de sacarosa y jugos de caña, por lo tanto, fueron sometidos a análisis fisicoquímicos para manipular las condiciones de trabajo. En el Cuadro 2, se describen cada una de las características de los sustratos.

**Cuadro 2. Características fisicoquímicas obtenidas de sacarosa y jugos de caña.**

Características Fisicoquímicas	Sacarosa	Jugo Claro	Guarapo	Jugo Claro Purificado	Guarapo Purificado
°Brix	-----	18.5	19.1	17.1	17.3
% Sacarosa	150	164.72	164.16	157.76	164.86
Color (U.I.)	-----	15 605	61 697	117.69	69.28
Concentración[AR]	-----	12.64	17.57	7.64	9.91
Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )	1036.34	1087.6	1095.8	1065.0	1066.1
Viscosidad (cp)	0.893	1.7002	1.7018	1.6986	1.6940

### Limitaciones externas

El efecto de la velocidad de agitación en la velocidad inicial del biocatalizador inmovilizado fue determinado en circunstancias en las que el transporte de masa más trascendente es el realizado en el material poroso (Illanes and Altamirano, 2008). La actividad determinada de la enzima invertasa atrapada en gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico tiene un efecto variable antes de alcanzar 500 rpm, una vez superada esta velocidad de agitación la curva de cada sustrato se vuelve estable dado que el comportamiento de la actividad de la enzima respecto al tiempo deja de variar notablemente (Figura 1).



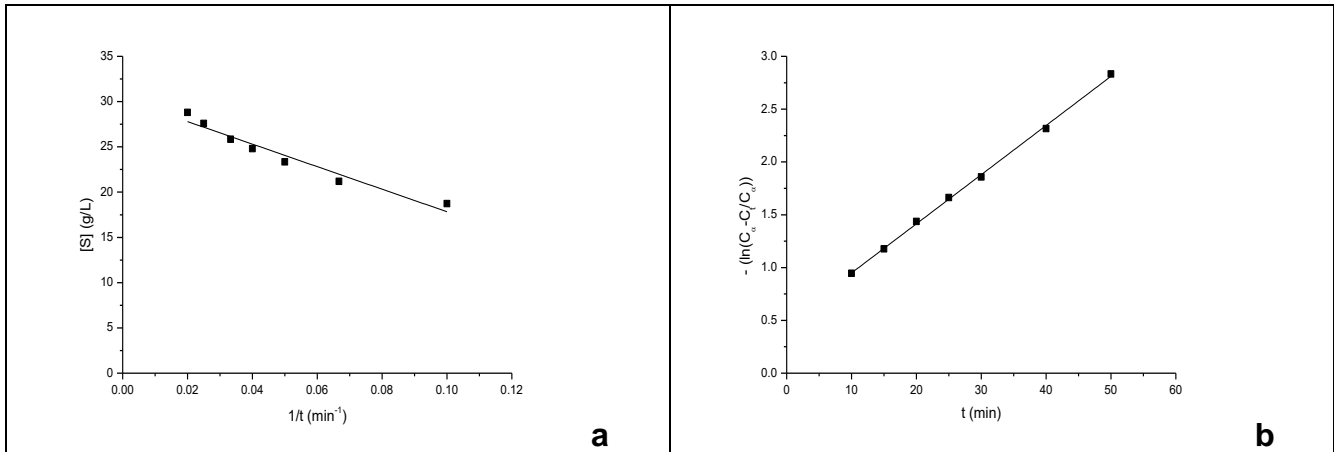
**Figura 1. Rendimiento de la enzima inmovilizada en a) Gel de alginato de calcio, b) Hidrogel de alcohol polivinílico, expresado en porcentajes de actividad respecto la agitación en cinco sustratos.**

### **Coefficiente de difusividad efectiva en gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico**

El cálculo de la difusividad efectiva se efectuó para los cinco sustratos a 510 rpm con el objeto de trabajar bajo las mismas condiciones para todos los sustratos y justificando este hecho en que después de 500 rpm, la actividad de la enzima atrapada se vuelve estable.

Las partículas de alginato de calcio poseen geometría esférica, por lo tanto, se utilizó un radio de 0.2165 cm promedio, en el caso de la invertasa atrapada en Lentikats, se consideró una geometría esférica mediante un factor de esfericidad (Wadell, 1932), dato imprescindible para obtener la difusividad efectiva del sustrato en el material poroso. El valor de la difusividad efectiva se obtuvo utilizando el método propuesto por Grunwald (1989).

En la Figura 2 se reportan las concentraciones determinadas a diferentes tiempos para Sacarosa pura, datos obtenidos por experimentos de efusión. Los valores inversos para el tiempo, resultan significativos para aproximar a una concentración de sacarosa cuando el tiempo tiende a un valor infinito  $C_{\infty}$ . Se encuentra el comportamiento lineal de la concentración de azúcares reductores respecto a valores inversos del tiempo (Figura 4a), comportamiento que fue utilizado para obtener el valor de  $C_{\infty}$ . Al obtener el valor de  $C_{\infty}$ , que en el caso de la sacarosa corresponde a un valor de 30.61 g/L, se procedió a realizar el cálculo de la difusividad efectiva, el método de Grunwald propone obtener dicho valor, calculando la pendiente de la Figura 4b.



**Figura 2. a) Azúcares reductores observados con partículas de gel de alginato de calcio, b) Determinación de de sacarosa en partículas de alginato de calcio a partir de la pendiente de la línea recta igual a  $-\pi^2 D_e / r^2$ .**

Los coeficientes de difusión efectiva se obtuvieron bajo el mismo procedimiento para los cinco sustratos en gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico.

#### **Parámetros cinéticos de invertasa inmovilizada en partículas de gel de alginato de calcio e hidrogel de alcohol polivinílico.**

Con base al modelo gráfico de Lineweaver-Burk se obtuvo valores para los parámetros cinéticos  $K_M$  y  $V_{m\acute{a}x}$  en presencia y ausencia del fenómeno difusivo, con ello también se logró determinar el coeficiente de eficiencia. En las Figuras 3a y 3b se aplica el método de Lineweaver–Burk para la enzima atrapada en gel de alginato de calcio, en la primera se denota el comportamiento hiperbólico para los diferentes sustratos y en la segunda gráfica con los valores inversos de concentración y velocidad inicial se obtienen líneas que de no existir obstáculos en el transporte de masa serían rectas, pero en tanto, el efecto difusivo sea más profundo, la conducta gráfica tiende a deformarse en las zonas de alta y baja concentración. La Figura 4 por su parte expresa el mismo comportamiento, pero al utilizar como soporte partículas de hidrogel de alcohol polivinílico (Lentikats). En este caso, la conducta gráfica para cuatro de los sustratos es bastante similar y no es tan apreciable como lo es en el caso de las partículas de alginato de calcio.

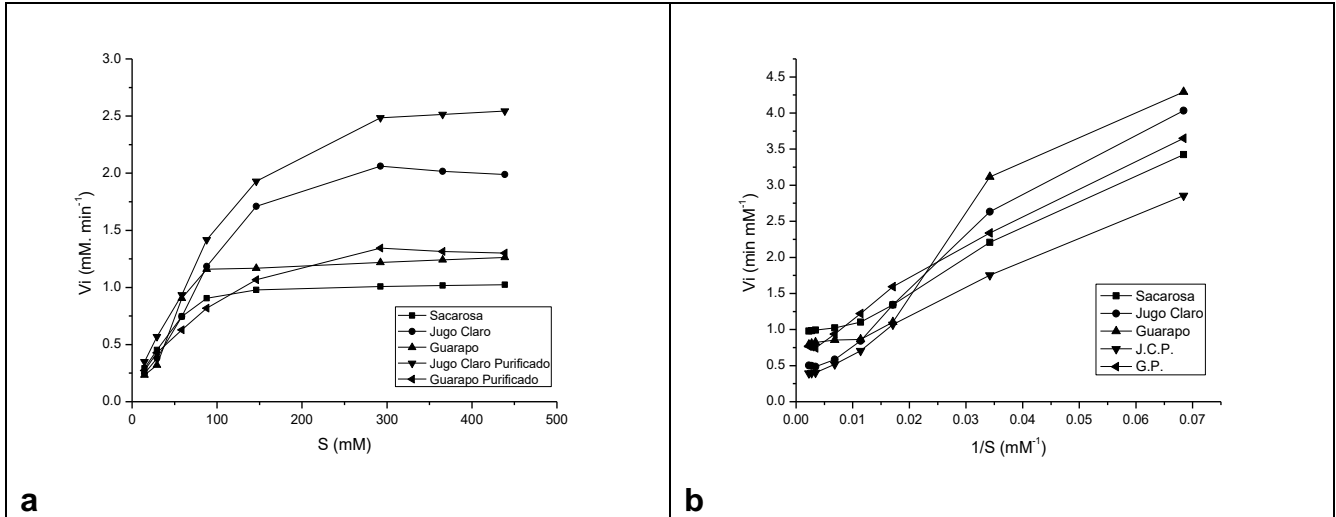


Figura 3. a) Curvas de saturación para invertasa inmovilizada en gel de alginato a diferentes concentraciones de Sacarosa y jugos de caña purificados y no purificados, b) Modelo Lineweaver-Burk. Determinación de parámetros cinéticos, en presencia y ausencia (intrínsecos) de fenómenos difusivos.

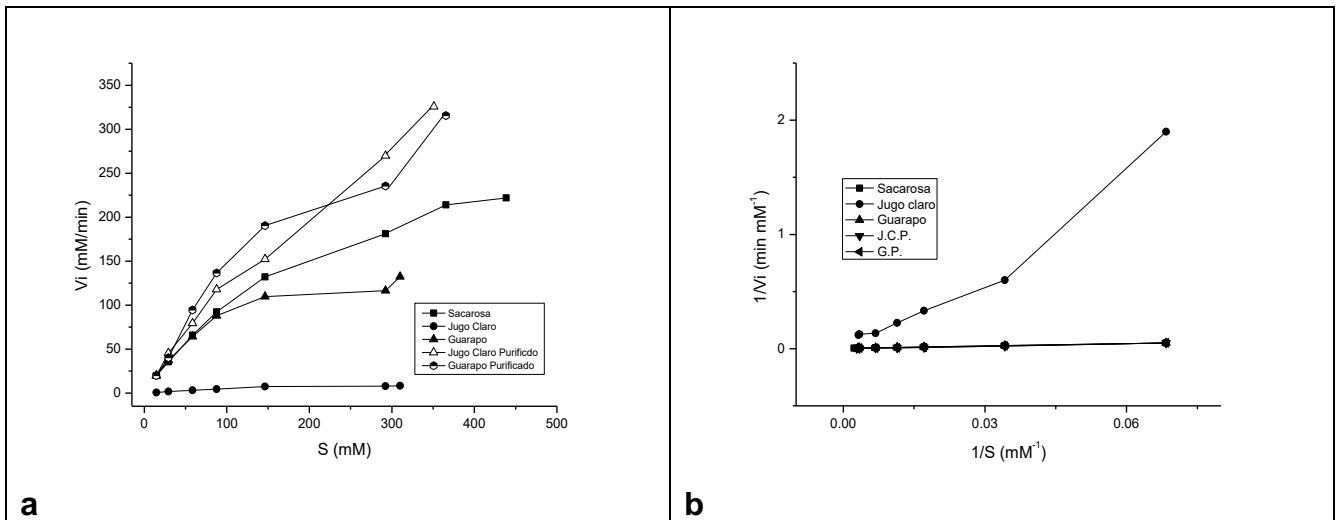


Figura 4. a) Curvas de saturación para invertasa inmovilizada en hidrogel de alcohol polivinílico a diferentes concentraciones de Sacarosa y jugos de caña purificados y no purificados, b) Modelo Lineweaver-Burk. Determinación de parámetros cinéticos, en presencia y ausencia (intrínsecos) de fenómenos difusivos en Lentikats.



## Análisis estadístico de los parámetros cinéticos en presencia y ausencia de fenómenos de transferencia de masa

Los resultados de los parámetros cinéticos en presencia y ausencia de los fenómenos de transferencia de masa se encuentran en el Cuadro 3. De acuerdo al análisis estadístico realizado se concluyó que el factor determinante en el proceso es el tipo de sustrato empleado, el cual tiene mayor impacto que el factor que involucra al soporte y a la interacción de estos. Considerando el impacto en el rendimiento del proceso de hidrólisis por la interacción sustrato-soporte y con base en los análisis estadísticos realizados, las variables respuesta que manifiestan un efecto notable son principalmente, el factor de eficiencia ( $\eta$ ), seguido de  $k$ ,  $V_{m\acute{a}x}$ ,  $K_M$  y por último el coeficiente de difusividad efectiva.

**Cuadro 3. Parámetros cinéticos intrínsecos y efectivos de la reacción con invertasa inmovilizada en gel de alginato de calcio y difusividad efectiva en Lentikats.**

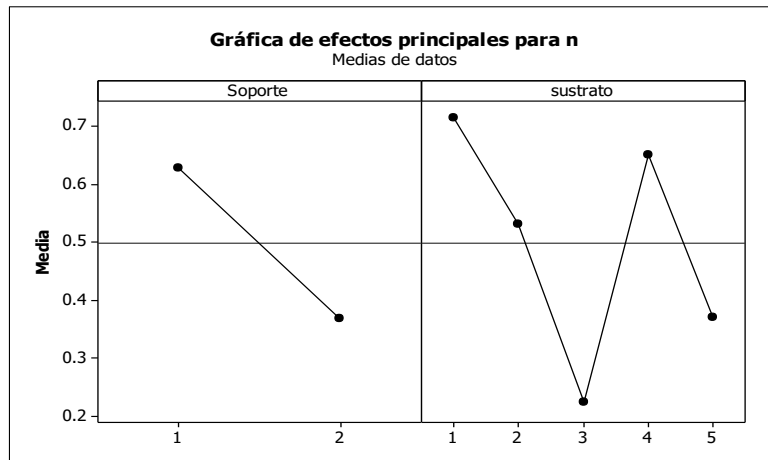
Sustrato	Parámetros intrínsecos Alginato de calcio		Parámetros Efectivos Alginato de calcio		Módulo de Thiele Alginato de calcio	Difusividad Efectiva cm <sup>2</sup> /s		Parámetros intrínsecos Lentikats		Parámetros Efectivos Lentikats		Módulo de Thiele Lentikats
	$K_m$ (mM)	$V_{m\acute{a}x}$ (mM/min)	$k$	$\eta$	$\phi$	Alginato de calcio $D_e$	Lentikats $D_e$	$K_m$ (mM)	$V_{m\acute{a}x}$ (mM/min)	$k$	$\eta$	$\phi$
Sacarosa	4.4772	0.3604	12.7901	0.9277	1.42	$3.4418 \times 10^{-6}$	$1.0492 \times 10^{-6}$	121.333	333.33	216.333	0.5	2.49
Jugo Claro	29.0148	1.8587	76.1152	0.437	1.52	$2.4163 \times 10^{-6}$	$1.2181 \times 10^{-6}$	4303.75	125	4751.25	0.0114	0.238
Jugo Claro Purificado	21.2026	2.6666	85.9733	0.576	1.71	$3.6050 \times 10^{-6}$	$1.1621 \times 10^{-6}$	631	1000	829	0.166	0.652
Guarapo	16.888	1.302	44.7916	0.3962	1.36	$3.7156 \times 10^{-6}$	$1.7003 \times 10^{-6}$	1641.5	500	345	0.666	1.80
Guarapo Purificado	27.1585	1.2195	46.817	0.8015	9.59	$4.2408 \times 10^{-6}$	$1.5054 \times 10^{-6}$	1577	1000	772	0.5	0.999

El análisis estadístico univariado permite observar la conducta de las variables de manera individual, las cuales reflejan el comportamiento durante el proceso de hidrólisis en la inmovilización. Se distingue que la variable  $k$  presenta valores bajos en los sustratos de sacarosa y guarapo, seguidos del guarapo purificado, en cuanto al soporte el valor óptimo corresponde al gel de alginato de calcio, esto en función de que  $k$  a valores bajos ostenta la afinidad de la enzima por su medio (Figura 5).

En tanto, la eficiencia ( $\eta$ ) cuyos valores altos resultan convenientes, son óptimos en los sustratos de sacarosa, guarapo purificado y guarapo no refinado, mejorando su rendimiento



cuando la enzima es inmovilizada en alginato de calcio. Es importante destacar que el módulo de Thiele ( $\phi$ ) aunque se descartó en el análisis multivariado, denota un comportamiento proporcional al factor de eficiencia ( $\eta$ ), esto resulta lógico es una variable respuesta que se calcula a partir de tres de las variables evaluadas (Cuadro 3).



**Figura 5. Comportamiento de la variable respuesta K en función del soporte y sustrato. Soporte 1 (gel de alginato de calcio), soporte 2 (hidrogel de alcohol polivinílico), sustrato 1 (sacarosa), sustrato 2 (guarapo sin purificar), sustrato 3 (jugo claro sin purificar), sustrato 4 (guarapo purificado) y sustrato 5 (jugo claro purificado).**

## Conclusiones

De acuerdo con el resultado del análisis multivariado se observa que el mayor impacto en el rendimiento hidrolítico es a causa del sustrato utilizado, seguido de la interacción soporte-sustrato. En tanto, las variables que reflejan este efecto son principalmente  $\eta$  y  $k$ . Por lo tanto, dado que las variables con mayor significancia denotan un comportamiento favorable en los tratamientos que involucran la inmovilización en gel de alginato de calcio, se concluye que este soporte favorece las reacciones hidrolíticas que ocurren mediante la interacción soporte-sustrato. Por su parte, el mejor rendimiento en cuanto a sustratos es para sacarosa, sin embargo, el objetivo del proyecto es la utilización y optimización de los productos intermedios provenientes del proceso de obtención de caña, por lo cual se eligieron los sustratos con las mayores significancias, seguidos de la sacarosa.



El tratamiento que muestra el mejor resultado, en términos de rendimiento hidrolítico, es aquel que involucra la utilización de alginato de calcio para la inmovilización de invertasa y el guarapo purificado y no purificado como sustrato. La selección de este tratamiento resulta sumamente conveniente debido a que los sustratos empleados resultan ser los primeros productos intermedios en el proceso de la obtención de azúcar de caña, lo que lo hace más atractivo ya que involucra ahorro energético y económico en su manipulación.

### Literatura Citada

- Arroyo, M. 1998. Immobilized enzymes: theory, methods of study and applications. *Ars Pharmaceutica*. 39 (2): 23-39.
- Arruda, L and M. Vitolo. 1996. Characterization of invertase entrapped into calcium alginate beads. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 81 (1): 23-33.
- Chen, J. 1991. Manual del azúcar de caña: Para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados (1ra ed.). México, México: Limusa.
- Engasser, J. and C. Horvath. 1973. Effect of internal diffusion in heterogeneous enzyme systems: evaluation of true kinetic parameters and substrate diffusivity. *J Theor Biol*. 42: 137-155.
- Grunwald, P. 1989. Determination of effective diffusion coefficient- an important parameter for the efficiency of immobilized biocatalysts. *Biochemical Education*. 17 (2): 99-102.
- Illanes, A. and C. Altamirano. 2008. Enzyme Reactors. *In: A. Illanes, Enzyme Biocatalysis* (2da ed.). Washington D.C. Springer Science.
- Nuñez, D. 2009. Estudios para la decoloración del jugo de caña mediante tratamiento con carbón activado y ultrafiltración. Tesis de Licenciatura, Xalapa.
- Solis, F. J. A, K. Calleja and M. C. Durán. 2010. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*. 25 (1): 53-62, 201.
- Wadell, H. 1932. *J. Geol.* 40: 443-451.
- Westley, J. 1969. *Enzymic Catalysis*, p.30. New York: Harper and Row.
- Wiseman, A. 1991. Manual de Biotecnología. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.



# **AGROECOSISTEMAS**







## MANEJO DIVERSIFICADO DEL AGROECOSISTEMA “MOYOLA” JALCOMULCO, VERACRUZ

*Franklin Arturo Rodríguez Contreras<sup>1</sup>, Marycruz Abato Zárate<sup>1</sup>, Teresa Aguas Rendón<sup>2</sup> y Noel Reyes Pérez<sup>1\*</sup>*

---

### Resumen

La visión holística de los Agroecosistemas (AE) implica comprender las necesidades del agricultor y su relación con la biota, su producción y el ambiente. Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar el AE “Moyola”, desde la percepción del productor (Aspecto socio-cultural). Se describe el diseño espacial y temporal de los cultivos; la información de campo se documenta con bibliografía, se calculan los índices de diversidad de Margalef, Shanon-Wiener y Simpson en las áreas de cultivo de lima persa y área conservada (Aspecto ambiental); se hace el análisis de beneficio-costos del cultivo comercial (lima persa) con una proyección a 5 años (Aspecto económico). El AE posee una superficie de 35 ha, tienen una Unidad de Manejo Ambiental (UMA). En el 2018, el agricultor estableció diversos cultivos aledaños a la UMA para mejorar sus ingresos y obtener alimentos, considerando la orografía para establecer las zonas de los cultivos. En la meseta se establece una hectárea de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.), se intercala cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), y se conservan los árboles de guaje (*Leucaena leucacephala* Lam.). En otro sitio, el agricultor siembra maíz negro criollo (*Zea mays* L.) y en las laderas planta guanábana (*Annona muricata* L.) intercalada con calabaza (*Curcubita* sp. Huber) y cempazúchil (*Tagetes erecta* L.); también mantiene dos áreas de mango manila y una de tocotín (*Mangifera indica* L.); estas acciones favorecen la biodiversidad de cultivos. Para resolver la limitante de agua, se construye una olla de captación de lluvia.

De acuerdo a los índices de diversidad el área de cultivo de lima persa es menos diversa que el área conservada (UMA); las fuentes de guano que obtiene de su predio son una alternativa como abono para los cultivos. El análisis económico del cultivo lima persa muestra que será

---

<sup>1</sup> 1Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa

<sup>2</sup> 2Unidad de Capacitación de Desarrollo Rural, [\\*noreyes@uv.mx](mailto:noreyes@uv.mx)



rentable, con ello se crea una fuente de empleo y se favorece el arraigo y bienestar del agricultor. De acuerdo al manejo, se considera que el AE “Moyola” está en un proceso de transición hacia un enfoque sustentable.

**Palabras clave:** enfoque sustentable, guano, recursos locales, agroecología

## Introducción

Un Agroecosistema se considera sustentable cuando alcanza un estado de equilibrio, produce bienes y servicios que satisfacen un conjunto de metas (productivo), sin degradar sus recursos base (estable) según Gutiérrez-Cedillo *et al.* (2008); además de tener la capacidad de enfrentar y recuperarse rápidamente, así como encontrar nuevos y alternativos estados de equilibrio estable, sin comprometer su productividad y reproducibilidad. Toda actividad debe basarse en la organización de los involucrados, evitando al máximo la dependencia del exterior (autodependiente) en búsqueda de los mayores beneficios para todos y con el fin de lograr equidad en sus relaciones internas y externas (equitativo). De acuerdo a Altieri (2009), a través del diseño de los Agroecosistemas diversificados es posible obtener un balance entre el cuidado del ambiente y rendimientos sostenidos, fertilidad del suelo mediada biológicamente, control natural de plagas y el uso de tecnologías de bajo insumo. En este estudio, se partió de la necesidad del agricultor de mejorar sus ingresos a partir de la actividad agrícola, diversificando su agroecosistema ubicado en el municipio de Jalcomulco, donde una de las problemáticas es la escasez de lluvias y el bajo valor de comercialización de cultivos establecidos como el mango tocotín o criollo (*Mangifera indica* L.). Por lo anterior, el productor decide incorporar dentro del agroecosistema un cultivo estratégico la lima persa por su valor comercial actual y otras especies comestibles. Este estudio tuvo como objetivo la caracterización del agroecosistema “Moyola” desde la percepción del agricultor (Aspecto socio-cultural), que cuenta con una UMA (aspecto ambiental), pero se ve en la necesidad de establecer un cultivo rentable para generar a corto, mediano y largo plazo ingresos (aspecto económico).



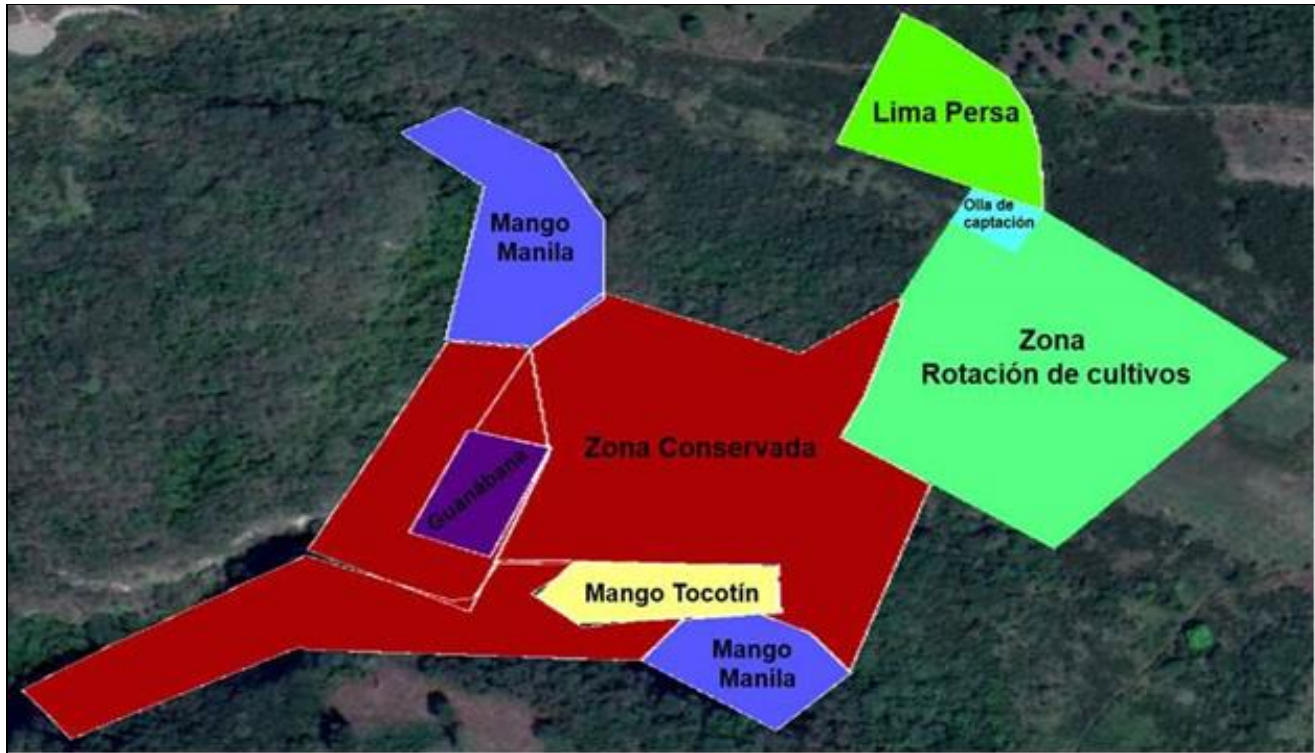
## Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el Agroecosistema “Moyola” en Jalcomulco, Veracruz. El área de estudio cuenta con una superficie de 35 ha, superficie que incluye una Unidad de Manejo Ambiental (UMA), el tipo de vegetación corresponde al denominado Selva baja caducifolia. El manejador del agroecosistema (Agricultor de origen) es un joven egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas-UV. En este trabajo se describe el diseño y manejo que realizó en el Agroecosistema (AE). Para su caracterización, llevó un registró de bitácora de trabajo en campo que complementó con información bibliográfica para dar sustento a sus prácticas. Para conocer el impacto al establecer el cultivo de lima persa, se estimaron los índices de biodiversidad comparando este sitio con el área conservada (UMA); el muestreo en campo se hizo durante el año 2019, en febrero (época de secas) y en junio (época de lluvias), para comparar la vegetación emergente por efecto de la humedad, utilizando el sistema cinco de oros al azar. Tratándose de especies herbáceas, se utilizó un cuadrante de 50 x 50 cm contabilizando las especies y el número de individuos de cada especie presentes dentro del cuadrante; en el caso de la vegetación arbolada se tomaron muestras con un cuadrante de 10 x 10 m; donde de igual manera se contabilizaron las especies y el número de individuos presentes. Con los datos obtenidos se calcularon los índices de biodiversidad de Margalef, Shanon-Wiener y Simpson (Alanís-Méndez *et al.*, 2007). Al realizar el análisis económico del área de lima persa, se consideraron los costos de inversión y de producción, se registraron los gastos generados durante el periodo: 02 mayo de 2018 a 02 de junio de 2019, y se proyectaron a cuatro periodos futuros. Los conceptos considerados fueron: jornales, insumos, herramientas, pago de servicios técnicos, renta de maquinaria y fletes entre otros. Se consideró una etapa productiva de la huerta entre 15 a 20 años de duración, así como el transplante de reposición considerando la pérdida de un árbol y tres cosechas por árbol al año de acuerdo con Valladares (2015). Se utilizaron hojas de cálculo Excel (Microsoft office 2003) para obtener el beneficio/costo actual y el proyectado para conocer la factibilidad económica del cultivo. No se consideraron para el análisis económico los datos de los otros cultivos ya que el productor no contaba con estos datos debido a que principalmente, el uso fue como autoconsumo.



## Resultados y Discusión

El municipio de Jalcomulco se encuentra ubicado en la parte central del Estado de Veracruz, México. Ésta región se caracteriza por presentar un rango de temperatura media anual de 20 a 26 °C y una precipitación anual de 1,110 a 1,300 mm, el tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (INAFED, s.f). El tipo de vegetación corresponde a selva baja caducifolia y subperennifolia (Palacios-Wassenaar *et al.*, 2018), su producción agrícola a pequeña escala es café (*Coffea arabica* L.), caña (*Saccharum officinarum* L.), mango (*Mangifera indica* L.), cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), calabaza (*Cucurbita* sp. Huber) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); esta zona cuenta con paisajes naturales y agrícolas, además del río “Los Pescados” que forma parte de la cuenca “La Antigua” que ha favorecido el desarrollo del turismo (Román-Jiménez *et al.*, 2011). El Agroecosistema “Moyola”, presenta una meseta, rodeada de laderas con pendientes pronunciadas y barrancas. El terreno tiene una altitud máxima de 607 m y una mínima de 597 m. En este sitio, el tipo de suelo es leptosol (INEGI, 2009), de origen sedimentario y poco profundo. El AE incluye un área de conservación registrada ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) como Unidad de Manejo Ambiental (UMA). La superficie total del AE es de 35 hectáreas, el sitio está rodeado principalmente de selva baja caducifolia y colinda con pequeñas áreas de cultivos de lima persa. En el diseño y manejo del AE se han conjugado los saberes y experiencia familiar (abuelo paterno y padre), así como de los conocimientos adquiridos durante su formación profesional, el intercambio de conocimientos con otros agricultores, su experiencia generada como trabajador agrícola y la observación y experimentación que realiza. El AE se encuentra integrado por cultivos perennes, intercalados con otros cultivos para aprovechar el espacio-tiempo durante su desarrollo (FAO, 2000); se respetaron fragmentos de selva baja caducifolia (zona conservada y UMA), aprovechando el guano de murciélago que se obtiene dentro del mismo agroecosistema como abono natural para los cultivos, debido a la riqueza de su composición (18.4% de materia orgánica, pH de 4.2 y una conductividad eléctrica de 0.1152 Ds/m). A la par, el agricultor construyó una olla para la captación de agua de lluvia para asegurar el riego de los cultivos durante la época de sequía, que es una gran limitante. La distribución de estos sitios se observa en la Figura 1 que se muestra a continuación:



**Figura 1. Diseño del AE “Moyola”. Fuente Rodríguez C. F. A., 2019.**

En general, dentro del agroecosistema se incluyeron especies tropicales que se desarrollan de forma favorable en las temperaturas y altitud de la región, se estableció una hectárea de lima persa (*C. latifolia* Tan.) en una zona de acahual y se conservaron los árboles de guaje (*L. leucecephala* Lam.) por servir de alimento y mejorar el suelo (proporcionan materia orgánica y fijan nitrógeno). Las áreas de mango establecidas desde hace más de 25 años se conservaron tanto el mango manila como el mango tocoín o criollo (*M. indica* L.) y se incrementó el área de producción de guanábana que se asoció con pimienta (*P. dioica*) y como cultivo anual jamaica (*H. sabdariffa* L.) considerando que existen condiciones agroclimáticas adecuadas para su producción (Rodríguez-Dopazo *et al.*, 2010; Hidalgo, 2013); en esa misma área se sembró calabaza y flor de cempasúchil, ésta última por presentar repelencia natural contra plagas, además que puede ser comercializada; en dicha área se hicieron muros vivos con crucetas, nopal y sábila y se conservaron especies nativas como la flor de Izote (*Yuca filifera*). En otra área se cultivaron 2,500 m<sup>2</sup> de maíz negro (*Zea mays* L.) con la intención de conservar el material genético y como fuente de alimento para autoconsumo. El control de arvenses se



hizo de forma manual con excepción de dos momentos dentro del cultivo de lima persa donde se aplicaron dos herbicidas antes del transplante.

Las principales especies de arvenses fueron: Zacate (*Megathyrsus maximus*), Zarza (*Mimosa pudica*) y Pica pica (*Macuna pruriens*). Se emplearon recursos locales como el guano y especies de árboles del acahual para elaborar cercos (Tarai y Mixqui) y para barreras vivas las crucetas, el nopal y sábila. El guano sirvió como fuente de abono para los cultivos. Se registró la presencia de fauna nativa alimentándose o visitando el área de maíz que causó algunos daños no considerables (coatí, ardilla, mapache y coyote) y en el cultivo de guanábana algunas aves. Dentro del predio existe una cueva habitada por murciélagos donde se obtiene el guano. También se observó la presencia de abejas en el área de producción de calabaza y especímenes de *Diabrotica* spp. (fitófago importante en el cultivo de las cucurbitáceas), porque consume las plántulas desde su germinación, dañando las hojas, brotes nuevos, flores y a los frutos (Eben y Barbercheck, 1996; Ebel *et al.*, 2017). Para la selección de los sitios para establecer los cultivos, se consideraron algunos aspectos, en el caso de la guanábana la cercanía a un arroyo de agua pluvial la cual tiene una pequeña represa y cubre las necesidades de riego en la temporada de sequía. Por otro lado, para evitar perturbaciones dentro del agroecosistema, se eligieron las áreas de acahual para establecer la lima persa y la guanábana. Una limitante en la zona de estudio, es que se presenta una precipitación pluvial estacional a partir de mayo, pero durante el 2018 y 2019 se observó un largo periodo de sequía, debido a lo anterior el productor construyó durante el 2018 una olla de captación de agua que durante el período de lluvias del 2019 hasta el 2021 ha logrado reservar agua para el sustento de los cultivos y ha facilitado el riego de auxilio. Por ser la lima persa el cultivo estratégico, se describe su manejo, el estudio de los índices de diversidad y posteriormente el análisis financiero. El productor eligió y estableció en 2018, en la zona de la meseta del predio, con una altitud de 605 m una hectárea de lima persa. Prefirió esta área por ser un acahual cubierto principalmente por zarza (*Mimosa pudica*) y zacate (*Megathyrsus maximus*). En este sitio el productor conservó 8 árboles de guaje, considerando sus beneficios como fijadores de nitrógeno, por su valor alimenticio (vainas) y que se puede comercializar localmente. Las arvenses de mayor presencia fueron pica pica (*Macuna pruriens*), zacate (*Megathyrsus maximus*) y zarza (*Mimosa pudica*), inicialmente su control fue con chapeo manual; sin embargo en dos momentos se aplicaron herbicidas, primero (Glifosato) a una concentración



de 100 mL en 20 L de agua, y una semana antes de la plantación aplicó (picloram + 2,4-D) y (2,4-D), (100 mL por bomba de 20 L), decisión tomada con el fin de reducir el número de jornales en chapeos, previniendo la complicación de limpiar plantas con espinas y por no contar con otras formas accesibles de control, amigables con el ambiente. Se adquirieron plantas certificadas de injerto lima persa, sobre patrones Swingle y Volkameriana de acuerdo a lo recomendado por Curtí *et al.*, (2000) ya que se debía garantizar que estuvieran libres de enfermedades. La plantación se diseñó en marco real de 5 x 5, quedando 400 plantas (200 con patrón Volkameriano y 200 con patrón Swingle). Las cepas fueron de 30 x 30 cm de ancho x 30 cm de profundidad en el suelo. Se esperó a que se estableciera el periodo de lluvias para aprovechar la humedad y la plantación se realizó el 8 de agosto de 2018; al momento del transplante se aplicó de 100-120 g de abono de guano por planta. Debido a la sequía inesperada y prolongada entre abril y junio del 2019 (CONAGUA, 2021), las plantas de lima persa presentaron síntomas de estrés hídrico y se aplicaron riegos de auxilio al cultivo. Al inicio se acarreoó agua, pero resultó costoso e insuficiente, motivo por el cual se probaron otras alternativas como riego por solarización y lluvia sólida (polímero de potasio derivado del petróleo) que actúa como una esponja que absorbe el agua y la libera poco a poco, tiene una vida útil de 7 a 10 años, dependiendo del clima y suelo en donde se aplique; en las plantas donde se aplicó el producto las plantas se recuperaron y empezaron a desarrollar yemas apicales. Además, se aplicó fertilizante foliar con N, P, K (11.47-8-6) + microelementos (36 mL para 18 L de agua). En una segunda aplicación se usó un fertilizante foliar (3 mL por 1 L de agua) con aminoácidos (4%), silicio (8%), y materia orgánica (15%) entre otros componentes; además que forma una barrera activa en la cutícula de las hojas de la planta disminuyendo la transpiración excesiva y estimula la tolerancia a diversas plagas. Cada planta de lima persa fue aporcada y posteriormente se le hizo un arropado basal con el corte de las arvenses con la finalidad de retener más humedad en la zona de goteo y que al degradarse sirviera de abono. El manejo de los árboles de guaje, consiste en podar (tijeras) la parte aérea del árbol impidiendo el crecimiento apical y las partes laterales para controlar su tamaño y estos no lleguen a afectar al cultivo principal de lima persa. Para aprovechar el terreno se sembró intercalándolo entre las calles de lima persa en una superficie de 800 m<sup>2</sup>, cacahuate nativo “Grande” y “Chico”. Estas leguminosas aportan nitrógeno, acción de cobertera y sirven de alimento (Comité Estatal del Sistema producto Cacahuate, 2008; Montero 2020). El cacahuate



“chico” tiene un periodo de desarrollo de seis meses en tanto el cacahuate “grande” tres meses posibilitando su siembra dos veces al año aprovechando las últimas lluvias de septiembre (Comité Estatal del Sistema producto Cacahuate, 2008). El deshierbe fue manual y con el azadón, se afloja el suelo, se retiran las rocas y se forman los surcos perpendiculares a la pendiente. Se colocaron 3 semillas por orificio de siembra con apoyo de un cavador, a una profundidad de 5-10 cm aproximadamente, la distancia entre las plantas fue de 40 cm. Se realizaron dos abonados, uno al momento de la siembra y otro a los 3 meses. El primer abonado se aplicó al momento de la siembra, mezclando la semilla con “tierra de hormigas”, puesto que se ha comprobado que su suministro logra incrementar los niveles de nutrientes de N, P, K, Mg, Ca y Na, así como mejorar el porcentaje de humedad y materia orgánica (Montoya, *et al.* 2006) y al mismo tiempo evita que las hormigas se lleven la semilla, esta respuesta de repelencia se debe muy probablemente a la presencia de componentes químicos (feromonas de comunicación) que sirven para señalar territorio (Jaffé, 1984), de esta manera se evita utilizar insecticidas; el segundo abonado es con guano colocado en los surcos y aterrado con azadón. Al desarrollarse las plantas formaron una cobertera que protegió el suelo, evitando arvenses. Se hicieron revisiones periódicas para detectar plagas, también se supervisó la presencia de daños por animales silvestres (coatís, ardillas y mapaches); sin embargo, el agricultor no realizó ninguna acción al comprender la importancia de la fauna local como parte de la riqueza de la UMA. El cultivo se cosechó en diciembre de 2018 para autoconsumo, el excedente se vendió y una parte se conservó como semilla (\*no se registraron los datos de cosecha).

Los valores de biodiversidad (Margalef, Shanon-Wiener y Simpson, respectivamente) para el área cultivada en febrero fueron de 0.455, 0.687 y 2.250, teniendo un incremento en estos índices para el mes de junio debido a las lluvias 0.4808, 0.6931 y 2.3333. En los mismos índices, en la UMA se tuvo para febrero 4.723, 2.323 y 5.947, aumentando para junio a 5.6185, 2.631 y 7.8167; lo anterior indica que se mantiene mayor biodiversidad en la UMA y disminuye la biodiversidad en el área productiva de lima persa; sin embargo, tal productividad permite a la familia obtener ingresos y conservar la UMA. Cabe señalar que los fines de la UMA son proteger y reproducir *Beaucarnea recurvata* Lem. planta endémica conocida como “pata de elefante” o “palma monja” especie propia de las selvas secas y catalogada como en peligro de extinción; así como *Ceratozamia* spp. y *Dioon* sp., plantas pertenecientes al grupo de las





Cycadas. Con base en la proyección del análisis económico de la huerta de lima persa, en los primeros 2 años se tuvo un egreso de \$77, 575 M.N. por ha, inversión requerida para establecer el cultivo de lima persa (Cuadro 1). De acuerdo a los cálculos, es a partir del 2021 que se generaron los primeros ingresos, que es cuando la huerta inició la producción.

**Cuadro 1. Proyección de ingresos y egresos del cultivo de lima persa en el Agroecosistema “Moyola”.**

Año	Ingresos (pesos)	Egresos (pesos)	Relación B/C
1	0	\$67,845.00	0
2	0	\$9,730.00	0
3	\$10,645.80	\$12,560.00	0.8475
4	\$35,486.00	\$18,970.00	1.8706
5	\$56,777.60	\$23,250.00	2.4420
Total	\$102,909.40	\$132,355.00	

Se observa que el monto de egreso mayor fue en el primer año ya que incluye la compra de planta certificada, su establecimiento y pago de servicio de excavación con maquinaria pesada para la elaboración de la olla de captación de agua; a partir del segundo año los gastos se reducen. En cuanto al ingreso, es a partir del tercer año cuando se obtienen los primeros ingresos y la tendencia es mayor conforme transcurren los años; lo anterior se explica por el incremento productivo de la huerta que irá en aumento hasta alcanzar el máximo potencial productivo. Sin embargo, el cultivo requiere una cantidad abundante de agua y se requiere un sistema de riego para el desarrollo de la planta; si se carece de este se cosecha limón de segunda y tercera calidad y no pueda ser vendido a las empacadoras sino a los intermediarios que lo llevan a la central de abastos (Corona, 2015). De acuerdo al análisis relación beneficio/costo, la tendencia es favorable, esto indica que el cultivo de lima persa será una inversión rentable bajo estas condiciones. Lo anterior, coincide con lo reportado por Caamal-Cauich *et al.*, (2014). A pesar de ser una actividad de alto riesgo e incertidumbre vale la pena invertir horas trabajo (jornal) y dinero. Dentro de los costos en cada etapa de producción, el rubro que representa el costo más elevado es el de mano de obra, con el 51.8% del costo total. Esto es considerando los jornales totales que se emplean en un año por hectárea; sin embargo, en este caso la mano de obra principalmente la realiza el agricultor; esto coincide con lo observado por Caamal-Cauich *et al.*, (2014). Es importante resaltar que la estrategia de



diversificación implementada por el agricultor con cultivos temporales como cacahuate, cempasúchil, maíz, calabaza y jamaica, representan otras fuentes de ingresos y alimentos para la familia que no se consideraron en este cálculo. Al respecto, Valladares (2015) recomienda establecer un cultivo estacional secundario para diversificar los ingresos de la finca durante los tres primeros años que la lima persa no produce. La producción es rentable debido a que existen tres periodos de corte al año, a que es resistente a condiciones adversas como la sequía y a que después del establecimiento del cultivo disminuyen los costos de inversión. Además, no es afectada por la mosca de la fruta y no tiene restricciones de exportación. En el mercado nacional las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir la lima persa para su consumo están definidas dentro de la Norma NOM-FF-77-1995-SCF. La producción de lima persa en México transcurre durante todo el año. No obstante, durante la temporada de lluvias el volumen de producción se incrementa, presentando entonces los mayores rendimientos. El periodo de mínima cosecha comprende los meses de noviembre a marzo y alcanza su punto máximo en el lapso de mayo a septiembre (Corona, 2015). Se piensa que a mediano plazo se formará una cubierta de árboles de lima persa y a largo plazo se espera que este cultivo logre generar una entrada económica para mantener y conservar el agroecosistema como una fuente rentable de empleo para el productor y su familia. Con el diseño que el productor hace del AE, logra una serie de interacciones entre procesos naturales (flujo de materia y energía), influidos por las actividades propias del productor quien busca en la medida de su alcance conservar especies, pero obteniendo sustento económico para su familia, tal como se aprecia en la Figura 2.



## MANEJO DEL AGROECOSISTEMA

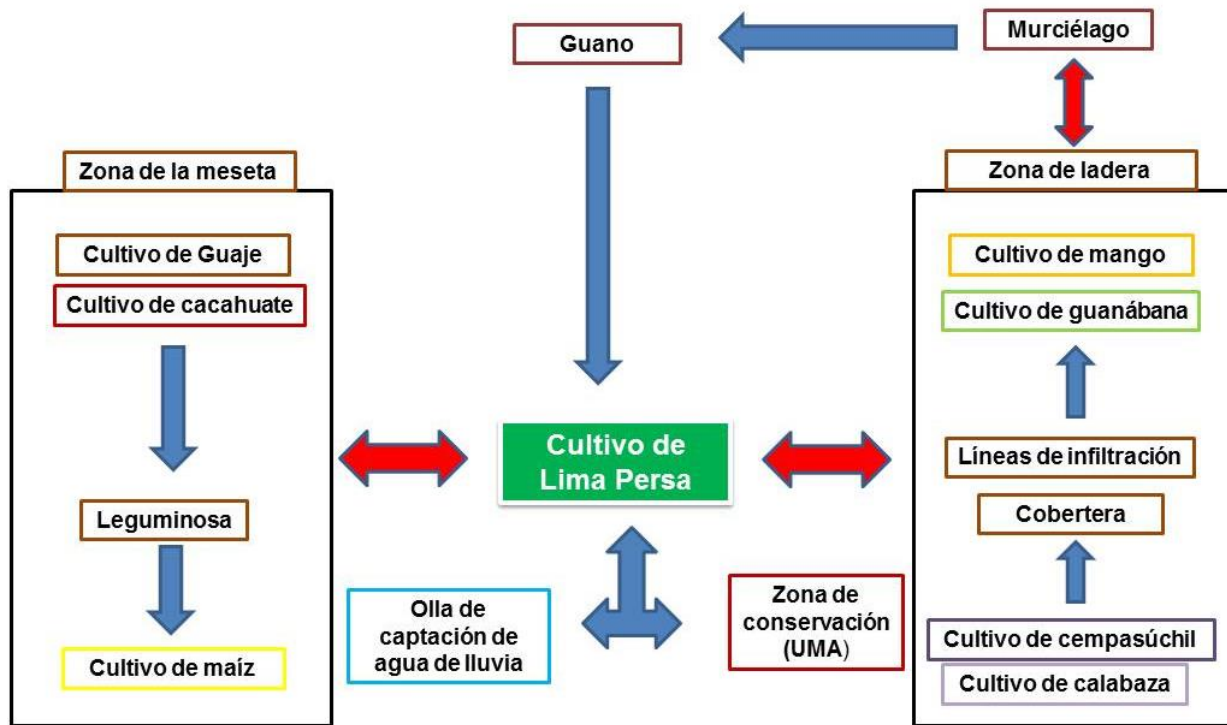


Figura 2. Interacción del Cultivo de Lima persa y el manejo diversificado del AE “Moyola” desde la visión del agricultor.

### Conclusiones

El AE “Moyola” presenta un diseño diversificado constituido por sistemas de producción de cultivos perennes, cultivos de rotación, vegetación conservada y una olla para la captación de agua. La distribución de estas zonas responde a la visión que tiene el agricultor de su terreno, quien identifica dos grandes áreas: meseta y laderas. De acuerdo a la proyección del análisis financiero, se estima que el cultivo de lima persa establecido en el AE será rentable. La diversificación con cultivos temporales como cacahuete, cempasúchil, jamaica, maíz, calabaza y otros, aseguran otras fuentes de ingresos y alimentos para la familia. El Manejo del AE “Moyola” está en proceso de transición hacia un enfoque sustentable, por una parte, integra las prácticas tradicionales que le favorecen; por otra, el agricultor tiene el reto de encontrar nuevas alternativas que le permitan retirar el uso de agroquímicos en el cultivo lima persa que



es de mayor interés. Mantener el área de conservación requiere de una zona productiva que garantice ingresos a la familia del productor, así como visión y vocación de conservación por parte de quien toma las decisiones.

## Agradecimientos

A la familia Rodríguez Contreras por permitirnos la realización de este estudio y compartir su experiencia.

## Literatura Citada

- Alanís-Méndez, J. L., F. O. Muñoz-Artega., M., López Ortega, L. Cuervo López y B. E. Raya Cruz. 2007. Aportes al conocimiento de las epifitas (*Bromeliaceae*, *Cactaceae* y *Orchidaceae*) en dos tipos de vegetación del Municipio de Pánuco, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*, 7 (1): 160-174.
- Altieri, M. A. 2009. La agricultura moderna: Impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA.
- Caamal-Cauich, I., V. G. Pat-Fernández, F. Jerónimo-Ascencio., L. E. Santoyo-Rodríguez y J. G. Ramos-García, 2014. Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2 (3): 192-200.
- Comité Estatal del Sistema Producto Cacahuete. 2008. Plan Rector del Sistema Producto Cacahuete. San Luis Potosí, México. 95p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2021. Programa Nacional contra la Sequía Monitoreo de la Sequía. Programa Nacional contra la Sequía Monitoreo de la Sequía | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gov.mx (www.gob.mx). [consultado el 30 de julio de 2021].
- Corona, V. E. 2015. Factores que interfieren en la comercialización y producción de limón persa (*Citrus latifolia*) en Cuitláhuac, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Licenciado en Agronegocios Internacionales. Universidad Veracruzana, 62p.



- Curtí-Díaz, S. A; X. Loredó-Salazar, U. Díaz-Zorrilla, R. J. A. Sandoval y J. H. Hernández. 2000. Tecnología para producir limón persa. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico Núm. 8. Veracruz, México. 144 p.
- Ebel, R., J. G. Pozas Cárdenas, F. Soria Miranda y J. Cruz González. 2017. Manejo orgánico de la milpa: rendimientos de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35: 149-160.
- Eben, A. y M. E. Barbercheck, 1996. Field observation on host plant associations enemies of diabroticite beetles (Chrisomelidae: Luperini) in Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (67):47-65.
- FAO, 2000. Cultivos asociados. Cartilla tecnológica 10. Mejorando la Nutrición a Través de Huertos y Granjas Familiares. <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s00.htm#TopOfPage> [Consultado el 02 de septiembre 2021].
- Gutiérrez-Cedillo, J. G., L. I. Aguilera-Gómez, y C. E. González Esquivel. 2008. Agroecología y Sustentabilidad. *Convergencia*, 15 (46): 51-87.
- Hidalgo, V. S.G. 2013. Manual técnico del cultivo de rosa de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) "Rosicta". Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas. Guatemala, 27 p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (s.f). <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30088a.html>. [Consultado el 2 de septiembre de 2021].
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica Jalcomulco, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30088. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30088.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30088.pdf) [Consultado 02 de septiembre de 2021].
- Jaffé K. 1984. Evolución de los sistemas de comunicación en hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*). *Folia Entomológica Mexicana* No. 61: 189 – 203. <http://atta.labb.usb.ve/Klaus/art20.pdf> [Consultado el 1 de septiembre de 2021].
- Montero, T. J. 2020. Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 7(2), 112-125. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182020000200014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200014&lng=es&tlng=es). [Consultado el 1 de septiembre de 2021].
- Montoya, L. J., P. Chacón de Ulloa y M. del R., Manzano. 2006. Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2): 151-158.



- Palacios-Wassenaar, O.M., G. Castillo-Campos, S.M. Vázquez-Torres y S. Del Amo Rodríguez. 2018. Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 125-142.
- Red de Hortalizas del SINAREFI. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. p.373-411.
- Rodríguez-Dopazo, A., E. Farraes-Armentero, J. Placeres-Gafas, O. Peña-González, L.M. Fornaris, L. Mullen *et al.* 2010. El fruticultor. Una mirada al cultivo de la guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista CitriFrut*, Vol. 27, No. 1.
- Román-Jiménez A. R., M. A. Mendoza-Briseño, A. Velázquez-Martínez, M. R. Martínez-Méndez, J. M. Torres-Rojo, H. Téllez, G. C. *et al.* 2006. Avances del conocimiento sobre prácticas agronómicas en la pimienta gorda (*Pimenta doica*, Myrtaceae). In: López, L. P. y Montes, H. S. (Eds.).
- Valladares A., L. P. 2015. Implementación del cultivo de limón persa en la finca Gibraltar, Chiquimulilla, Santa Rosa (2006-2011) Estudio de Caso. Tesis de Licenciatura. Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 39 p.



## RED DE VALOR DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) DE COMERCIO JUSTO: UN ESTUDIO DE CASO EN VERACRUZ

*Erika María Gasperín García<sup>1</sup>, Rosa Isela Castillo Zamudio<sup>1\*</sup>, Diego Esteban Platas Rosado<sup>1</sup>, Pedro Zetina Córdoba<sup>2</sup> y Juan Lorenzo Reta Mendiola<sup>1</sup>*

---

### Resumen

La red de valor es una forma de organización del sistema productivo que se determina por la concentración geográfica de los actores que la integran, los vínculos desarrollados económicos y no económicos, los cuales contribuyen a la creación de valor o riqueza, tanto para los miembros de la red como para su territorio. En este sentido, el objetivo del estudio fue analizar los actores de la red de valor del café de Comercio Justo (CJ) de la Unión Regional de Pequeños Productores de Café (URPPC) en el municipio de Huatusco, Veracruz. La región cafetalera de Huatusco analizada correspondió a los municipios de Zentla, Totutla, Sochiapa, Ixhuatlán del café, Comapa, Tlaltetela, Tenampa, Tlacotepec de Mejía y Huatusco. El análisis de la red se realizó mediante la aplicación de entrevistas semi-estructuradas con preguntas abiertas a los actores clave: importadoras, proveedores, socios/productores de café, competidores y actores complementarios. Se utilizó estadística descriptiva para determinar el patrón y la dispersión de las variables. Los resultados de las entrevistas mostraron las principales limitantes identificadas por los actores: 1) las importadoras establecen los lineamientos del convenio de compra provocando pérdidas millonarias por rechazo de café de baja calidad; 2) los proveedores presentan estrictas normas de compra y nulo crédito; 3) los socios/productores: presentan baja productividad del cultivo, hay disminución de la superficie sembrada, tienen edad avanzada, hay una falta de relevo generacional y cuentan con educación mínima; 4) los competidores ofrecen un pago inferior al establecido por CJ y 5) los actos complementarios tienen una baja participación para la innovación y la competitividad del café de CJ. Finalmente, algunos de los actores indicaron acciones para superar las limitantes

---

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. \*rosychely@colpos.mx

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Huatusco



encontradas entre las que destacan: mejorar las negociaciones con los clientes (importadoras) y fomentar mayor participación de los productores en las negociaciones y actualización de las normas de CJ. Se concluye que el análisis de la red de valor permitió identificar las características, interrelaciones de cada actor a fin de superar las limitantes identificadas para evaluar posteriormente algunas propuestas para superarlas y mejorar las condiciones de los productores que integran la URPPC.

**Palabras clave:** productores, actores complementarios, proveedores, clientes, Fairtrade

## Introducción

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia en el comercio mundial y México ocupa la onceava posición dentro de los países productores de café en el mundo (SADER, 2018). La producción mundial del cafeto para el ciclo 2018/2019 alcanzó el máximo histórico de 174.6 millones de sacos de 60 kg de café verde, esto implicó un crecimiento anual del 10.1 por ciento con respecto a la producción cafetalera de Brasil, asimismo el 80.5 por ciento de la producción mundial se comercializa en el mercado internacional (FIRA, 2019). En México, el café es un cultivo que agrupa diversos componentes, agentes y eslabones que integran redes y cadenas productivas; es generador de divisas y empleos siendo una de las principales fuentes de ingreso para grupos vulnerables, ya que integra alrededor de 30 grupos indígenas (CEDRSSA, 2018). En el estado de Veracruz hay 10 municipios cafetaleros: Huayacocotla y Papantla (zona norte); Atzalan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba y Zongolica (zona centro); y Tezonapa y zona de Los Tuxtlas (zona sur). La zona cafetalera del estado de Veracruz, específicamente la región central (Coatepec, Huatusco y Córdoba) es reconocida en el mercado internacional por su calidad, debido a sus condiciones de altura, clima y suelo, las cuales son óptimas para el cultivo del café (Mestries, 2006) y aporta el 80% de la producción total estatal de café (Castillo, 2019). Sin embargo, el sector cafetalero se ha visto fuertemente afectado debido a la variabilidad de los precios internacionales y el retiro del Estado en el fomento de la producción, lo cual impacta de manera directa, provocando rezago tecnológico, altos costos de producción, bajos rendimientos, pérdida de la calidad del café,





descapitalización de los productores y la falta de control de la calidad (Mestries, 2006). Ante estos problemas, algunos Pequeños Productores (PP) han adoptado diferentes estrategias para sobreponerse a los precios bajos del café (Escamilla *et al.*, 2013); entre estas, se encuentra el comercializar el café en mercados diferenciados que otorgan un sobre precio al grano siendo los tres principales mercados: los diferenciados por calidad (gourmet, denominación de origen), las certificaciones verdes (orgánico, sustentable, C4, Rainforest Alliance) y CJ, que implica aspectos organizativos, equidad, justicia social e incluye también aspectos económicos y ambientales (Nava-Tablada, 2012). El café bajo la certificación de CJ es considerado como una alternativa de comercio promovida por varias organizaciones no gubernamentales, por la Organización de las Naciones Unidas y por movimientos sociales y políticos (como el pacifismo, el ecologismo) que promueven una relación comercial justa entre productores y consumidores (Fairtrade, 2021). Por otra parte, el concepto de red de valor permite definir y comprender los cuatro grandes tipos de actores con los cuales una empresa rural puede interactuar para mejorar y ser competitiva, el modelo o enfoque de red remarca las simetrías existentes entre cada actor; por ejemplo, en el eje vertical se encuentran los clientes y proveedores, los cuales desempeñan roles simétricos ya que son socios iguales en la creación de valor (Ireta-Paredes *et al.*, 2018). Su análisis busca la competitividad de la cadena como sistema, con una visión de sostenibilidad económica, social y ambiental (Gottret, 2011). En el caso de la Unión de PP del municipio de Huatusco este enfoque no ha sido desarrollado. Por lo anterior, el objetivo de este estudio es analizar los actores de la red de valor del café de CJ de la URPPC en el municipio de Huatusco, Veracruz para identificar problemas y posibles soluciones por parte de los mismos actores.

## **Materiales y Métodos**

La región cafetalera de Huatusco, Veracruz es la más grande en extensión territorial: 28, 290. 64 hectáreas y se encuentra ubicado en la zona centro del estado, en las coordenadas 19° 09´ de latitud norte y 96° 58´ de longitud oeste, a una altura de 1300 metros sobre el nivel del mar (SECTUR, 2021). La unidad de estudio es la Unión Regional de Pequeños Productores de Café Agropecuaria Forestal y Agroindustrial de la Zona de Huatusco, Ver. S.S.S. (Sociedad de



Solidaridad Social), esta organización inició su trabajo en 1982 y en 1991 se constituye como Sociedad de Solidaridad Social, planteando sus objetivos en mejorar las condiciones de vida de sus socios, con una propuesta de desarrollo local; abrir un mercado de alta calidad para el café; garantizar un precio mínimo al productor; y promover en los cafetales orgánicos la producción diversificada compatible con el cuidado del ambiente, a través del uso de buenas prácticas agrícolas (Unión Regional, 2021). Actualmente la URPPC cuenta con 1,324 socios pertenecientes a 9 municipios de la zona centro del Estado de Veracruz (Zentla, Totutla, Sochiapa, Ixhuatlán del café, Comapa, Tlaltetela, Tenampa, Tlacotepec de Mejía y Huatusco). La información de la red de valor de café se obtuvo al aplicar entrevistas, usando encuestas semi-estructuradas (Santoyo *et al.*, 2002), a los actores clave de la URPPC de Huatusco, Ver y de los actores del CJ como: 1) importadoras, 2) proveedores, 3) socios/productores de café, 4) competidores y 5) actores complementarios, durante los meses de abril a julio 2021. El diseño de la encuesta contempló tres apartados: 1) generalidades del entrevistado y papel que desempeña en la red de valor, 2) problemas percibidos por los actores y 3) y alternativas propuestas por los actores principales. Como parte de la metodología se utilizó la propuesta de Muñoz-Rodríguez (2010) con la que se identificó el papel de cada actor entrevistado, así como una lista de problemáticas identificadas y las oportunidades pertinentes de la red de valor identificada. Se aplicó estadística descriptiva para determinar el patrón y la dispersión de las variables.

## **Resultados y Discusión**

El café (*Coffea arábica*) se acopia a través de la URPPC en cereza de forma: convencional, a través de certificado orgánico y con certificado de CJ. Las plantas de café con certificado de CJ son principalmente de sombra, por lo tanto, necesita de árboles y arbustos, que la cubran. Además, es indispensable un suelo con humedad abundante y para su óptima calidad, es necesario cultivarla en una altura de 1000 a 1300 metros sobre el nivel del mar; condiciones edafoclimáticas encontradas en la región de Huatusco (Danzos, 2007). La URPPC lleva a cabo el proceso postcosecha (vía húmeda y seca); así que los productos obtenidos para su



comercialización son café oro lavado o suave (vía húmeda) o café oro natural (vía seca), que es exportado con el sello de CJ.

### **Descripción de los actores clave de la red de valor de la URPPC**

Los Socios/Productores son todos los cafeticultores que venden su café a la URPPC como centro de acopio. Para vender el café a través de CJ los cafeticultores deben de pertenecer a una organización de PP formalmente establecida, ya que no se acepta el café de productores individuales, en donde al menos el 50% del acopio del café provenga de productores de este perfil y no excedan las 5 hectáreas de cultivo de café. Por otro lado, el productor se debe de caracterizar por contar con mano de obra familiar, con la finalidad de poder mejorar las condiciones de vida de los productores y sus familias. En el aspecto agronómico, la norma de CJ recomienda productos con etiqueta verde que promuevan prácticas sustentables, para su utilización como fertilizantes y abonos para nutrición, manejo de plagas y enfermedades, control biológico entre otros. Respecto al tema financiero y los productores que venden el café a la URPPC: ésta tiene 3 esquemas de pago: A) a remate: en donde se paga el precio del café subastado al día; B) Anticipo: Es el pago que le realizan al productor de un 50-60% del valor total de la materia prima y al final de la cosecha se hace la liquidación acordando un mejor pago; C) A consignación: es cuando el productor deja el café a la organización y le es liquidado en cuanto indique el productor y haya un sobreprecio. Los clientes son individuos y empresas que compran el producto que ofrece la URPPC (café verde). Las empresas que compran a la URPPC pertenecen a la Red de clientes de CJ y que cumplen los estándares que marca este tipo de comercio, estos clientes se gestionan a través de las importadoras y del agente aduanal. Dentro de los clientes principales se encuentran: E.E.U.U., Holanda, Londres, Italia, España, Francia y últimamente hay un creciente mercado para el consumo del café en los países asiáticos como Corea y Japón, de los que ofrecen un sobre precio por el café de calidad. El envío del café verde se hace por vía marítima (Del Puerto de Veracruz, México, al país de destino) mediante un agente aduanal, en donde el cliente define la naviera y cubre todos los gastos (flete, certificado fitosanitario, entre otros gastos, así como asumir el riesgo del producto). La materia prima tarda de 30-40 días para llegar al destino final; el sistema de pago de los clientes depende de lo estipulado en los contratos de compra, ya que algunos determinan pagar el total al llegar el producto al puerto de Veracruz y otros, por el contrario, hasta que llegue el café al país de destino (entre 30 a 40 días), lo que complica la operatividad



financiera de la organización. Los proveedores son los actores e instituciones que proporcionan lo necesario para la producción agrícola. Para el caso de la URPPC la mayor inversión en gastos que tiene es en proveedores de servicios como: transporte, seguridad de la mercancía de Huatusco al puerto de Veracruz, agente aduanal, certificaciones fitosanitarias, agencias de certificación, gastos administrativos entre otros. Para el caso de la producción, solo se adquieren costales de yute grado alimentario, los cuales son traídos de India; con relación a los demás gastos y suministros, los debe cubrir el productor. Los actores complementarios son los organismos o instituciones que permiten que el cliente valore el producto obtenido, se enfocan en la asistencia técnica o comercial del producto final (Ireta-Paredes, *et al.*, 2018). Para el caso de la URPPC mencionan solo tener apoyo de la Coordinadora Latinoamericana Y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de Comercio Justo (CLAC) y de la red de la Coordinadora Mexicana de Comercio Justo. En estas organizaciones los productores tienen voz y voto para decisiones con respecto al sector, así como para solicitar capacitación en diversos temas como: cambio climático, equidad de género, igualdad, democracia, salud, entre otros. Los competidores son las organizaciones o empresas que compiten con la URPPC para el acopio del café. Los competidores directos son grandes empresas que realizan innovación y la desarrollan mayormente en sus países sede, lo que implica un escaso derrame de conocimiento tecnológico para las plantas locales (Amaro-Rosales y de Gortari-Rabiela, 2016). En el Cuadro 1 se detallan las características de los competidores de la URPPC, de acuerdo a la información recabada durante las entrevistas. La rentabilidad económica para el caso del precio del café, se determina en los mercados financieros como *commodity*, esta categoría incluye algunas materias primas, incluyendo varias de alimentación, las cuales se establece mediante contratos de futuros, es decir, se pacta el precio y condiciones de una entrega de café en el futuro como cobertura ante posibles fluctuaciones, en donde se tienen precios mínimos establecidos. El precio mínimo “Fairtrade” (Comercio Justo) es un valor que debe ser respetado en todas las transacciones con café Fairtrade. Este valor varía por la especie (arábiga o robusta) y por procesos de post cosecha (lavado o natural). El precio mínimo Fairtrade es establecido como el café FOB (Free On Board), término utilizado en comercio internacional que significa colocado al lado del navío y desembarcado para exportación (Fairtrade, 2016). En los Cuadros 2 y 3 se detalla el pago mínimo por quintal para cafés arábigos lavados y natural respectivamente.



**Cuadro 1. Detalle de competidores directos de la Unión Regional de Pequeños Productores de Café en el municipio de Huatusco, Veracruz.**

Competidor	Características
AMSA (Agroindustrias Unidas de México)	Es una empresa particular que cuenta con 11 sucursales, 11 beneficios secos, 7 beneficios húmedos y 13 centros de compra, lo que los convierte en una de las empresas líderes a nivel nacional. Para el estado de Veracruz, el beneficio se encuentra en Huatusco. Exportan a países como E.U.A., Puerto Rico, Japón, Australia, Suecia, Holanda, Alemania, Suiza, Inglaterra y Emiratos Árabes Unidos, entre otros.
Beneficiadores de café Aresca, S.A. de C.V.	Es una empresa dedicada al sector de compra y venta de café en Huatusco, Veracruz, los cuales también son proveedores para la maquila del café.
Don Pepe Coffee	Empresa mexicana con más de 30 años de experiencia en la comercialización de café, Actualmente Don Pepe Coffee, mantiene sus instalaciones en perfecto estado y siendo pioneros en la modernización de la industria cafetalera. Es una de las pocas empresas de su tipo que a nivel nacional surte café a la compañía Nestlé México, cumpliendo con la normativa de la calificación NQS (Nestle Quality system).
Cafés California	Empresa internacional con más de 60 años de experiencia, que desempeña un papel importante en el negocio de exportación de café de México con una cuota de mercado de alrededor del 20%. Al mismo tiempo, la empresa es uno de los principales proveedores de café de la industria local.

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2. Pago mínimo del quintal de café Fairtrade lavado de cultivo convencional y orgánico.**

Criterios de CJ	Convencional	Orgánico
Precio Mínimo Fairtrade:	\$140 USD	\$140 USD
Prima Fairtrade*:	\$ 20 USD	\$ 20 USD
Precio comercial:	\$160 USD	\$160 USD
Diferencial orgánico:		\$ 30 USD
Total a pagar por quintal en oro lavado:	\$160 USD	\$190 USD

Fuente: Manual de cálculos de precios Fairtrade (2016).

Pago por quintal de café.

\* La Prima Fairtrade es una suma de dinero adicional, pagada además del precio de venta, que los agricultores o trabajadores invierten en proyectos de su elección (Flocert, 2021).



**Cuadro 3: Pago mínimo del quintal de café Fairtrade natural de cultivo convencional y orgánico.**

Criterios de CJ	Convencional	Orgánico
Precio Mínimo Fairtrade:	\$135 USD	\$155 USD
Prima Fairtrade:	\$ 20 USD	\$ 20 USD
Precio comercial:	\$155 USD	\$175 USD
Diferencial orgánico:		\$ 30 USD
Total a pagar por quintal en oro natural:	\$155 USD	\$185 USD

Fuente: Manual de cálculos de precios Fairtrade (2016).  
Pago por quintal de café.

### **Problemas identificados en la red de valor de CJ de la URPPC**

Los socios/productores de CJ son en su mayoría adultos de edad avanzada (49-63 años); al respecto, Nava-Tablada y Martínez-Camarillo (2012) lo consideran como una amenaza para el futuro de la cafecultura, ya que pone en riesgo la existencia de un “relevo generacional” que asegure la continuidad del sector. Por otro lado, varios productores han decidido invertir en otros cultivos, que desde su perspectiva, son más rentables; no obstante, esto ha causado daño en el ecosistema natural. Asimismo, se identificó la baja productividad del cultivo con relación al rendimiento. En general el rendimiento por hectárea promedio según CEDRSSA (2018) es de 1.4 toneladas de café cereza a nivel nacional, lo que corresponde a 5.86 quintales por hectárea. Según datos de la URPPC, el rendimiento aproximado de la región de Huatusco es de 8 a 10 quintales por hectárea; sin embargo, el rendimiento que presentan los cultivos de los PP es mucho menor. Por lo tanto, existe un área de oportunidad importante para mejorar la relación rendimiento y calidad. Finalmente, la educación de productor es básica, lo que limita a que no haya mejoras en innovación y competitividad organizativa y empresarial. Estos y otros elementos son los que perpetúan la pobreza y la marginación en gran parte de la región central en el estado de Veracruz (Apodaca *et al.*, 2013). De los productores encuestados la mayoría (98%) externó la falta de financiamiento por parte de la organización y esto provoca que no toda la producción de los cafecultores se venda para CJ, mismo que coincide con lo mencionado por Rodríguez-Hernández *et al.*, (2016) en donde se refiere a la alta capacidad y liquidez financiera de las empresas competidoras o acopiadores locales, los cuales pagan de contado (a remate) el café, aunque esto les provoque a los PP el vender el café a un precio por debajo del establecido. El problema principal de los clientes (importadoras) son, las



pérdidas millonarias derivadas en algunas ocasiones, por el rechazo de la mercancía por falta de calidad, situación en la cual los PP no se hacen responsables y las pérdidas solo las enfrenta la URPPC como organización cafetalera. Al respecto, Berdegú (2000) menciona la importancia de un sistema de reglas dentro de las organizaciones que cuenten con sanciones graduales y eficaces ante el incumplimiento o problemas que enfrente la propia organización de PP.

La URPPC comentó que, generalmente, se adapta a las condiciones de compra de cada país. Según las normas de CJ, los productores deben recibir por anticipado al menos entre el 40% y 50% del pago total de la materia prima, sin embargo, en la práctica esto no es así, ya que las condiciones de pago las determina el cliente (las importadoras) y no siempre el sistema de CJ, mucho menos los PP. Ceccon y Ceccon (2010) comentan sobre la importancia de las importadoras con respecto al financiamiento, ya que ofrecen ayuda financiera por medio de préstamos, pre-financiamiento de las compras o buscando fuentes externas de financiamiento, caso contrario a lo analizado en la URPPC.

Dentro de los principales proveedores que se tienen son los de servicios, mismos que brindan condiciones nulas de crédito y normas de compra rígidas, lo que limita a la organización de PP ya que los recursos financieros son restringidos. Con relación a los actores complementarios, existe una limitada participación, asesoría o mentoría. En este aspecto, un área de oportunidad importante es incentivar la participación activa de organizaciones, instituciones o Universidades que impulsen a la URPPC a ser más competitiva en relación a tecnología e innovación y a fomentar el desarrollo y la diversificación de productos derivados del café, que cuenten con un mayor valor agregado y nivel de procesamiento, además de mejorar los procesos administrativos y organizacionales. Daqui (2013) analizó la importancia de las pequeñas industrias o productores en buscar fortalecer su vinculación con centros de investigación, fungiendo éstos como proveedores de conocimientos e innovación. Los competidores poseen una gran capacidad financiera, esto permite el pago a los PP en efectivo y al momento de recibir el café, aunque este pago sea inferior al establecido por Fairtrade. Por el contrario, la URPPC, tiene un apalancamiento de efectivo alto, no siempre puede liquidar el total del pago a los PP, lo que ocasiona que los campesinos lleven el café a los competidores. Este fenómeno provoca que, en diversas ocasiones, la URPPC no pueda cubrir la demanda de los países importadores. Con respecto a la rentabilidad económica, la principal limitante



resulta la falta de actualización del precio mínimo Fairtrade, lo que provoca que cada año haya menos ganancias y reglas más estrictas por parte de Fairtrade. Asimismo, cada año aumentan las reglas de CJ con respecto al estándar y los costos por la certificación, lo que representa desembolso de dinero, principalmente para el PP. En este contexto, Ceccon y Ceccon (2010), mencionan que una de las principales críticas de la certificación de CJ son los procesos estrictos, los cuales provocan que algunos productores creen que el sistema de certificación y regulación de CJ este guiado más por cuestiones comerciales que por la solidaridad.

La Figura 1 muestra un esquema concentrado de las limitantes de la red. En resumen, el principal problema que enfrenta la red de valor de café de CJ de la URPPC, identificado durante las entrevistas, fue la falta de organización para exigir la determinación de políticas públicas que realmente beneficien al sector. Asimismo, se identificó la falta de fortalecimiento en la comercialización y el financiamiento, ya que ambos procesos son los que mueven a toda la red en aras de promover mejores rendimientos y condiciones para los productores.



**Figura 1. Limitaciones y problemas identificados en la red de valor del café de CJ de la URPPC (2021). Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por cada actor.**





## Propuestas por los actores principales del café de CJ de la URPPC

Algunos de los actores indicaron acciones para superar las limitantes encontradas entre las que destacan: mejorar las negociaciones con los clientes (importadoras) para llegar a mejores acuerdos de compra, donde no se afecte la operatividad financiera de la organización de productores y, por ende, a las condiciones de vida de los caficultores de la región. Asimismo, que los PP intervengan en las negociaciones y actualización de las normas de CJ para mejorar las condiciones que ofrece la norma en relación al pago económico que está establecido en el mercado de futuros. Este punto es similar para todos los países y regiones, en donde se analizó que las condiciones económicas y sociales de los productores no son las mismas. Los productores comentaron que a través del esquema de CJ, sí obtienen mejores rendimientos económicos ya que de lo contrario, sería el panorama menos alentador, por lo cual se deben de promover estrategias para facilitar técnica, financiera y administrativamente la certificación para los productores con el fin de mejorar tiempos, rendimientos económicos y agilizar la red de valor del café de CJ, misma que se explica a profundidad en la Figura 2.



**Figura 2. Propuestas identificadas por los actores de la red de valor del café de CJ de la URPPC (2021). Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por cada actor.**



## Conclusiones

El análisis de la red de valor del café de CJ permitió identificar a todos los actores, su relación e importancia que cada uno tiene en la red y la relevancia que tiene la URPPC en conjunto con los productores cafetaleros, además se detectaron las limitantes observadas por cada actor y las acciones propuestas para superarlas, desde el punto de vista de los mismos actores.

## Literatura Citada

- Amaro-Rosales M. y R. de Gortari-Rabiela. 2016. Innovación inclusiva en el sector agrícola mexicano: los productores de café en Veracruz. *Economía Informa*, 400(2016):86-104.
- Apodaca G. C., J.P. Juárez S., B. Ramírez V., G. Ramírez V. y G. C. Ortiz C. 2013. Cafeticultura y pobreza en el estado de Veracruz: una relación estrecha. *Rev. Geogr. Valpso*. 49:16–29.
- Berdegú, J. A. 2000. Cooperando para competir: factores de éxito en las empresas asociativas campesinas. *Red internacional de metodología de investigación en sistemas de producción*. 97 p.
- Castillo, M. 2019. La tradición del café de Veracruz. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/la-rutadel-cafe-veracruzano> [Consultado el 01 de agosto de 2021].
- Ceccon R. B. y E. Ceccon. 2010. La red del Comercio Justo y sus principales actores. *Investigaciones geográficas*, 71(2010):88-101.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). 2018. El café en México: Diagnóstico y perspectiva. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/30El%20caf%C3%A9%20en%20M%C3%A9xico:%20diagn%C3%B3stico%20y%20perspectiva.pdf> [Consultado el 05 de junio de 2021].
- Danzos, R. H. 2007. La agricultura orgánica como alternativa al uso de plaguicidas: el caso de Huatusco, Veracruz. Tesis de maestría en Sociología. Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Departamento de Ciencias Sociales y Políticas, 150 p.
- Daqui, X. 2013. Research on Improving the Technological Innovation Capability of SMEs by University-Industry Collaboration. *Journal of Engineering Science y Technology Review*, 6:(2)100–(10).



- Escamilla P. E., G. Castillo P. y S. Díaz C. 2013. Situación actual y potencialidades del café en Veracruz. P. 153-186. In: Pérez Akaki, Pablo y Alma Amalia González (coord). Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, México.
- Fairtrade. 2016. Manual de cálculos de café. <http://clac-comerciojusto.org/wp-content/uploads/2015/04/Manual-c%C3%A1lculo-de-precios-del-caf%C3%A9-ok.pdf> [Consultado el 15 de junio de 2021].
- Fairtrade. 2021. Definición de Comercio Justo. <http://www.fairtrade.com.mx/> [Consultado el 15 de mayo de 2021].
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2019. Panorama Agroalimentario 2019. Café 2019. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/03/Panorama-Agroalimentario-Caf%C3%A9-2019.pdf> [Consultado el 22 de enero 2021].
- Flocert (Fairtrade Labelling Organizations Certification). 2021. <https://www.flocert.net/es/glossary/prima-fairtrade/> [Consultado el 03 de septiembre 2021].
- Gottret, M. V. 2011. Orientación estratégica con enfoque en cadena de valor para la gestión de empresas asociativas rurales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 120 p. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89268/Guia\\_3\\_Orientacion\\_Estrategica\\_Nic.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89268/Guia_3_Orientacion_Estrategica_Nic.pdf?sequence=3&isAllowed=y) [Consultado el 22 de junio de 2021].
- Ireta-Paredes A., P. Pérez-Hernández, J. Bautista-Ortega y L. Rosas-Herrera. 2018. Análisis de la red de valor Calabaza Chihua (*Cucurbita argyrosperma Huber*) en Campeche, México. *Agrociencia*, 52(1):51-167.
- Mestries B. F. 2006. Migración internacional y campesinado cafetalero en México. Fases circuitos y trayectorias migratorias. *Análisis Económico*, 21(46):263-289.
- Muñoz-Rodríguez, M. 2010. Identificación de problemas y oportunidades en las redes de valor agroalimentarias. P. 103-166. In J. Aguilar Ávila, J. R. Altamirano Cárdenas, y R. Rendón Medel (Eds.). *Del Extensionismo Agrícola a las Redes De Innovación Rural*. México, D.F.
- Nava-Tablada M. E. y E. Martínez-Camarillo. 2012. International migration and change in land use in Bella Esperanza Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15(2):21-29.
- Nava-Tablada, M. E. 2012. Migración internacional y cafecultura en Veracruz, México. *Migraciones Internacionales*. 6(3):139-171.



Rodríguez-Hernández, O., V. H. Santoyo-Cortés, M. Muñoz-Rodríguez y B. Rodríguez-Padrón, B. 2016. La posición competitiva de las organizaciones cafetaleras en Huatusco, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(15):2965–2979.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2018. México, onceavo productor mundial de café. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe?idiom=es> [Consultado el 23 de febrero de 2021].

Santoyo, H., P. Ramírez., y M. Suvedi. 2002. Manual de evaluación de programas de desarrollo rural. México. [http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/bitstream/handle/20.500.12098/376/L-manual\\_2ed-02.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/bitstream/handle/20.500.12098/376/L-manual_2ed-02.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Consultado el 23 de junio de 2021].

SECTUR (Secretaría de Turismo y Cultura). 2021. Huatusco. <https://veracruz.mx/destino.php?Municipio=71> [Consultado el 23 de julio de 2021].

Unión Regional de Pequeños Productores de Café. 2021. <https://www.algrano.com/es/groups/11084> [Consultado el 16 de junio de 2021].



## ***Diaphorina citri* Kuwayama Y *Candidatus Liberibacter asiaticus*: UNA COMPLEJA RELACIÓN COEVOLUTIVA**

Luis Alfredo Pérez Zárate<sup>1\*</sup>, Juan A. Villanueva Jiménez<sup>1</sup>, Luis Gabriel Otero Prevost<sup>1</sup> y  
Mónica C. Vargas Mendoza<sup>1</sup>

---

### **Resumen**

Estudios sobre la interacción entre insectos vectores y patógenos de plantas cobraron importancia en las últimas décadas, especialmente en cultivos de importancia económica. *Diaphorina citri* Kuwayama es el vector primario de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) causante de la enfermedad Huanglongbing (HLB), la enfermedad más destructiva de los cítricos en el mundo. El estudio del patosistema HLB requiere la comprensión de la interacción entre el patógeno y el vector, para plantear estrategias sustentables de manejo a mediano plazo. El objetivo del trabajo fue determinar los efectos que ocasiona la infección de CLas sobre el insecto vector *D. citri* y discutir si la relación es beneficiosa para ambas partes. En ese sentido, se realizó un análisis crítico de artículos científicos recientes de la interacción entre CLas y *D. citri* donde se resaltan los aspectos coincidentes, divergentes y los resultados más relevantes. Con base en los artículos revisados, CLas provoca alteraciones en el vector y estas se dan a nivel genético, celular, del sistema inmune, fisiológico, etológico y adaptativo. Se concluye que, aunque varios autores resaltan que ambos organismos obtienen beneficios mutuos, los cambios que expresa el vector son en beneficio de la bacteria.

**Palabras clave:** interacción, patógeno-vector, Huanglongbing

---

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. \*alfredo.perez@colpos.mx



## Introducción

La enfermedad del Huanglongbing (HLB) ha mermado la producción de cítricos a nivel mundial y ha ocasionado la muerte de miles de árboles. El patosistema HLB es complejo y comprende relaciones entre el patógeno (*Candidatus Liberibacter asiaticus* [CLas]), el vector (*Diaphorina citri* o psílido asiático de los cítricos), el hospedero (cítricos) y el ambiente. La imposibilidad de aislar el patógeno y la rápida dispersión en zonas libres, dificulta plantear estrategias de manejo efectivas. *D. citri* se reportó por primera vez en México en 2002, y para 2009 se registró el primer árbol positivo a la enfermedad en Tizimín Yucatán. Para 2011 el estado de Colima reportaba los primeros focos de infestación y ya en 2016, el HLB se encontraba en todos los estados citrícolas del país (Flores-Sánchez, 2016). El HLB afecta plantaciones comerciales de cítricos al incrementar la tasa de mortalidad de árboles, reducir el rendimiento y calidad de frutos e incrementa considerablemente los costos de producción (Farnsworth *et al.*, 2014). La reducción en el rendimiento puede ir del 30 al 100% asociado al nivel de intensidad de la enfermedad y los frutos que logran cosecharse no cuentan con la calidad suficiente para colocarlos en el mercado ya que son pequeños, ácidos y con bajo contenido de grados brix (Bassanezi *et al.*, 2009). La transmisión de CLas entre plantas se da mediante el proceso de alimentación de *D. citri*. La transmisión de la bacteria a una planta sana puede ocurrir después de 30 minutos de alimentación (Pelz-Stelinski *et al.*, 2010). CLas viaja por la hemolinfa hasta llegar a las glándulas salivales y permanece en un estado de latencia dentro del vector (3-20 días) y se multiplica antes de transmitirse a nuevas plantas (Ammar *et al.*, 2011). Se ha reportado que una vez que la bacteria ingresa al intestino medio se propaga a la mayoría de los órganos del insecto y la multiplicación de la bacteria se da en las vacuolas asociadas al retículo endoplasmático según Ghanim *et al.*, (2017). La relación CLas-*D. citri* no ha sido del todo comprendida, sin embargo, se ha reportado que CLas induce reprogramación metabólica y transcriptómica en las células de *D. citri* (Galdeano *et al.*, 2020), por lo que se ha hipotetizado sobre una posible manipulación en el crecimiento y desarrollo del vector para mejorar la eficiencia en la transmisión. Es necesario comprender la relación evolutiva entre CLas y *D. citri* y conocer los mecanismos evolutivos que han mejorado la aptitud biológica de CLas para adaptarse a las condiciones intracelulares en el vector, como la capacidad para utilizar aminoácidos y nutrientes de su entorno como fuente de energía (Hijaz y Killiny, 2014). La



comprensión de la relación CLas-*D. citri* llevaría a conocer parte de la epidemiología en el patosistema Huanglongbing con lo cual sería posible plantear estrategias de manejo enfocadas a reducir la posibilidad de adaptación de la bacteria en *D. citri* y disrumpir la trasmisión de la bacteria por los vectores. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis crítico de algunas investigaciones publicadas en los últimos años que tratan temas relacionados con los cambios en *D. citri* promovidos por la infección de CLAs. Se resaltan los aspectos coincidentes, divergentes y los principales resultados reportados.

## **Materiales y Métodos**

Se realizó una búsqueda selectiva de artículos en revistas indexadas, mediante palabras claves en inglés y en español. Se utilizaron las palabras clave, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Diaphorina citri*, asociación CLas-*D. citri*, efecto de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en *Diaphorina citri*, relación evolutiva entre *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Diaphorina citri* e interacción molecular entre *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Diaphorina citri*. Se utilizaron bases de datos referenciales de revistas científicas como SCOPUS, Web Of Science, Redalyc, el buscador de Google académico, Elsevier, SpringerLink y Taylor & Francis. Con los resultados se generó una base de datos y se seleccionaron los artículos que cumplieron con los objetivos del estudio, es decir, aquellos que reportaron cambios en el vector a nivel molecular, transcriptómico, proteómico, genético o etológico ocasionados por la bacteria.

## **Resultados y Discusión**

### **¿La coevolución es realmente mutualista entre *D. citri* y CLAs?**

La coevolución de especies se ha definido como “*el conjunto de cambios evolutivos recíprocos entre especies vinculadas por interacciones ecológicas*” (Thompson, 2005); así, la relación entre CLAs y *D. citri* ha coevolucionado hasta lograr una interacción donde ambos organismos tienen rasgos de aptitud que se complementan y que los ha llevado a dispersar la enfermedad del HLB a prácticamente todo el mundo. Ghanim *et al.* (2016) señalan que la interacción entre



vectores y patógenos de plantas en general, y la relación CLas-*D citri* en particular es compleja; por un lado, existe competencia y por otro una relación mutualista. Los trabajos consultados coinciden en que la relación entre el vector y CLas es mutualismo; sin embargo, en la mayoría de los casos el vector no obtiene grandes beneficios en esta interacción (Figura 1).

Ramsey *et al.* (2017) realizaron estudios de proteómica en ninfas y adultos de *D. citri* y reportan que la transmisión de CLas es más eficiente cuando es adquirida en los estadios ninfales. Los resultados mostraron que algunas proteínas se expresaron de forma diferenciada en ninfas y adultos, de las cuales, resaltó la expresión de proteínas relacionadas con inmunidad en adultos, además, encontraron mayor expresión de títulos bacterianos de endosimbiontes comparado con ninfas. La bacteria se aloja inicialmente en el intestino medio, antes de propagarse en la hemolinfa, músculos, glándulas salivales y aparatos reproductores (Pelz-Stelinski *et al.*, 2016). Se observaron cambios en la arquitectura nuclear, además de picnosis, cariorrexis y cambios en la actina del citoesqueleto en células del intestino medio con CLas. Estos resultados llevaron a Ghanim *et al.* (2016) a concluir que la exposición de *D. citri* a plantas enfermas con HLB induce una respuesta apoptótica (muerte celular programada) en las células del intestino medio. Desde la perspectiva de manejo de plagas y enfermedades, estudiar las razones del desarrollo de apoptosis en el intestino de los psílidos permitiría el desarrollo de estrategias de manejo.

En un trabajo posterior de Ghanim *et al.* (2017), analizaron los mecanismos moleculares asociados con la apoptosis en el intestino de *D. citri*, e indicaron que este complejo evento de interacción se da como un mecanismo de defensa sistémica adquirida, dirigido a “*destruir o limitar las infecciones por bacterias y diseminación en el insecto*”. En términos moleculares, la muerte celular inicia en el retículo endoplasmático (RE), el cual es fundamental en la homeostasis de la célula. En condiciones de estrés (como sucede con la infección de CLas), las proteínas producidas en el RE se acumulan y no se pliegan correctamente, lo que genera la apoptosis (Yan *et al.*, 2013; Vyas *et al.*, 2015). Mediante microscopía confocal y electrónica, observaron que ante la infección de CLas se formaron plásmidos asociados al RE; dichas estructuras contienen vacuolas y son usadas por las bacterias para propagarse. Los autores sugieren que las vacuolas utilizadas por CLas son lugares seguros que protege a las bacterias de la respuesta inmune en el intestino del psílido. Al igual que el artículo anterior, los autores





mencionan que los resultados pueden emplearse en el planteamiento de estrategias de manejo de la enfermedad.

En otra investigación de Pelz-Stelinski y Killiny (2016), estudiaron la interacción CLas-*D. citri* en un contexto de mutualismo; es probable que la coevolución de estos organismos haya logrado una “*adaptación tal, que el patógeno confiere algún beneficio al vector, o en su defecto, resulta en muy baja patogenicidad*”. Previamente, solo se conocía superficialmente las características epidemiológicas de la enfermedad y los cambios de comportamiento y esperanza de vida de los adultos. En este caso, se determinó el efecto de CLas en la supervivencia, fecundidad, fertilidad y desarrollo de ninfas de *D. citri*. Psílidos infectados con CLas mostraron una mayor tasa de reproducción, por lo que la aptitud biológica de la población infectada se incrementó al producir un mayor número de descendientes por generación. Sin embargo, los adultos infectados mostraron menor supervivencia respecto a los sanos, lo cual puede considerarse una disminución en la aptitud y los autores discuten que probablemente se deba a una compensación biológica. La fecundidad y supervivencia muestran una “*compensación de la aptitud en respuesta a la infección*”. Además, Killiny *et al.* (2017) señalaron que el incremento en la actividad de alimentación estaría relacionado con un estado continuo de hambre ante la presencia de CLas.

Esta investigación permitió entender la dinámica que facilita la transmisión de CLas en campo; los resultados permiten recomendar estrategias de control que minimicen la dispersión de zonas infectadas a parcelas de cítricos sanas. Según los autores, esta investigación soporta las decisiones tomadas en las campañas de manejo del HLB sobre eliminar las plantas enfermas de las parcelas, debido a que en parcelas enfermas la dispersión de la bacteria sería mayor por el incremento en la tasa de reproducción y aptitud biológica reportada por los autores. La eliminación de plantas enfermas en México se recomendó hasta 2018, aunque hubo mucha resistencia social para su implementación. Además, una vez que la enfermedad se registró en todas las áreas citrícolas, eliminar plantas no fue económicamente viable, por lo que las estrategias se enfocaron a minimizar el impacto del HLB mediante el control masivo del vector y mejoramiento de la nutrición con programas de fertilización.

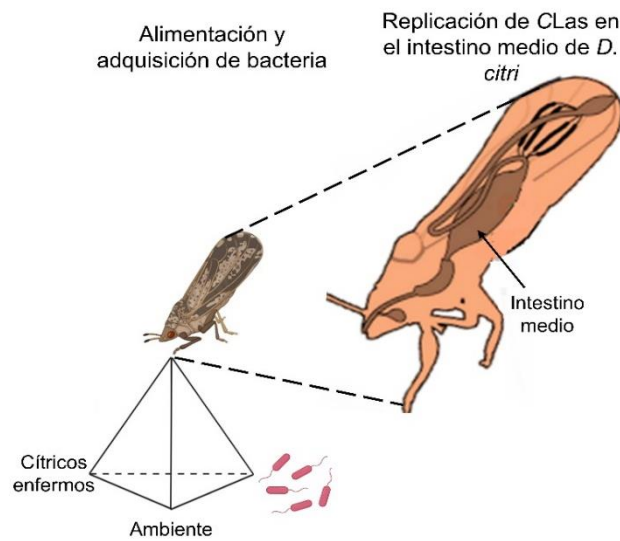
Otro estudio sobre la interacción entre CLas-*D. citri* por Kruse *et al.* (2017), buscó saber cómo CLas podría afectar las bacterias endosimbiontes que habitan en asociación con *D. citri*. Se conocen tres bacterias endosimbiontes de *D. citri*: *Candidatus Proffttella armatura*, *Candidatus*



*Carsonella ruddii* y bacterias del género *Wolbachia*. Los títulos bacterianos de CLas y *Wolbachia* en el intestino medio de *D. citri* se correlacionaron positivamente. Mediante estudios de espectrofotometría y RNAseq, los autores determinaron que la incidencia de CLas provoca cambios en las vías asociadas al ciclo del ácido cítrico, al metabolismo del hierro, incrementa la susceptibilidad a insecticidas por la reducción en la expresión de enzimas detoxificantes como citocromo P450s. Además, estudios de proteómica sugieren que CLas se aprovecha del sistema inmunológico suprimido en ninfas y por ese motivo las ninfas son más eficientes en la transmisión.

Finalmente, Galdeano *et al.* (2020) hicieron una revisión, donde resaltaron los aspectos más importante en la relación CLas-*D. citri*, que complementa mejor los artículos ya discutidos. La infección de CLas incrementa la atracción por los hospederos, acelera los vuelos de iniciación de corto y largo alcance, lo cual a su vez acelera la dispersión de la enfermedad, lo que se ha observado en condiciones de campo. Los cambios en el sistema inmune de *D. citri* se asocian con el incremento en la expresión de catalasa, del superóxido dismutasa, de los genes que codifican para catepsina, de la transferrina y de las especies reactivas de oxígeno, así como el decremento en la expresión de genes de inmunidad, de detoxificación, tanto de esterasas como de oxidasas, de citocromo P450 y de melatonina (Tiwari *et al.*, 2011). Además, también se mencionó que los cambios en el microbioma se asociaron con el incremento en la cantidad de la bacteria endosimbionte *Wolbachia* y con el decremento de *Oscillopsira*, *Lactobacillus* y *Rubroacter*, las cuales se encuentran en el intestino medio del vector. El metabolismo de *D. citri* es afectado por la asociación con CLas, debido al incremento en la tasa de respiración, niveles de glicina, serina, treonina, hexoquinasas, piruvato carboxilasa, ácidos grasos, succinato deshidrogenasa, la vía del ATP, el estrés energético y la ATPasa; además, se presentaron decrementos en los niveles de hexamerina, ácido aspártico y citrato sintasa.

Las investigaciones sobre los cambios moleculares en *D. citri* ocasionados por la infección de CLas han tenido un avance substancial en los últimos 10 años, aunque coinciden en que aún se requiere más investigación de la interacción CLas-*D. citri*; algunos mencionan que en general el impacto de CLas en *D. citri* es benéfico debido a que incrementa su aptitud; sin embargo, también se reduce la esperanza de vida del vector. Lo anterior se resume en un diagrama general en la Figura 1.



#### Cambios positivos

↑ Incremento en fecundidad, número de descendientes, vuelos de iniciación, dispersión y atracción a hospederos.

↑ Incremento en títulos bacterianos de *Wolbachia*

#### Cambios negativos

↓ Más hambre en *D. citri*. Menor tasa de desarrollo y supervivencia en adultos.

↓ Respuesta apoptótica en el intestino medio de *D. citri* e incremento de genes que codifican proteínas regulatorias del retículo endoplasmático.

↓ Estrés energético y nutricional por desbalance en el ciclo del ácido cítrico.

↓ Reducción en la transcripción de genes que codifican oxidasas y esterasas. Mayor susceptibilidad a insecticidas.

↓ Alteración en el metabolismo de carbohidratos.

↓ Alteración en la transcripción de genes relacionados con la respuesta inmune.

**Figura 1. Proceso de infección, cambios metabólicos, fisiológicos y conductuales (positivos y negativos) en *D. citri* ocasionados por CLAs, los cuales pueden mejorar su aptitud biológica para adaptarse al entorno de su hospedero. Elaboración propia, imagen tomada de (Yu y Killiny, 2020).**

## Conclusiones

Existe una compleja relación de coevolución entre *Candidatus Liberibacter asiaticus* y su vector *Diaphorina citri* y aunque varios autores resaltan que ambos organismos obtienen beneficios mutuos, los cambios en el vector promovidos por el patógeno, son en mayor grado en beneficio de la bacteria; es decir, los cambios que se generan en el vector incrementan de forma importante la aptitud de CLAs, mientras que para *D. citri* la relación no siempre incrementa su aptitud biológica.

## Literatura Citada

Ammar, E., R. G. Shatters, C. Lynch and D. Hall. 2011. Detection and relative titer of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in the salivary glands and alimentary canal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector of citrus Huanglongbing disease. Ann. Entomol. Soc. Am. 104: 526–533.



- Bassanezi, R. B., L. H. Montesino and E. S. Stuchi. 2009. Effects of Huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 125(4): 565.
- Flores-Sánchez, J. L. 2016. Epidemiología del HLB bajo tres escenarios regionales en México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México. 264 p.
- Farnsworth, D., K. A. Grogan, A. H. C. van Bruggen and C. Moss. 2014. The potential economic cost and response to greening in Florida citrus. *Choices: The Magazine of Food, Farm, and Resource Issues*, 29(3): 1-6.
- Galdeano, D. M., I. de Souza Pacheco, G. R. Alves, L. M. Granato, M. Rashidi, D. Turner, A. Levy, and M. A. Machado. 2020. Friend or foe? Relationship between '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' and *Diaphorina citri*. *Trop. Plant Pathol.* 45: 559-571.
- Ghanim, M., D. Achor, S. Ghosh, S. Kontsedalov, G. Lebedev, and A. Levy. 2017. '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' accumulates inside endoplasmic reticulum associated vacuoles in the gut cells of *Diaphorina citri*. *Sci. Rep.* 7(1): 1-9.
- Ghanim, M., S. Fattah-Hosseini, A. Levy, and M. Cilia. 2016. Morphological abnormalities and cell death in the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*) midgut associated with *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Sci. Rep.* 6(1): 1-11.
- Hijaz, F. and N. Killiny. 2014. Collection and chemical composition of phloem sap from *Citrus sinensis* L. Osbeck (sweet orange). *PLoS ONE* 9, e101830. [Consultado en Julio de 2021].
- Kruse, A., S. Fattah-Hosseini, S. Saha, R. Johnson, E. Warwick, K. Sturgeon, L. Mueller, M. J. MacCoss, R. G. Shatters and M. C. Heck. 2017. Combining 'omics and microscopy to visualize interactions between the Asian citrus psyllid vector and the Huanglongbing pathogen *Candidatus Liberibacter asiaticus* in the insect gut. *PLOS ONE* 12(6): e0179531. [Consultado en Julio de 2021].
- Killiny, N., F. Hijaz, T. A. Ebert and M. E. Rogers. 2017. A Plant Bacterial Pathogen Manipulates Its Insect Vector's Energy Metabolism. *Applied and environmental microbiology* 83 (5), e03005-16. [Consultado en Julio de 2021].
- Pelz-Stelinski, K. S., R. H. Brlansky, T. A. Ebert, and M. E. Rogers. 2010. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 1531-1541.
- 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). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 109: 371-376.



- Ramsey, J.S., J. D. Chavez, R. Johnson, S. Hosseinzadeh, J. E. Mahoney, J. P. Mohr, F. Robison, X. Zhong, D. G. Hall, M. MacCoss, J. Bruce and M. Cilia. 2017. Protein interaction networks at the host–microbe interface in *Diaphorina citri*, the insect vector of the citrus greening pathogen. *R Soc Open Sci* 4: 160545. [Consultado en Julio de 2021].
- Thompson, J. N. 2005. *The Geographic Mosaic of Evolution*. The University of Chicago Press. Chicago, USA. 400 p.
- Tiwari, S., K. Pelz-Stelinski, R. S. Mann, and L. L. Stelinski. 2011. Glutathione transferase and cytochrome P450 (general oxidase) activity levels in *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected and uninfected Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 104: 297-305.
- Vyas, M., T. W. Fisher, R. He, W. Nelson, G. Yin, J. M. Cicero, M. Willer, R. Kim, R. Kramer, G. A. May, J. A. Crow, C. A. Soderlund, D. R. Gang, and J. K. Brown. 2015. Asian citrus psyllid expression profiles suggest *Candidatus Liberibacter asiaticus*-mediated alteration of adult nutrition and metabolism, and nymphal development and immunity. *PLOS ONE* 10(6): e0130328. [Consultado en Julio de 2021].
- Yan, Q., A. Sreedharan, S. Wei, J. Wang, K. Pelz-Stelinski, S. Folimonova, and N. Wang. 2013. Global gene expression changes in *Candidatus Liberibacter asiaticus* during the transmission in distinct hosts between plant and insect. *Molec. Plant Pathol.* 14(4): 391-404.
- Yu, X., and N. Killiny. 2020. RNA interference-mediated control of Asian citrus psyllid, the vector of the Huanglongbing bacterial pathogen. *Trop. Plant Pathol.* 45(3): 298-305.



# CRÉDITOS EDITORIALES

## Coordinación general

Dr. Jorge Martínez Herrera

Dr. Sergio Uribe

## Autores

Rigoberto Zetina Lezama

Oscar Hugo Tosquy Valle

Ana Lid Del Angel Pérez

Ángel Ríos Utrera

Valentín Alberto Esqueda Esquivel

## Formación y diseño

Claudia Perdomo Montes

Irma Ceja Romero

## Comité de edición

Rigoberto Zetina Lezama

Oscar Hugo Tosquy Valle

Ana Lid Del Angel Pérez

Ángel Ríos Utrera

Marcos Ventura Vázquez Hernández

Valentín Alberto Esqueda Esquivel

Ángel Capetillo Burela

Elizabeth García León

Javier Francisco Enríquez Quiroz

José Alfredo Santiago Villagómez Cortes

José Antonio Torres Rivera

Juan Carlos Tamarit Urías

María De Jesús Martínez Hernandez

María De Lourdes Cortes Espinosa

María Del Carmen Álvarez Ávila

Maya Martínez Aixchel

Melchor Rodríguez Acosta

Mónica Yazmin Herrera Sotero

Nain Peralta Antonio

Oscar Andrés Del Ángel coronel

Verónica Lango Reynoso

## Comité técnico evaluador

Abraham Fragoso Islas

Adán Cabal Prieto

Adriana García Ruiz

Adriana Mellado Vázquez

Agustín Fernández Salas

Aideé Hernández Rivera

Alberto Asiain Hoyos

Alejandra Soto Estrada

Alejandra Vélez Izquierdo

Alejandro Gonzalez Cruz

Alejandro Sotelo Aguilar

Alma Velia Ayala Garay

Álvaro Alberto Ángeles Marín

Alvaro Enrique de Jesús Peniche Cardeña

Ana Lid Del Angel Pérez

Andrés Meza Pablo

Andrés Rebollo Martínez

Fabiola Lango Reynoso

Felipe Montiel Palacios

Francisco Indalecio Juarez Lagunes

Francisco Javier Ibarra Pérez

Francisco Javier Ugalde Acosta

Francisco Tobías Barradas Piña

Gabycarmen Navarrete Rodríguez

Gerardo Montiel Vicencio

Gloria Angélica Sosa Fragoso

Hector Cabrera Mireles

Héctor Daniel Inurreta Aguirre

Heidi Patricia Medorio García

Hugo Oswaldo Toledo Alvarado

Humberto Mata Alejandro

Irma Vallejo Sartorius

Isaac Meneses Márquez

Isabel Alemán Chavez

María del Carmen Álvarez Ávila

María del Carmen Pablo Mendoza

María Del Refugio Castañeda Chávez

María Enriqueta López Vázquez

Maribel Montero Lagunes

Mario Alejandro Hernández Chontal

Martha Elena Fuentes López

Martha Eugenia Valdovinos Terán

Martha Patricia Hernández Vergara

Martín Aquino Ramírez

Marycruz Abato Zárate

Maurilio Mendoza Mexicano

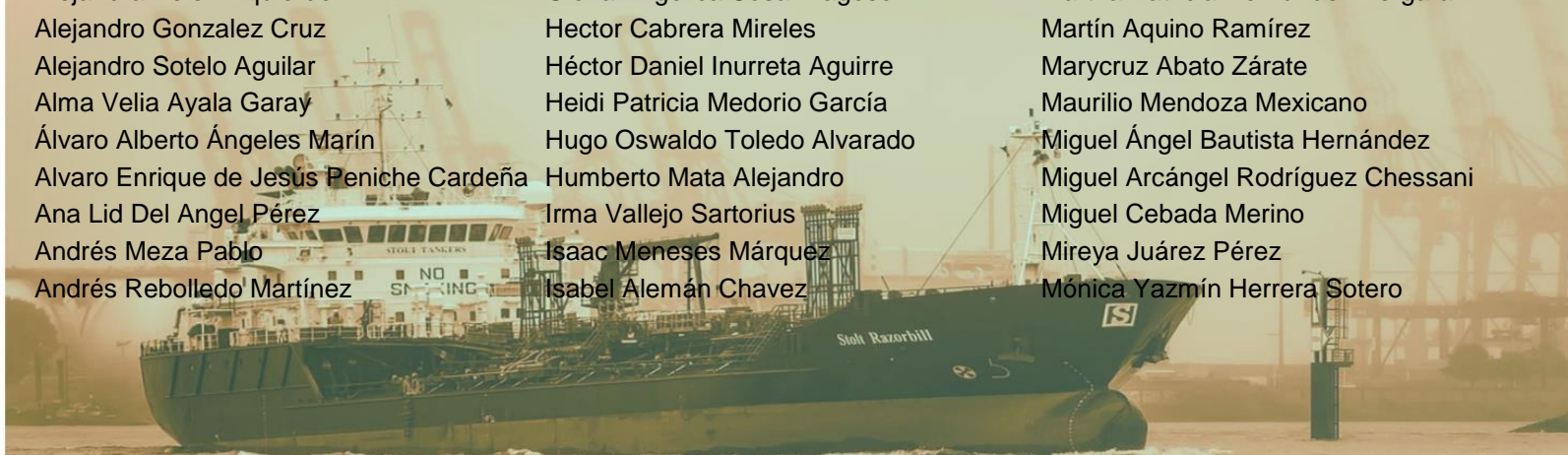
Miguel Ángel Bautista Hernández

Miguel Arcángel Rodríguez Chessani

Miguel Cebada Merino

Mireya Juárez Pérez

Mónica Yazmín Herrera Sotero





# CRÉDITOS EDITORIALES

## Comité técnico evaluador

Andrés Vásquez Hernández	Isabel Araceli Amaro Espejo	Nancy Domínguez González
Ángel Capetillo Burela	Isabel Cruz Villegas	Nava Valente Noemi
Ángel Ríos Utrera	Isalia Morales Palacios	Nayeli Gutiérrez Casiano
Ángel Ruiz Sánchez	Ismael Quiroz Guerrero	Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez
Antonio Nain Peralta	Itzel Galaviz Villa	Nereida Rodríguez Orozco
Apolonia Zamora Chacón	Iván Zavala Del Angel	Noé Aguilar Rivera
Areli del Carmen Ortega Martínez	J. Cruz García Albarado	Octavio Morales Narváez
Ariadna Linares Gabriel	Jaime López Domínguez	Olga Santiago Trinidad
Armando T. Wakida Kusunoki	Jaime Rangel Quintos	Orlando Rojas Reyes José
Arturo Durán Prado	Jeremías Nataren Velázquez	Oscar Andrés Del Angel Coronel
Arturo García Saldaña	Jesús Antonio Álvarez Martínez	Oscar Hugo Tosquy Valle
Benigno Rodríguez Padrón	Jesús Montoya Mendoza	Otto Raúl Leyva Ovalle
Bertha Sofía Larqué Saavedra	Jesús Soria Ruiz	Patricia Devezé Murillo
Blanca Esther Serapio Bautista	Jonathan Hernández Ramos	René Carlos Calderón Robles
Carlos Hernández López	Jorge Víctor Rosete Fernández	Ricardo Serna Lagunes
Carlos Iván Pérez Rostro	José Alfredo Villagómez Cortés	Rigoberto Zetina Lezama
Carlos Rutilio Monroy Rivera	Jose Andrés Herrera Corredor	Roberto Omar Castañeda Arriola
Carmen Aridai Hernández Estrada	José Antonio Torres Rivera	Rocío Serafina Díaz Huacuz
Carolina Arellano Hernández	José Daniel López Lima	Rogelio Miranda Marini
Carolina Hernández Hernández	José Guadalupe Vian Pérez	Rolando Ávila Ayala
Christian Arturo Hernández Hernández	José Leonardo Sánchez Tafolla	Rolando Misael Tlaxcala Méndez
Claudia Araceli Dávila Camacho	José Luis Del Rosario Arellano	Ronnie De Jesús Arieta Román
Claudia Lorena Fernández López	José Luis Jolalpa Barrera	Rosa Laura Rebolledo García
Cruz Alfredo Tapia Naranjo	José Rigoberto Arroyo Axol	Rosario Ramírez Santiago
Daniel Arturo Rodríguez Lagunes	José Vidal Cob Uicab	Rubén Loeza Limón
David Reynier Valdés	Juan Díaz Vela	Salvador Guzmán Guzmán
Doris Arianna Leyva Trinidad	Juan Prisciliano Zárate Martínez	Salvador Partida Sedas
Doris Guadalupe Castillo Rocha	Juan Salazar Ortiz	Saúl Castañeda Díaz
Edgar Hernández Máximo	Juan Valente Megchun García	Sergio Fernando Góngora González
Eduardo Hernández Aguilar	Julio Díaz José	Sergio Muñoz Melgarejo
Eileen Salinas Cruz	Karina Nicole Pérez Olmos	Sherell Zamora Juárez
Eliseo García Pérez	Karina Ramirez Lopez	Sorelly Ramírez Romero
Elizabeth León García	Laura Hernández Andrade	Susana Isabel Castillo Martínez
Elke Von Son De Fernex	Leticia Rendon Sandoval	Tamarit Urias Juan Carlos
Elvia López Pérez	Liliana Lara Capistrán	Venancio Cuevas Reyes
Enrique Noé Becerra Leor	Luis Alfredo Ortega Clemente	Verónica Lango Reynoso
Erika Belem Castillo Linares	Luis Alfredo Pérez zarate	Verónica Rosas Martínez
Erika Palomares Resendiz	Ma. Eugenia López Arellano	Víctor Manuel Sánchez Parra
Ernestina Paz Gamboa	Magdalena Jiménez Hernández	Violeta Mariana Loeza Deloya
Esteban Escamilla Prado	Magnolia Gricel Salcedo Garduño	Yesenia Núñez Galindo
Esteban Gutiérrez Peña	Marco Antonio Toral Juárez	Zulema Guadalupe Huicab Pech
Estela Ramírez Mora	Marcos Ventura Vázquez Hernández	
Eucario Mancilla Álvarez	María de Jesús Martínez Hernández	

